

# TÜRK DOĞA VE

# FEN DERGİSİ

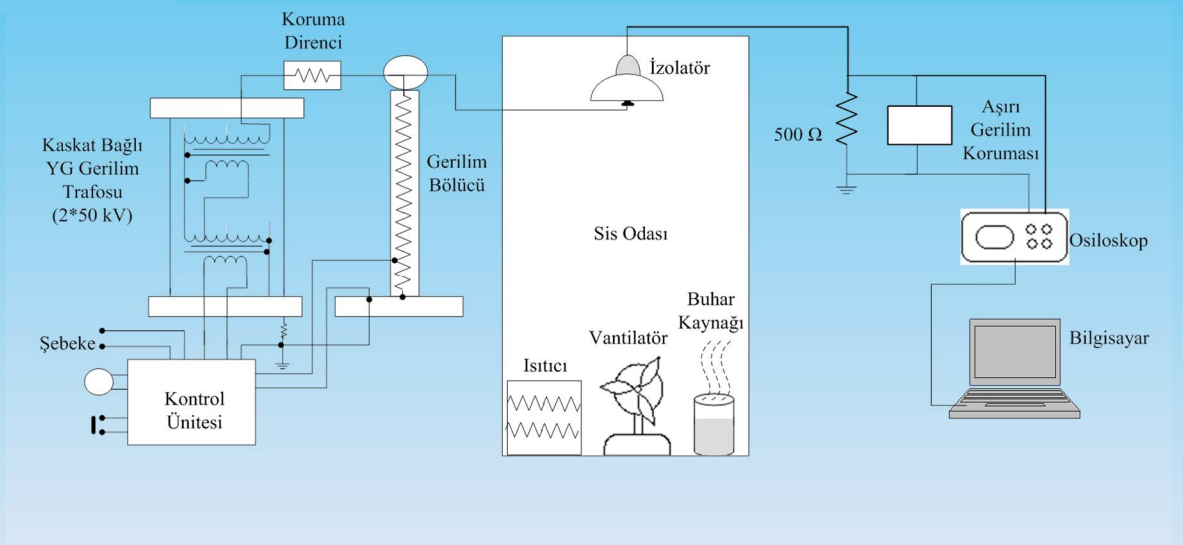
Bingöl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü  
tarafından yayımlanmaktadır

Published by Institute of Science of Bingöl  
University

## TURKISH JOURNAL OF NATURE AND SCIENCE

Farklı Kir ve Nem Şartları Altında İzolator Yüze Kaçak  
Akımlarının Değişiminin İncelenmesi

*Investigation of Insulator Surface Leakage Current Changes Under  
Different Humidity and Pollution Conditions*





**TÜRK DOĞA VE FEN**

**DERGİSİ**

Bingöl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tarafından yayımlanmaktadır

Published by Institute of Science of Bingol University

**Turkish Journal of Nature and Science**

Yıl/Year: 2014

Cilt/Volume: 3

Sayı/Number: 2

<http://www.bingol.edu.tr/dergiler/turk-doga-ve-fen-dergisi.aspx>



*Türk Doğa ve Fen Dergisi*  
*Turkish Journal of Nature and Science*

<http://www.bingol.edu.tr/dergiler/turk-doga-ve-fen-dergisi.aspx>



**Bingöl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Adına Sahibi**  
Owner on behalf of Institute of Science of Bingöl University

Doç. Dr. İbrahim Yasin ERDOĞAN  
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü  
*Director of Institute of Science*

**Editör/Editor**

Yrd. Doç. Dr. Özgür ÖZGÜN

**Yazışma Adresi/Correspondence Adress**

Bingöl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürlüğü  
12000 Bingöl  
Tel/Phone: +90 (426) 215 00 72  
Faks/Fax: +90 (426) 216 00 34

**Yayın Türü/Publication Type**

Bilimsel Dergi  
*Scientific Journal*

## DANIŞMA KURULU/ADVISORY BOARD

Prof. Dr. Ali Sayıl ERDOĞAN  
Prof. Dr. Erkan BOYDAK  
Prof. Dr. Fahrettin YAKUPHANOĞLU  
Prof. Dr. Fehim FINDIK  
Prof. Dr. Hüsamettin BULUT  
Prof. Dr. İbrahim TÜRKOĞLU  
Prof. Dr. İskender DEMİRKOL  
Prof. Dr. Lütfi BEHÇET  
Prof. Dr. Mehmet ÇİFTÇİ  
Prof. Dr. Nurullah SARAÇOĞLU  
Prof. Dr. Orhan KURT  
Prof. Dr. Turgay ŞENGÜL  
Prof. Dr. Yusuf ZEREN  
Doç. Dr. Abdullah MART  
Doç. Dr. Ahmet ÇETİN  
Doç. Dr. Alaaddin YÜKSEL  
Doç. Dr. Ali Rıza DEMİRKIRAN  
Doç. Dr. Asım KAYGUSUZ  
Doç. Dr. Bekir BÜKÜN  
Doç. Dr. Ecevit EYİDURAN  
Doç. Dr. Hamit Özkan GÜLSOY  
Doç. Dr. Hisamettin DURMAZ  
Doç. Dr. Hüseyin VAPUR  
Doç. Dr. İbrahim Yasin ERDOĞAN  
Doç. Dr. İlkey ŞİŞMAN

Bingöl Üniversitesi  
Bingöl Üniversitesi  
Fırat Üniversitesi  
Sakarya Üniversitesi  
Harran Üniversitesi  
Bingöl Üniversitesi  
Bingöl Üniversitesi  
Bingöl Üniversitesi  
Bingöl Üniversitesi  
Bingöl Üniversitesi  
Bingöl Üniversitesi  
Ondokuz Mayıs Üniversitesi  
Bingöl Üniversitesi  
Mersin Üniversitesi  
Bingöl Üniversitesi  
Bingöl Üniversitesi  
Bingöl Üniversitesi  
Bingöl Üniversitesi  
Bingöl Üniversitesi  
İnönü Üniversitesi  
Harran Üniversitesi  
İğdır Üniversitesi  
Marmara Üniversitesi  
Harran Üniversitesi  
Çukurova Üniversitesi  
Bingöl Üniversitesi  
Sakarya Üniversitesi

Doç. Dr. Latif KELEBEKLİ	Ordu Üniversitesi
Doç. Dr. Murat SOYLU	Bingöl Üniversitesi
Doç. Dr. Mustafa YAZGAN	İstanbul Teknik Üniversitesi
Doç. Dr. Muttalip ÇİÇEK	Dicle Üniversitesi
Doç. Dr. Nezir YILDIRIM	Bingöl Üniversitesi
Doç. Dr. Orhan YILMAZ	Yüzüncü Yıl Üniversitesi
Doç. Dr. Ramazan MERAL	Bingöl Üniversitesi
Doç. Dr. Ramazan SOLMAZ	Bingöl Üniversitesi
Yrd. Doç. Dr. Dursun ÖZTÜRK	Bingöl Üniversitesi
Yrd. Doç. Dr. Halil ŞİMŞEK	Bingöl Üniversitesi
Yrd. Doç. Dr. Mücahit PAKSOY	Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi
Yrd. Doç. Dr. Ömer AKGÖBEK	Harran Üniversitesi
Yrd. Doç. Dr. Özgür ÖZGÜN	Bingöl Üniversitesi
Yrd. Doç. Dr. Sabri YURTSEVEN	Harran Üniversitesi
Yrd. Doç. Dr. Tahir AKGÜL	Sakarya Üniversitesi

\* Bu sayıda yer alan çalışmaların yazarlarına ve değerli zamanlarını ayırarak görüş ve önerileri ile katkıda bulunan hakemlerimize teşekkür eder, saygılar sunarız.



*Türk Doğa ve Fen Dergisi*  
*Turkish Journal of Nature and Science*

<http://www.bingol.edu.tr/dergiler/turk-doga-ve-fen-dergisi.aspx>



## İÇİNDEKİLER/CONTENTS

<b>Akute Strok hastalarında Asimetrik Dimetil Arjinin, Nitrik Oksit ve Endotelial Nitrik Oksit Sentazın Plazma Düzeylerinin Değerlendirilmesi</b> A. Şükrü BENGÜ, Halil ŞİMŞEK, Eşref AKIL	1
<b>Farklı Kir ve Nem Şartları Altında İzolatör Yüze Kaçak Akımlarının Değişiminin İncelenmesi</b> Dursun ÖZTÜRK, Nezir YILDIRIM, Mehmet CEBECİ	7
<b>Lice (Diyarbakır) İlçesi Üzüm Üreticilerinin Sorunları ve Çözüm Önerileri</b> Atilla ÇAKIR, Ersin KARAKAYA, Mehmet IŞIKIRIK, R. Maraşlı ÇELİK	14
<b>Sürtünme Kaynak Yöntemi ile Birleştirilmiş AISI 4340 Çeliğinin Mikroyapı ve Mekanik Özellikleri</b> Nida KATI, Sermin OZAN	20
<b>PEM Yakıt Hücrelerindeki Akış Kanal Tasarımlarının İncelenmesi</b> Hüseyin KAHRAMAN, İsmet ÇEVİK	27
<b>Atık Bordür Taşlarının Beton Agregası Olarak Kullanılabilirliğinin Araştırılması</b> Hasan POLAT, Uğur Eren YURTCAN, M. Nuri KOLAK	37
<b>The Influence of Breeder Age to the Interior and Exterior Quality of Quail Eggs</b> Gökçe ÖZDEMİR, Hakan İNCİ, Bünyamin SÖĞÜT, Aydın DAŞ	42
<b>Weakly Extreme Points in Ordered Banach Algebras</b> Ziyattin TAŞ	46
<b>Yakıt Hücresi Teknolojisi ve Temellerine Genel Bakış</b> Hüseyin KAHRAMAN, İsmet ÇEVİK, Mehmet Akif KOÇ	49



*Türk Doğa ve Fen Dergisi*  
*Turkish Journal of Nature and Science*

<http://www.bingol.edu.tr/dergiler/turk-doga-ve-fen-dergisi.aspx>



## Akute Strok hastalarında Asimetrik Dimetil Arjinin, Nitrik Oksit ve Endotelial Nitrik Oksit Sentazın Plazma Düzeylerinin Değerlendirilmesi

Aydın Şükrü BENGÜ<sup>\*1</sup>, Halil ŞİMŞEK<sup>1</sup>, Eşref Akıl<sup>2</sup>

Bu çalışma Bingöl Üniversitesi 134-128-2013 BAP numara ve ‘Akute Stroke (felç) hastalarında Plasma Asimetrik Dimetil Arjinin (ADMA) ve Nitrik Oksit (NO) ve Endotelial Nitrik Oksit Sentaz (eNOS) Düzeylerinin Değerlendirilmesi’ isimli bağımsız BAP projesinin sonuçlarını içermektedir.

### Özet

Strok (felç), batı dünyasında iskemik kalp, kanser hastalığı sonrası morbiditenin ve mortalitenin önde gelen üçüncü nedenidir. Sağ kalan beş hastanın biri daha sonraki 5 yıl içinde tekrar felç geçirmektedir, bu da sağlık sistemini ve ekonomiyi yoğun bir yüke sokmaktadır. NO (Nitrik Oksit), NOS (Nitrik oksit sentaz) enziminin katalizlediği bir reaksiyon ile sentezlenir. eNOS (endotelial nitrik oksit sentaz), NOS enzim ailesinin endotelial kökenli bir izoenzimidir ve endotel disfonksiyonu ile ilişkisi bilinmektedir. ADMA (asimetrik dimetil arjinin), insanda NO biyosentezinin majör inhibitörüdür. Bu çalışmanın amacı Doğu Anadolu bölgesinde erken başlangıçlı iskemik felç vakaları için NO, eNOS ve ADMA'nın bir risk faktörü olarak değerlendirilme ihtimallerinin araştırılmasıdır. Bu çalışma 30 akut iskemik felç hastası ve 30 sağlıklı kontrol grubu üzerinde yürütüldü. Plazma ADMA ve eNOS düzeyleri iskemik felç hastalarında kontrol grubuna göre daha yüksek, NO düzeyleri istatistiksel olarak daha düşük tespit edildi. İstatistiksel olarak fark sadece eNOS ve ADMA'da tespit edildi. Hasta ve kontrol grubunda sırasıyla, eNOS düzeyleri  $817,30 \pm 109,45$  pg/mL ve  $285,67 \pm 30,40$  pg/mL, ADMA düzeyleri  $0,7199 \pm 0,4912$   $\mu\text{mol/L}$  ve  $0,5205 \pm 0,0229$   $\mu\text{mol/L}$ , NO düzeyleri  $55,83 \pm 3,50$   $\mu\text{mol}$  ve  $61,22 \pm 1,19$   $\mu\text{mol}$  olarak tespit edildi.

**Anahtar Kelimeler:** ADMA, ELİSA, eNOS, HPLC, Felç, NO

## Evaluation of Asymmetric Dimethylarginine, Endothelial Nitric Oxide Synthase and Nitric Oxide Plasma levels in Acute Ischemic Stroke Cases

### Abstract

Stroke is one of the third leading cause of ischemic heart, cancer mortality and morbidity. One of the five surviving patients undergoes stroke in the next five years and this puts heavy load on health system and the economy. NO (nitric oxide) is synthesized by a reaction catalyzed by the NOS (nitric oxide synthase). eNOS (endothelial nitric oxide synthase) is an enzyme origin member of NOS enzyme family and its relation with endothelium dysfunction is known. ADMA (asymmetric dimethyl arginine) is the major inhibitor of NO biosynthesis in human beings. The aim of this study is to search for the evaluation of possibilities in ADMA, eNOS and NO tests for acute ischemic stroke. This study is done at 30 early-onset ischemic cases and 30 healthy control group. Plasma ADMA and eNOS levels are searched higher than in patients contrary to control group and NO levels are searched less than them. Statistically, the difference is only obtained in eNOS and ADMA results. In eNOS levels, the patients are obtained as  $817.30 \pm 109.45$  pg/mL. Yet, in control groups this levels are obtained as  $285.67 \pm 30.40$  pg/mL. In NO levels, the patients are searched  $55.83 \pm 3.50$   $\mu\text{mol}$ , yet in control groups this figure is searched  $61.22 \pm 1.19$   $\mu\text{mol}$  and in ADMA levels, patients are searched as  $0.7199 \pm 0.4912$   $\mu\text{mol/L}$ , yet in control groups it is obtained as  $0.5205 \pm 0.0229$   $\mu\text{mol/L}$ .

**Keywords:** ADMA, ELISA, eNOS, HPLC, NO, Stroke

### 1. Giriş

Dünya Sağlık Örgütü strok (felç, inme) terimini “ ani gelişen, 24 saat veya daha uzun süren, ölüme yol açabilen damarsal kökenli, fokal veya global serebral fonksiyon

bozukluğu ile oluşan klinik bulgular olarak tanımlamıştır”. Travma, enfeksiyon ve tümör gibi nedenlere bağlı infarkt veya kanama, serebral iskemiyeye bağlı geçici ataklar tanımlama dışında bırakılmıştır. Tüm felçlerin %80-85’ini serebral infarkt, %10-15’ini intraserebral hematoma ve %6-8’ini subaraknoid kanama oluşturur. Felçte temel özellik nörolojik bulguların ani başlamasıdır [1].

<sup>1</sup>Bingöl Üniversitesi, Sağlık Hizmetleri MYO, 12000, Bingöl, TÜRKİYE

<sup>2</sup>Dicle Üniversitesi Tıp Fakültesi Nöroloji ABD, 21280, Diyarbakır, TÜRKİYE

\*Sorumlu yazar eposta: aydinbengu75@gmail.com

Felç insidansı; belirli bir zaman periyodunda, bir popülasyonda ortaya çıkan yeni felç olgularının risk altındaki nüfusa bölünmesi ile elde edilen hızdır. İnsidans çalışmalarında ideal sonuçlar elde etmek için; felcin tanımı iyi yapılmalı, geçici iskemik atak (GİA) dışlanmalı, popülasyon sınırlama yapılmaksızın incelenmeli, ilk atak olmalı, yaşlara göre insidans incelenmeli ve inceleme kayıtları iyi tutulmalıdır [2]. Yaşlara göre yıllık felç insidansı 55-64 yaş arasında 1,7/1000, 65-74 yaş arasında 4,9-8,9/1000, 75 yaş ve üzerinde 13,5-17,9/1000'dir. Kırk beş yaş öncesi gelişen felçler tüm felçlerin %3-5'ini oluşturdukları için felç insidansını tahmin etmek güçtür. Erkeklerde 55-64 yaş arasında felç insidansı kadınlara göre 2-3 kat fazla iken ileri yaşlarda bu fark azalmaktadır. Kış aylarında felcin arttığı görülmektedir [3].

Felç prevelansı; belirli bir zamanda bir popülasyondaki eski ve yeni olgu sayısının risk altındaki nüfusa bölünmesiyle elde edilen bir orandır. Felç insidansına ve yaşayabilen hastalara bağlı olan bu oran yaşla birlikte artmaktadır. Batı toplumunda felç prevelansı %0,8 olarak bildirilmiştir. Henüz bizim ülkemizde sağlıklı veriler yoktur. Son on yılda yapılan çalışmalarda batı ülkelerinde felce bağlı ölüm oranının azaldığı ifade edilmektedir. Felce bağlı ölümlerin azalması ortalama yaşam süresinin uzamasına ve felç insidansının azalmasına bağlıdır [4].

Yapılan epidemiyolojik çalışmalar felç sonrası yaşam oranında yükselme olduğunu göstermektedir. Ancak iskemik felçlere oranla intraserebral kanamalar sonrasında yaşam oranı daha yüksektir. Bu nedenle iskemik felçlerde öncelikle risk faktörlerinin belirlenmesi ve korunmaya yönelik çalışmalara gerek duyulmaktadır [5].

Felç, tüm dünyada morbidite ve mortalitenin önde gelen nedenlerindedir. Doğu ve Batı Avrupa arasında felç sıklık, yaygınlık ve mortalitesi bakımından büyük farklar saptanmıştır. Bu, risk faktörlerindeki farklılığa bağlıdır. Doğu Avrupa'da hipertansiyon ve diğer risk faktörlerine daha fazla rastlanması daha ağır felç tablolarına yol açmaktadır. Batı Avrupa'nın içinde de belirgin bölgesel farklılıklar yer almaktadır. Felç, Avrupa'daki morbidite ve uzun vadeli özürüllüğün en önemli sebebi olup, demografik değişiklikler, hem sıklık, hem de yaygınlıkta artışla sonuçlanacaktır. Felç aynı zamanda yaşlılardaki epilepsinin, demansın ve depresyonun da en sık nedenleri arasında gösterilmektedir [6].

Felç terminolojisi tromboz, emboli ve hemorajiyi içeren fizyopatolojik durumların yaygın bir kompozisyonudur. Geniş çaplı şekilde felç, iskemik veya hemorajik tipler olarak sınıflandırılır ve iskemik strok total oranının %85'ini oluşturur [6].

Endotel kaynaklı gevşetici faktör (EDRF) olarak da bilinen nitrik oksit (NO) eşleşmemiş bir elektron taşıyan yüksüz bir moleküldür. NO' in bu özelliği onu eşsiz bir mesajcı yapar. Yani yüksüz olduğu için membranlardan kolayca geçer, eşleşmemiş bir elektrona sahip olması nedeni ile hızlı reaksiyona girer. Yarı ömrü saniyelerle ölçülür ve çok kısadır. Endotelial gevşetici faktör varlığı ilk olarak 1980 yılında tavşan aort halkasında sağlam bir endotel varlığında asetilkoline gevşeme şeklinde yanıt verilmesiyle fark edilmiştir. NO, nitrik oksit sentaz (NOS) enziminin katalizlediği bir reaksiyon ile sentezlenir [7].

Memelilerde NO sentezleyen üç değişik NOS vardır. Nitrik oksit sentaz enzimleri, yapısal nitrik oksit sentaz (cNOS), endotelial nitrik oksit sentaz (eNOS) ve induklenebilir nitrik oksit sentaz (iNOS) olmak üzere üç ana gruba ayrılır [8]. NO' in vasküler düz kas proliferasyonuna, trombosit agregasyonu ve vasküler süperoksit üretimine olumlu etkileri olduğu gibi antiaterosklerotik özellikleri de vardır.

Metilargininler, L-argininin posttranslasyon metilasyonu ile sentez edilirler ve proteoliz sonrası dimetilargininler olarak salınırlar. Asimetrik dimetilarginin (ADMA) ve simetrik dimetilarginin (SDMA) kan, idrar ve BOS (beyin omirilik sıvısı)'da tespit edilebilir [9].

ADMA, L-NMMA (NG-monometil-L-arginin) ve SDMA başlıca metil arginin türevleridir. Metilargininler proteindeki arginin rezidülerinin posttranslasyonel modifikasyon ile metillenmesi sonucu oluşan türevlerdir. Bu metilasyonu protein arginin metil transferaz (PRMT) enzimi katalizler ve proteinlerin içindeki argininin guanido azotuna 1 veya 2 metil grubu aktarımı gerçekleşir. Reaksiyonda metil grubu vericisi olarak S- adenozil metiyonin kullanılır [10].

Arjinin ve ADMA, nitrik oksit sentezinin kontrolünde önemli rol oynarlar. Nitrik oksit vasküler tonusun düzenlenmesinde platelet adezyon ve agregasyonunda rol oynar. SDMA'nın NOS enzimi üzerine inaktive edici etkisi yoktur, fakat arginin ve ADMA ile hücre giriş yolunu etkileyerek NO üretim hızında dolaylı yoldan etkisi vardır. ADMA, SDMA ve L-NMMA, Y taşıyıcı protein adı verilen katyonik aminoasit taşıyıcıları aracılığıyla endotelial hücrelerin içine girerler. Metilargininler birbirleriyle ve arginin aminoasidi ile hücre içine giriş için yarışır. Yüksek konsantrasyondaki ADMA, NOS inhibisyonu yanı sıra L- Argininin hücre içine transportunu engelleyerek de NO sentezi azaltır [11].

L-NMMA ve ADMA olmak üzere iki tip endojen NO sentez inhibitörü vardır. Dolaşımdaki konsantrasyonu L-NMMA'dan 10 kat fazla olan ADMA, insanda NO biosentezinin major inhibitörüdür. ADMA metillenmiş nükleer proteinlerin proteolizi sırasında ortaya çıkan aktif bir moleküldür. Simetrik dimetilarginin (SDMA) ise biyolojik olarak inaktiftir. ADMA esas olarak böbrek yoluyla atılır ve birikimi ilk olarak renal yetmezlikli hastalarda bildirilmiştir [12].

ADMA; NOS'ın kompetitif inhibitörüdür, protein turnover ürünüdür, DDAH tarafından metabolize edilir ve böbreklerden atılır [13].

ADMA'nın, HPLC ile analizi güvenilirliği ve tekrarlanabilirliği yüksek olduğundan tercih edilmektedir [14].

Sağlıklı bir insanda günde 260-300 µmol ADMA üretimi olmaktadır. İnsanlarda ADMA yüksekliği, ilk kez böbrek yetmezliği olan bireylerde saptanmıştır. Bugün, pek çok hastalık durumunda ADMA düzeyi yüksekliği bilinmektedir [15]. Buna ilaveten plazma ADMA düzeyleri ile hiperlipidemi, hipertansiyon, obezite, diabetes mellitus, metabolik sendrom, polikistik over sendromu, hipopitüitarizm, tiroid disfonksiyonu ile ilişkili olduğuna dair bir çok çalışma mevcuttur. Hatta beslenme, sigara ve egzersiz gibi etkenlerle de ilişkisi son dönemde ilgi görmektedir.

Bu çalışmada önemli bir ölüm oranına sahip felçte plazma ADMA ile beraber NO ve eNOS düzeyleri arasında bir ilişki olup olamayacağı araştırılmıştır.

## 2. Materyal ve Metot

### 2.1. Materyal

#### 2.1.1. Olguların Seçilimi ve Gruplandırma

Dicle Üniversitesi Tıp Fakültesi Nöroloji Anabilim dalında yoğun bakımda yatan akut iskemik felçli hastalardan antikoagülanlı cam tüpe kanları alındı. Hasta grubunda primer hipertansiyon ve/veya Tip 2 diyabet bulunmakta idi. Kontrol grubundaki sağlıklı olduğu bilinen kişilerden kanları yine aynı şekilde alındı.

## 2.1.2. Numunelerin Toplanması

Numuneler 2500 rpm ve 20 dakika santrifüj edilerek plazma elde edildi. Plazmalar fraksiyonlanarak çalışma zamanına kadar -80°C'de muhafaza edildi. Aynı şekilde kontrol grubundaki sağlıklı 30 kişiden kanları alınarak plazma eldesi yapıldı ve çalışma vaktine kadar -80°C'de muhafaza edildi.

## 2.2. Metot

### 2.2.1 Nitrik Oksit (NO) Analizi

Nitrik oksit (NO) analizi için yaygın olarak tercih edilen kiti (Cayman Chemical tarafından üretilen 780001 kodlu Nitrate/Nitrite Colorimetric Assay Kit) kullanıldı. İki basamaklı işleme total nitrit/nitrat konsantrasyonunu ölçmek için tasarlanmış bir kittir.

Birinci basamakta nitrat redüktaz kullanılarak nitrat, nitrite çevrilir.

İkinci basamakta nitrit koyu mor renkli azo bileşiğine çeviren Griess Reaktifı eklenir. 540 nm'deki absorbsansın fotometrik ölçümü bu azo kromofor sayesinde NO<sub>2</sub><sup>-</sup> konsantrasyonu doğru bir şekilde ölçülmüş olur. Tüm örnekler ikişer kez çalışıldı.

### 2.2.2. Endotelial Nitrik Oksit Sentaz (eNOS) Analizi

eNOS tayini için ticari olarak temin edilen kiti (Uscn sE90868Hu) kullanıldı. Bu kit immunoassay sandwich enzim tekniğini kullanarak eNOS miktar tayini yapar. eNOS'a spesifik bir monoklonal antibody mikropate içinde kaplı halde bulunur. Standart ve örnekler mikropate kuyucuklara pipetlenir ve ortamda mevcut olan eNOS'lar immobilize antibody tarafından bağlanır. Daha sonra bağlanamayan substrat ortamdaki uzaklaştırılır ve eNOS'a spesifik enzim bağlı poliklonal antikor kuyucuklara eklenir. Bağlanmamış antikorlar ortamdaki uzaklaştırılmak için yıkanır ve sonrasında substrat çözeltisi eklenir, böylece ilk adımda bağlanmamış eNOS'un miktarı ile orantılı renk değişimi gözlenir. Bu enzim-substrat reaksiyonu sülfirik asit solüsyonu ilavesiyle durdurulur ve oluşan renkli kompleksin absorbsansı 450 nm'de okunur. Örneklerdeki eNOS miktarı da standart grafik ile mukayese edilerek hesaplanır. Tüm örnekler ikişer kez çalışıldı.

### 2.2.3. ADMA Analizi

ADMA analizi ters faz HPLC tekniğine dayalı ticari olarak temin edilen (Eureka code Z58010) kiti ile çalışıldı. Bu kit ile çalışırken önce plazma örnekleri kitede mevcut olan katı faz kolonu ile ekstrakte edildi. Sonra ekstraksiyondan elde edilen ekstrakte 200 µL reagent N (tampon çözelti), 150 µL reagent O (tampon çözelti), 30 µL reagent J (başlangıç çözeltisi), 30 µL reagent L (türevlendirme çözeltisi) ilave edildi. Vortekslelendikten sonra 20°C 'de 30 dakika inkübasyona bırakıldı. 150 µL HPLC saflığında su eklenerek HPLC sistemine verildi. Tüm örnekler ikişer kez çalışıldı.

HPLC sisteminin kromatografik koşulları; kolon akış hızı: 1 mL/dk., enjeksiyon hacmi: 100 µL, fenil kolon: 250 mm x 4,6 mm x 6 µ, floresans dedektör: 420 nm eksitasyon, 483 nm emisyon, kolon basıncı: 90 ± 10 bar, analiz süresi: 25 dakika ve kolon sıcaklığı: 20°C'dir.

## 3.3. İstatistiksel Analiz

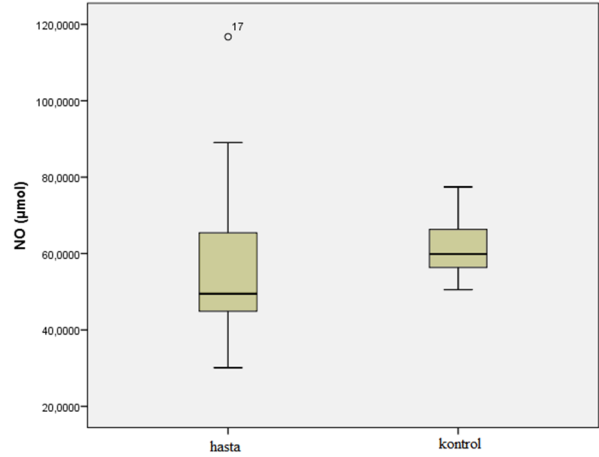
Bu çalışmanın sayısal verilerinin istatistiksel hesaplanmasında IBM SPSS programı versiyon 20 sürümü

ile Student t testi ve Mann Whitney U testleri kullanılmıştır. Sayısal değişkenler ortalama ± standart sapma şeklinde belirtilmiştir.

## 4. Bulgular ve Tartışma

### 4.1. Plazma NO sonuçları

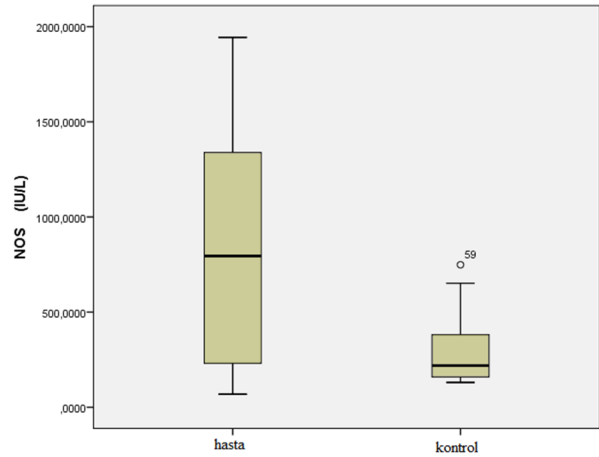
Akut iskemik felçli 30 hastada NO düzeyleri ortalaması 55,83±3,50 µmol ve 30 kişilik kontrol grubunda 61,22±1,19 µmol olarak tespit edildi (p=0,15). Bu değerler Şekil 1'de grafik olarak verilmiştir.



Şekil 1. Plazma NO sonuçları

### 4.2. Plazma eNOS sonuçları

Akut iskemik felçli 30 hastada eNOS düzeyleri 817,30±109,45 pg/mL ve 30 kişilik kontrol grubunda 285,67±30,40 pg/mL olarak tespit edildi (p<0,001). Bu değerler Şekil 2'de grafik olarak verilmiştir.



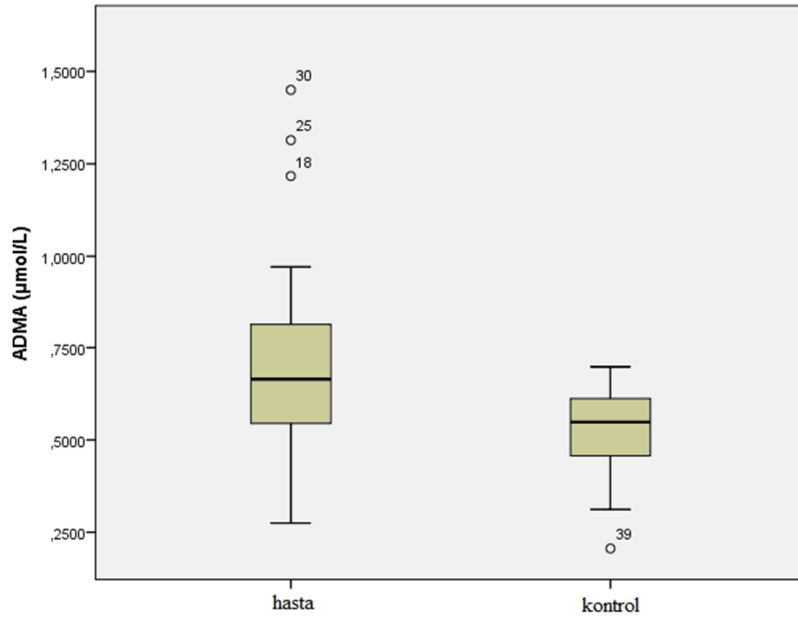
Şekil 2. Plazma eNOS sonuçları

### 4.3. Plazma ADMA sonuçları

Akut iskemik felçli 30 hastada ADMA düzeyleri 0,7199±0,4912 µmol/L ve 30 kişilik kontrol grubunda 0,5205±0,0229 µmol/L olarak tespit edildi (p=0,001). Bu değerler Şekil 3'de grafik olarak verilmiştir.

Hasta ve kontrol grubundaki NO, eNOS ve ADMA sonuçları Çizelge 1'de, hasta grubu korelasyon analizleri Çizelge 2'de ve kontrol grubu korelasyon analizleri Çizelge 3'te verilmiştir.





Şekil 3. Plazma ADMA sonuçları

Çizelge 1. Hasta ve kontrol grubundaki NO, eNOS ve ADMA sonuçlarının toplu halde gösterimi

Değişken	Hasta n=30	Kontrol n=30	p değeri
Yaş	62,37±7,65	59,23±9,84	0,2
NO (µmol)	55,83±3,50	61,22±1,19	0,15
eNOS (pg/mL)	817,30±109,45	285,67±30,40	0,00
ADMA (µmol/L)	0,7199±0,4912	0,5205±0,0229	0,001

Çizelge 2. Hasta Grubu Korelasyon Analizleri

Hasta grubu		Yaş	ADMA (µmol/L)	eNOS (IU/L)	NO (µmol)
Yaş	P	1	0,008	0,436*	-0,350
	R		0,967	0,016	0,058
	N	30	30	30	30
ADMA (µmol/L)	P	0,008	1	-0,278	0,077
	R	0,967		0,137	0,684
	N	30	30	30	30
eNOS (IU/L)	P	0,436*	-0,278	1	-0,224
	R	0,016	0,137		0,235
	N	30	30	30	30
NO (µmol)	P	-0,350	0,077	-0,224	1
	R	0,058	0,684	0,235	
	N	30	30	30	30

**Çizelge 3.** Kontrol Grubu Korelasyon Analizleri

Kontrol grubu		Yaş	ADMA (µmol/L)	eNOS (IU/L)	NO (µmol)
Yaş	P	1	-0,210	0,444*	-0,424*
	R		0,265	0,014	0,020
	N	30	30	30	30
ADMA(µmol/L)	P	-0,210	1	-0,021	0,292
	R	0,265		0,914	0,118
	N	30	30	30	30
eNOS(IU/L)	P	0,444*	-0,021	1	-0,359
	R	0,014	0,914		0,052
	N	30	30	30	30
NO	P	-0,424*	0,292	-0,359	1
	R	0,020	0,118	0,052	
	N	30	30	30	30

P: Pearson korelasyon katsayısı

\* p&gt;0,05

N: örneklem sayısı

#### 4. Sonuç ve Öneriler

Akut iskemik felçli hasta grubunda plazma eNOS ve ADMA düzeylerinde anlamlı artış tespit edilmiştir.

eNOS'taki artışın iskemik olaylar esnasındaki hücre harabiyetinin plazmaya yansımaları olarak düşünmekteyiz. Buna paralel olarak ADMA'nın artması beklenen bir durumdur. ADMA'daki artışın sebebi olarak protein metilasyonundaki artış olduğunu düşünüyoruz.

Serebral iskemiyi takiben eNOS sentezi ve aktivitesi artar. eNOS, iskemiden sonra yeterli doku perfüzyonunun sürdürülmesi ve serebral damarlarda immunoreaktivitesinin artması açısından önemlidir [16]

Valtonen ve arkadaşları, yaptıkları çalışmada insan plazma ve serumunda ADMA analizi için ELİSA ile HPLC metodunu karşılaştırmışlar ve HPLC'de ADMA analizinin ELİSA'ya kıyasla daha güvenilir olduğunu, ayrıca serum ADMA düzeyleri ile plazma ADMA düzeyleri arasında önemli bir fark olmadığını da tespit etmişlerdir [17]. Bu çalışmada da ters faz HPLC tekniğine dayalı ticari kit tercih edilmiştir.

Nishiyama ve arkadaşları, 50 iskemik felç hastası ve 116 kontrol grubu ile yaptığı bir çalışmada ADMA miktarını iskemik felç hastalarında 0,461±0,08 µM/mL ve kontrol grubunda 0,433±0,06 µM/mL olarak tespit etmişlerdir. Bu sonuçlara göre iskemik felçli hastalarındaki ADMA düzeyleri kontrol grubundan daha yüksek olduğunu belirlemiştir [18]. Bu sonuçlar bizim çalışmamın sonuçları ile benzeşmektedir.

Yoo ve arkadaşları, yaşları 65 ile 85 arasında değişen 52 hasta ve 35 kontrol grubu üzerinde yapılan bir çalışmada ADMA'nın yaşlılıkta iskemik felç için bir risk olduğunu tespit etmişlerdir [19]. Bu çalışmanın yaş ortalaması bizim çalışmamızdakinden daha yüksek olmasına rağmen benzer sonuçlar elde edilmiştir.

Bu çalışmada NO düzeylerinin tespiti kolorimetrik yöntemle ticari kit kullanılarak yapılmıştır. Bu yöntemin hassasiyeti ve güvenilirliği yüksek olduğundan tercih edilmiştir [20].

İskemik inmede NO'in rolü kompleks; NO kaynağına, lokal konsantrasyonuna ve redoks durumuna göre, ya nöroprotektif veya nörotoksik olabilir. Endotelial NOS tarafından üretilen vasküler NO yararlıdır. Fakat nNOS ve iNOS kökenli NO'in etkileri nörotoksiktir [21].

Plazma NO düzeylerindeki azalış ise istatistiksel düzeyde anlamlı bulunamamıştır. NO düzeyleri beslenmeden de etkilendiğinden hastaların ve kontrol grubunun diyetlerinin özdeş olması sonucu daha anlamlı kılacaktır.

Korelasyon analizi sonuçlarına göre hasta grubunda yaş ile ADMA arasında yüksek derecede ve ADMA ile NO arasında orta derecede korelasyon tespit edilmiştir. Kontrol grubunda ise ADMA ile eNOS arasında yüksek derecede korelasyon tespit edilmiştir.

ADMA, eNOS ve NO ile felç arasında bir ilişki kurulabilmesi için daha büyük ve özdeş çalışmalara ihtiyaç olduğunu düşünüyoruz.

#### Kaynaklar

- [1] NY. E. Akut İskemik Felçde, İnternal Karotis Arterin İntima-Media Kalınlığı ile CRP İlişkisi. T.C. Sağlık Bakanlığı Numune ve Eğitim Araştırma Hastanesi 1. Nöroloji kliniği. Uzmanlık Tezi, İstanbul 2005.
- [2] Lopez AD, Mathers CD, Ezzati M, Jamison DT, CJ. M. Global and Regional Burden of Disease and Risk Factors, Systematic Analysis of Population Health Data. The Lancet, 2006, 367: 1747-1757.
- [3] Brainin M, Bornstein N, Boysen G, V. D. Acute Neurological Stroke Care in Europe. Results of the European Stroke Care Inventory. European Journal of Neurology, 2000, 7: 5-10.
- [4] Rothwell PM, Coull AJ, Silver LE, Fairhead JF, Giles MF, Lovelock CE, Redgrave JN, Bull LM, Welch SJ, Cuthbertson FC, Binney LE, Gutnikov SA, Anslow P, Banning AP, Mant D, Z. M. Population- Based Study of Event- Rate, Incidence, Case Fatality, and Mortality for all Acute Vascular Events in all Arterial Territories (Oxford Vascular Study). The Lancet, 2005 366.
- [5] O'Brien JT, Erkinjuntti T, Reisberg B, Roman G, Sawada T, Pantoni L, Bowler JV, Ballard C, DeCarli C, Gorelick PB, Rockwood K, Burns A, Gauthier S, ST. D. Vascular Cognitive Impairment. Lancet Neurology, 2003, 2: 89-98.
- [6] Durukan A, Emre U, T. T. İskemik Felçye Yaklaşım Rehberi Baskı. Finlandiya, 2008.
- [7] RF. F. Studies on Endothelium Dependent Vasodilation and the Endothelium-derived Relaxing Factor. Acta Physiologica Scandinavica, 1990, 139: 257-270.

- [8] Aladağ MA, Türköz Y, İH. Ö. Nitrik Oksit ve Nörofizyopatolojik etkileri. Türkiye Klinikleri Tıp Bilimleri, 2010, 20: 107-111.
- [9] Saenger A. K, H. CR. Stroke Biomarkers: Progress and Challenges for Diagnosis, Prognosis, Differentiation and Treatment. Clinical Chemistry, 2010 56: 21-33.
- [10] McBride AE, PA. S. State of the Arg: Protein Methylation at Arginine Comes of Age. Cell, 2001, 106: 5-8.
- [11] İ. İ. Akut Koroner Sendromlu Hastalarda Plasma Asimetrik Dimetil Arginin (ADMA) Düzeylerinin Mortalite Üzerine Etkisi. T.C. Sağlık Bakanlığı Haseki Eğitim ve Araştırma Hastanesi 3. İç hastalıkları Kliniği. Uzmanlık Tezi, İstanbul: 2008.
- [12] Buğdaycı G, E. S. Asimetrik Dimetilarginin (ADMA) Düzce Tıp Fakültesi Dergisi, 2005, 2: 36-41.
- [13] İ. İsmail. Akut Koroner Sendromlu Hastalarda Plasma Asimetrik Dimetil Arginin (ADMA) Düzeylerinin Mortalite Üzerine Etkisi. T.C. Sağlık Bakanlığı Haseki Eğitim ve Araştırma Hastanesi 3. İç hastalıkları Kliniği. Uzmanlık Tezi, İstanbul: 2008.
- [14] T. T. HPLC Analysis of ADMA and Other Methylated L-arginine Analogs in Biological Fluids. Journal of Chromatography B, 2007, 851 21-29.
- [15] Chauhan A, More RS, Mullins PA, Taylor G, Petch MC, PM. S. Aging-associated Endothelial Dysfunction in Humans Reserved by L-arginine. J Am Coll Cardiol, 1996, 28: 1796-1804.
- [16] Mohammadi TM, Shid-Moosavi M, AG. D. Contribution of Nitric Oxide Synthase (NOS) in Blood-Brain Barrier Disruption during Acute Focal Cerebral Ischemia in Normal Rat. Pathophysiology, 2012, 19: 13-20.
- [17] Valtonen P, Karppi J, Nyssönen K, Valkonen V, Halonen T, K. P. Comparison of HPLC Method and Commercial ELISA Assay for Asymmetric Dimethylarginine (ADMA) Determination in Human Serum. Journal of Chromatography B, 2005, 828: 97-102.
- [18] Nishiyama Y, Ueda M, Katsura K, Otsuka T, Abe A, Nagayama H, Y. K. Asymmetric dimethylarginine (ADMA) as a possible risk marker for ischemic stroke. Journal of the Neurological Sciences, 2010, 290: 12-15.
- [19] Yoo JH, SC. L. Elevated Levels of Plasma Homocysteine and Asymmetric Dimethylarginine in Elderly Patients with Stroke. Atherosclerosis, 2001, 158: 425-430.
- [20] Balcı Fidancı Ş, L. TG. Nitrik Oksit Ölçüm Yöntemleri. Mersin Üniversitesi Sağlık Bilimleri Dergisi, 2011, 4: 22-29.
- [21] Moro MA, Cardenas A, Hurtado O, Leza JC, I. L. Role of Nitric Oxide after Brain Ischemia. Cell Calcium, 2004, 36 265-275.



## Türk Doğa ve Fen Dergisi Turkish Journal of Nature and Science

<http://www.bingol.edu.tr/dergiler/turk-doga-ve-fen-dergisi.aspx>



# Farklı Kir ve Nem Şartları Altında İzolatör Yüzey Kaçak Akımlarının Değişiminin İncelenmesi

Dursun ÖZTÜRK<sup>\*1</sup>, Nezir YILDIRIM<sup>2</sup>, Mehmet CEBECİ<sup>3</sup>

## Özet

Elektrik enerjisine olan talep, dünyadaki hemen hemen bütün ülkelerde çok hızlı bir şekilde artmaktadır. Hızlı endüstrileşme ve artan nüfus daha fazla elektrik üretimini gerektirmektedir. Enerjiye olan talebi karşılamak için daha fazla sayıda yüksek gerilim iletim hattı, şalt sahası ve güç istasyonuna ihtiyaç duyulmuş ve iletim gerilimleri oldukça yüksek değerlere çıkarılmıştır. Şüphesiz, daha yüksek verim elde etmek için iletim gerilimini artırmak gerekir. Bu durumda bir çok sınırlamalar ortaya çıkar ki, bunların en önemlilerinden biri izolasyon problemidir. İletim hatlarında izolasyonu sağlamak için, porselen ve cam izolatörler kullanılırlar. Sentetik maddelerden yapılmış izolatörler de son yıllarda kullanılmaktadır. Yüksek gerilim izolatörlerinde kirlilik ile nemin birleşmesi sonucunda atlanmanın meydana geldiği bilinmektedir. Kuru havada izolatör yüzeyinde biriken kirlenmeler, izolatör yüzeyinin atmosferik olaylar sonucu nemlenmesi ile çözülmekte ve böylece yüzey, elektriksel olarak iletken hale gelmektedir. Atlama sonucu meydana gelen büyük ark akımı, izolatörleri ve ark boynuzlarını tahrip edebilir. Eğer izolatör zincirinde koruma halkaları yoksa ve kesicilerin açma hızları yavaşsa, ark enerji nakil hattının iletkenini bile eritebilir. Ark, YG hattını toprakla kısa devre eder ve diğer fazlarda gerilim yükselmesine neden olur. Ekonomik ve teknik açıdan atlama özel bir öneme sahiptir. Birçok durumlarda atlama, enerji iletiminde uzun süren kesintilere sebep olur. Özellikle yüksek gerilimlerde, yani büyük çapta enerji nakledilmesi halinde böyle bir kesintinin büyük ekonomik kayba sebep olacağı açıktır. Bu çalışmada, yüksek gerilim izolatörlerinde biriken kirlenlerin yağmur veya çığ gibi atmosferik olaylar sonucunda nemlenmesiyle iletken hale gelmesi durumu laboratuvar ortamında gerçekleştirilmiştir. Farklı kir seviyelerine sahip izolatörler sis odasında nemlendirilmiş ve bu şartlar altında izolatör yüzeyinden akan kaçak akımlar ölçülerek bu iki faktörün yüzey kaçak akımları üzerindeki etkileri incelenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Yüksek gerilim izolatörü, kirlenme atlaması, yüzey kaçak akımları, sis odası

## Investigation of Insulator Surface Leakage Current Changes under Different Humidity and Pollution Conditions

### Abstract

In almost all countries around the world, the demand for electrical energy is increasing very quickly. Rapid industrialization and growing population requires more electricity production. A greater number of transmission lines, switchgears and power stations were needed to provide demand of energy and transmission voltage is raised quite high values. Certainly, to obtain higher yields must increase transmission voltage. In this case occur that many limitations, the most important one is the problem of insulation. Porcelain and glass insulators are used in transmission lines to provide insulation. In recent years, insulators that made of synthetic material are used. It is known that the flashover occurs as a result of the combination of pollution and humidity. In dry air conditions, pollutants on the surface of the insulator are dissolved by moisture as a result of atmospheric events and thus insulator surface becomes electrically conductive. The great arc current that occurred as a result of flashover can destroy insulator and arc horns. If there aren't protective rings on insulator string and breaker has slow opening speed, arc can melt the conductor of energy transmission line. Arc grounds high voltage line and it causes a rise in the voltage of the other phases. Flashover has a special significance from economic and technical perspective. In many case, flashover causes long-time power failure in energy transmission. Particularly at higher voltages, so as to transmit a large scale energy, such interruption is clear that the major cause of economic loss. In this study, as a result of atmospheric events such as rain or dew, becomes conductive of accumulated dirt on high voltage insulators was investigated. Insulators with various pollution level were moistened in fog chamber and surface leakage current of insulators were measured under this conditions. Thus, the effects on the surface leakage current of these two factors were investigated.

**Keywords:** High voltage insulator, pollution flashover, surface leakage current, fog chamber

<sup>1</sup>Bingöl Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, 12000, Bingöl, TÜRKİYE

<sup>2</sup>Bingöl Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Fizik Bölümü, 12000, Bingöl, TÜRKİYE

<sup>3</sup>Fırat Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, 23000, Elazığ, TÜRKİYE

\*Sorumlu yazar eposta: dozturk@bingol.edu.tr

## 1. Giriş

Enerji iletim sistemlerinde, kirlenmiş yüksek gerilim izolatörlerinin neden olduğu yüzeysel atlamalar;

1. İzolatör yüzeyinin iletken bir kir filmi ile kaplanması ve böylece yüzey boyunca akan kaçak akımların açığa çıkardığı ısı enerjisinin oluşturduğu kuru kir bölgelerinde ön deşarjların tutuşması,
2. Ön deşarjların kirli izolatör yüzeyi boyunca yayılması olmak üzere iki ana kısımda incelenebilir [1-4].

Araştırmacılar tarafından oldukça kapsamlı saha ve laboratuvar çalışmaları yapılmasına rağmen [5, 6], kirlenme olayı ile ilişkili parametrelerin çokluğundan dolayı, kirlenme atlamasının temel mekanizması hala tam olarak açıklanamamıştır.

Kaçak akımın değeri ile atlamanın meydana gelip gelmeyeceği arasında kesin bir bağlantı kurmak mümkün değildir [7]. Ancak, izolatör yüzeyi boyunca kaçak akım değerinin artması, atlama ihtimalinin yüksek olduğu anlamına gelmektedir.

Atlama geriliminin işletme şartlarında; gerilimin polaritesi [8], kirletici maddenin tipi ve parçacık büyüklüğü [3, 9] düzensiz ıslanma, yüzey iletkenliği, rüzgar, uzunluk, izolatörün profili, çapı [6], kir tabakası kalınlığı [10] gibi bir çok parametreye bağlı olduğu gözlenmiştir.

Kirlenmiş izolatörlerde atlamaya yol açan olayın anlaşılabilmesi için ileri sürülen tüm modellerin ortak özelliği, deşarj yayılımının ark'a seri kir direnci şeklinde basitleştirilmesidir [11, 12].

Atlama olayının teorik modellerine bakıldığında çoğunun statik olduğu görülür. Statik modellerde kuru band oluşumundan sonra meydana gelen kısmi ark statik olarak dikkate alınmıştır [3]. Bu nedenle, statik modeller kesin sonuçları önceden belirlemek için uygun değildir [13]. Atlama çok hızlı bir olay olduğu için, deşarj parametrelerindeki ani değişikliklerin önemini göz önüne alan dinamik modeller, atlama olayını statik modellerden daha iyi temsil ederler. Geliştirilen bir kaç dinamik model, ya kavramsal [14] ya da istatistiksel [15] veya kolaylıkla kullanılamayan, deneysel veriye ihtiyaç duyan modellerdir [16, 17]. Ayrıca, bu modellerin çoğu gerçek bir izolatör yerine sadece elektrolit şeritlerini dikkate alırlar [16]. Bütün bunlar, izolatörün gerçek şeklini dikkate alacak dinamik bir model geliştirilmesi için yapılacak çalışmaları motive etmiştir [18].

Ayrıca atlama geriliminin belirlenmesine yönelik model ve benzetim çalışmaları [19-24], potansiyel ve alan [19, 26, 27], fuzzy lojik uygulamaları [28], Karınca Koloni

dağılımlarını incelemek üzere bilgisayar paket programları üzerine çalışmalar [3, 20, 21, 25], yapay sinir ağı uygulamaları Algoritması uygulamaları [29], kaçak yolu uzunluğu ile kir direnci arasındaki ilişki [3], kuru band direncinin zamana bağlı değişimi [19], yıldırım darbe gerilimi ve anahtarlama (bağlama) geriliminin etkisi [20] konularında çalışmalar yapılarak; izolatör yüzey kaçak akımları ve arka seri kir direnci değerlerinin hesaplanması yoluyla kirlenme atlaması problemi çözümlenmiştir.

## 2. Materyal ve Yöntem

### 2.1. Deneysel Sistem

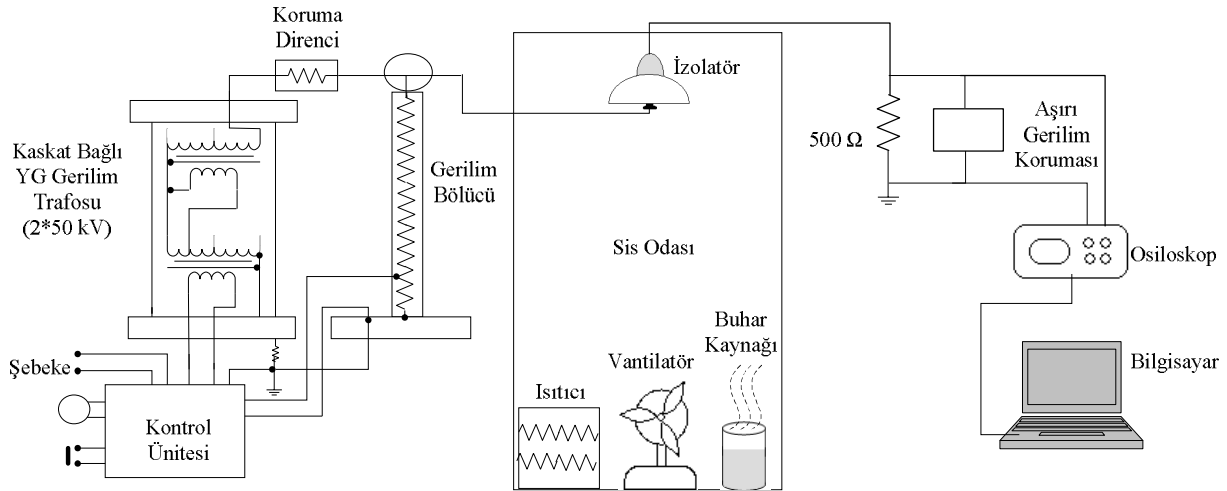
Deneysel sisteme ait şema Şekil 1'de görülmektedir. Her biri 50 kV'luk iki adet YG transformatörü kaskat bağlanarak 100 kV'a kadar gerilim elde edilebilmesi sağlanmıştır. Transformatör çıkış gerilimi, seri bağlı 875 k $\Omega$ 'luk bir koruma direnci üzerinden izolatöre uygulanmaktadır. Yüzey kaçak akımına ait dalga şekilleri izolatör çıkışına bağlanan 500  $\Omega$ 'luk direnç üzerinden gerilim bilgisi olarak alınmaktadır. Sistemde kullanılan gerilim bölücü yardımıyla transformatör çıkışındaki gerilim ve ayrıca akım değerleri kontrol ünitesi üzerinden izlenebilmektedir.

Deneyler için gerekli nem değerlerini oluşturmak için test odasına bir su ısıtıcı konulmuştur. Ayrıca bir ısıtıcı yardımıyla da oda sıcaklığı istenen seviyede tutulmuştur. Sis odasına yerleştirilen bir vantilatör yardımıyla, oda içerisindeki ısı ve nemin homojen dağılımı sağlanmıştır.

### 2.2. Deneysel Prosedürleri

#### 2.2.1. YG İzolatörlerinin Deneyler İçin Hazırlanması

Örnek olarak ele alınan bir zincir izolatör elemanının (porselen) yüzey kaçak akım testleri, Fırat Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü'ndeki yüksek gerilim laboratuvarında AA altında yapılmıştır. Atlama gerilimini ölçmek için, izolatörün kapak (cap) kısmı toprağa, sap (pin) kısmı ise AA yüksek gerilim kaynağına bağlanmıştır. Yapay kirlilik, NaCl ile saf suyun karıştırılmasıyla elde edilmiştir. Deneyde, %0,4, %1,0, ve %1,6 olmak üzere 3 farklı oranda tuz çözümü hazırlanmıştır. %0,4 tuz çözeltisi için 100 ml suda 0,4 gr NaCl eritilmiştir. Diğer solüsyonlar da benzer şekilde hazırlanmıştır. Solüsyonların izolatör yüzeyine dengeli dağılımını sağlamak için bir askı sistemi oluşturulmuş ve izolatörler bu askı sistemine asılmıştır. Hazırlanan tuzlu su karışımları, test edilecek izolatörlerin yüzeylerine homojen



Şekil 1. Deneysel Sistemi

kurumaya bırakılmıştır. Bu işlem, tüm karışımın izolatör yüzeyine püskürtülmesi sağlanıncaya kadar tekrarlanmıştır. Böylece her biri farklı iletkenlik değerine sahip 3 adet izolatör test için hazır hale getirilmiştir. Ayrıca, temiz durum şartlarını incelemek için bir adet temiz izolatör kullanılmıştır. İzolatörlerin kirletilmesi işlemi biter bitmez test işlemlerine geçilmiştir.

### 2.2.2. ESDD Değerinin Hesaplanması

İzolatörlerin eşdeğer tuz birikim yoğunluğu (Equivalent Salt Deposit Density-ESDD) değerlerini hesaplamak için izlenen işlem aşamaları şöyledir; Atlama testi sonrası, izolatör yüzeyine saf su püskürtülerek yıkanmıştır. Yıkama sonucu elde edilen kirli suyun hacmi ve iletkenliği ölçülmüştür. Aynı zamanda sıcaklık değeri de kaydedilmiştir. Farklı sıcaklıklardaki iletkenlik değerleri Denklem 1 kullanılarak 20 °C'ye dönüştürülmüştür.

$$\sigma_{20} = \sigma_{\theta} [1 - b(\theta - 20)] \quad (1)$$

Burada,  $\theta$  çözeltinin sıcaklığı (°C),  $\sigma_{\theta}$  çözeltinin  $\theta$  sıcaklığındaki iletkenliği,  $\sigma_{20}$  çözeltinin 20 °C sıcaklığındaki iletkenliği (S/m) ve b ise Tablo 1’de verilen sıcaklığa bağlı bir faktördür. %0,4 tuz çözeltisi ile kirletilen izolatörün test sonrasında saf su ile yıkanmasıyla oluşan çözeltinin 21,3 °C’deki iletkenliği iletken ölçer yardımıyla 3790  $\mu\text{S}/\text{cm}$  ve hacmi ise 100  $\text{cm}^3$  olarak ölçülmüştür. Ölçülen bu değerler Denklem 1’de yerine yazılarak  $\sigma_{20} = 3677,8 \mu\text{S}/\text{cm}$  olarak hesaplanmıştır.  $\mu\text{S}/\text{cm}$  birimi S/m’ye dönüştürülünce  $\sigma_{20} = 3677,8 \cdot 10^{-4}$  S/m olarak elde edilmiştir.

**Tablo 1.** ‘b’ katsayısının sıcaklığa bağlı değerleri

$\theta$ (°C)	b
5	0,03156
10	0,02817
20	0,02277
30	0,01905

Çözeltinin tuzluluk miktarı ( $S_a$ ) Denklem 2 yardımıyla belirlenir.

$$S_a = (5,7 \cdot \sigma_{20})^{1,03} \quad (2)$$

$\sigma_{20}$  değeri Denklem 2’de yazılarak  $S_a = 2,143$  olarak hesaplanmıştır. Sonuç olarak ESDD Denklem 3 yardımıyla belirlenebilir.

$$\text{ESDD} = (S_a \cdot \text{Vol}) / A \quad (3)$$

Burada, Vol çözeltinin hacmi ( $\text{cm}^3$ ) ve A test izolatörünün yüzey alanıdır (6442  $\text{cm}^2$ ). Bu durumda tüm

**Tablo.4.** Farklı tuzluluk oranlarına karşılık ESDD ve iletkenlik değerleri

Uyg. Ger. (kV)	$\sigma = 3,32 \mu\text{S}/\text{cm}$			$\sigma = 9,46 \mu\text{S}/\text{cm}$			$\sigma = 17,8 \mu\text{S}/\text{cm}$		
	I(ef) (mA)			I(ef) (mA)			I(ef) (mA)		
	Kuru Durumda	%60 Bağlı Nem	%85 Bağlı Nem	Kuru Durumda	%60 Bağlı Nem	%85 Bağlı Nem	Kuru Durumda	%60 Bağlı Nem	%85 Bağlı Nem
5	0,078	0,084	0,148	0,100	0,074	0,16	0,098	0,098	0,17
10	0,148	0,168	0,276	0,182	0,144	0,324	0,178	0,164	0,314
15	0,218	0,248	0,39	0,266	0,224	0,452	0,258	0,236	0,452
20	0,292	0,338	0,512	0,346	0,304	0,64	0,338	0,308	0,616
25	0,374	0,424	0,634	0,426	0,378	0,68	0,420	0,382	0,776
30	0,460	0,512	0,752	0,518	0,452	0,756	0,510	0,47	0,936
35	0,550	0,596	0,884	0,610	0,572	0,91	0,600	0,556	1,1
40	0,648	0,644	1,026	0,716	0,658	1,052	0,694	0,652	1,276
45	0,750	0,758	1,138	0,816	0,748	1,216	0,800	0,746	1,414
50	0,856	0,876	1,264	0,926	0,854	1,52	0,914	0,844	1,584

değerler Denklem 3’de yerine yazılmış ve 0,2 gr/100 ml çözelti ile kirletilmiş izolatör için ESDD değeri 0,0332  $\text{mg}/\text{cm}^2$  olarak elde edilmiştir.

Test sonrası kirli izolatörlerin yıkanmasıyla elde edilen çözeltiler için ölçülen büyüklükler Tablo 2’de verilmiştir.

**Tablo 2.** Test sonrası yıkanan izolatörlerden elde edilen çözeltilerin ölçülen bazı değerleri

Kir Seviyesi (gr/100 ml)	Sıcaklık (°C)	Hacim ( $\text{cm}^3$ )	Ölçülen İletkenlik ( $\mu\text{S}$ )
0,4	21,3	100	3790
1,0	20,3	100	11810
1,6	20,7	100	19060

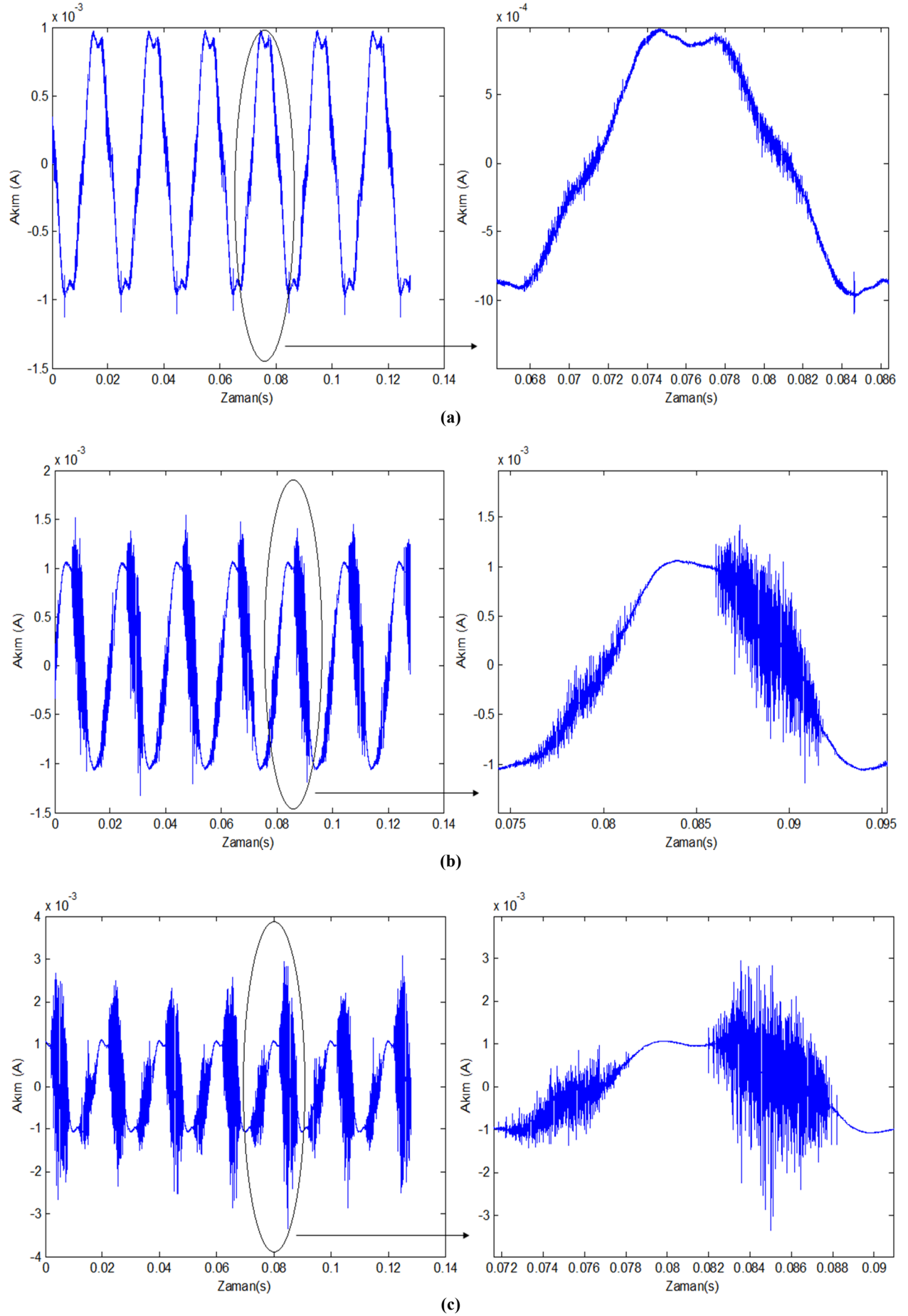
Çözeltilerin tuzluluk oranlarına karşılık gelen ESDD ve iletkenlik değerleri Tablo 3’te gösterilmiştir.

**Tablo 3.** Farklı tuzluluk oranlarına karşılık ESDD ve iletkenlik değerleri

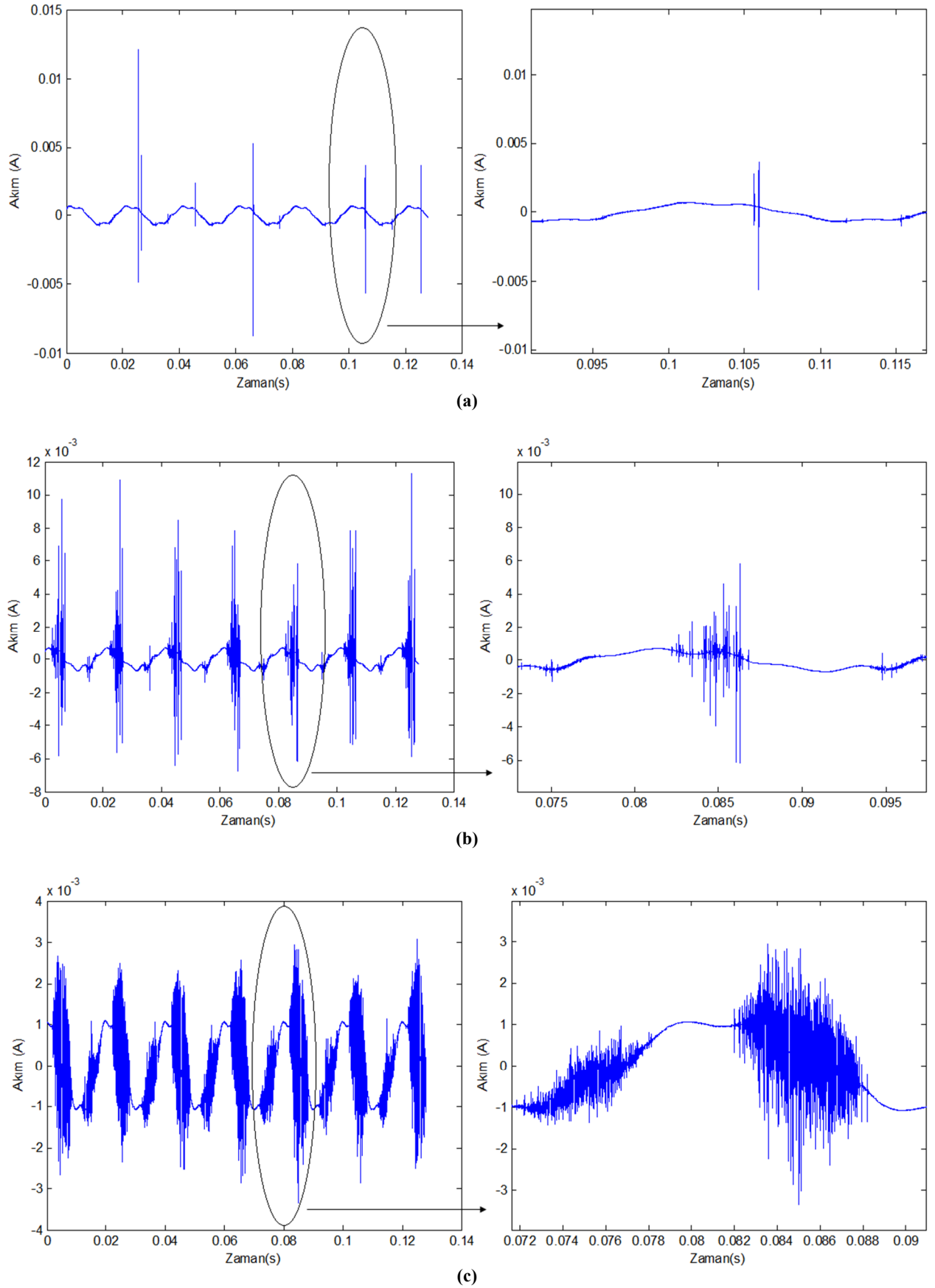
Tuzluluk (gm/ml)	ESDD (mg/cm2)	İletkenlik( $\sigma$ ) ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )
0,4	0,0332	3,32
1,0	0,0946	9,46
1,6	0,1781	17,81

### 3. Bulgular ve Tartışma

Deney sonuçları, kuruda, %60 ve %85 bağıl nem değerleri altında alınmıştır. Böylece üç farklı nem şartları altında sonuçlar elde edilerek karşılaştırılmıştır. İlk olarak %0,4 tuz çözeltisi ile kirletilmiş izolatör, kuru şartlar altında test işlemine tabi tutulmuş ve yüksek gerilim transformatörü çıkışına bağlı koruma direnci üzerinden izolatör enerjilendirilmiştir. Başlangıçta 5 kV gerilim uygulanarak 500 ohm’luk direnç üzerinden gerilimin dalga şekli hem osiloskopa hem de veri toplama cihazı üzerinden bilgisayara kaydedilmiştir. Osiloskoptan okunan gerilimin tepe değerinden hareketle yüzey kaçak akımının tepe ve efektif değerleri hesaplanmıştır. Bilgisayara alınan verilerin şekilleri MATLAB programı kullanılarak çizdirilmiştir. Daha sonra her adımda gerilim değeri 5 kV artırılarak benzer şekilde kaçak akım değerleri kaydedilmiştir. Aynı işlemler kuru durumda farklı kir değerlerine sahip her bir izolatör için sırayla tekrarlanmıştır. Daha sonra %60 ve %85 nem şartları için de benzer şekilde izolatörler test işlemine tabi tutulmuşlardır. Yapılan deneylerde, izolatörlerin farklı nem şartlarındaki temiz ve kirli durumları için yüzey kaçak akım değerleri ölçülmüş (Tablo 4) ve dalga şekilleri incelenmiştir (Şekil 2 ve Şekil 3).



Şekil 2. %85 bağıl nem durumunda 30 kV gerilim altında kaçak akım grafikleri; (a) 0,4 gr/100 ml NaCl (b) 1,0 gr/100 ml NaCl (c) 1,6 gr/100 ml NaCl



**Şekil 3.** 30 kV gerilim altında 1,0 gr/100 ml NaCl ile kirletilmiş izolatörün kaçak akım grafikleri; (a) kuru durumda, (b) %60 bağıl nem altında, (c) %85 bağıl nem altında

Kuru durumda farklı kir seviyelerine sahip izolatörler için ölçülen yüzey kaçak akım değerleri Tablo 5’de verilmiştir. Tüm kir seviyeleri için ölçülen akım değerlerinin birbirine

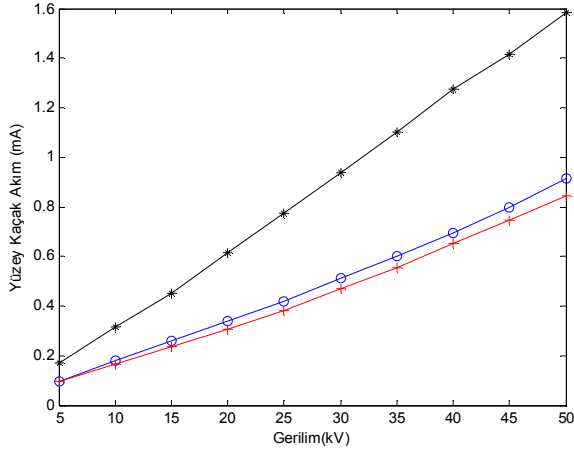
yakın olması, kuru şartlar altında izolatör yüzeyinde biriken kir miktarının, yüzey kaçak akımları bakımından çok fazla önemli olmadığı gerçeğini göstermektedir.



**Tablo Hata! Belgede belirtilen stilde metne rastlanmadı.5.** Kuru durumda farklı kir seviyelerine sahip izolatörlerden akan kaçak akım değerleri

I(ef) mA		
0,4 gr	1,0 gr	1,6 gr
0,078	0,1	0,098
0,148	0,182	0,178
0,218	0,266	0,258
0,292	0,346	0,338
0,374	0,426	0,42
0,46	0,518	0,51
0,55	0,61	0,6
0,648	0,716	0,694
0,75	0,816	0,8
0,856	0,926	0,914

Bağıl nem koşullarının etkisini göstermek amacıyla 1,6 gr NaCl ile kirletilmiş izolatör örnek olarak ele alınarak, kuru durum, %60 ve %85 bağıl nem altında yüzey kaçak akımları ölçülmüş ve grafikleri bir arada çizdirilmiştir (Şekil 4). Grafikten de anlaşılacağı gibi izolatörlerin yüzeyinden akan kaçak akım değerleri, bağıl nemin artışına ve dolayısıyla yüzey iletkenlik değerinin yükselmesine bağlı olarak artmaktadır.



**Şekil Hata! Belgede belirtilen stilde metne rastlanmadı.4.** 1,6 gr NaCl ile kirletilen izolatör için farklı nem değerleri altında akım-gerilim grafikleri (o:Kuru durumda; +:%60 nem durumunda; \*: %85 nem durumunda)

### Sonuçlar

Bu çalışmada, yüksek gerilim izolatörlerinde biriken kirlerin yağmur veya çiy gibi atmosferik olaylar sonucunda nemlenmesiyle iletken hale gelmesi durumu laboratuvar ortamında gerçekleştirilmiştir. NaCl ile kirletilen izolatörler Bingöl Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi (BÜBAP) tarafından sağlanan destekle (Proje No:BAP-42-63-2011) oluşturulan sis odasında nemlendirilmiş ve bu şartlar altında izolatör yüzeyinden akan kaçak akımlar ölçülmüş ve elde edilen değerler bilgisayar ortamında kaydedilmiştir. Yapılan deneylerde ilk önce kuru durumda kir miktarı artırılmış ve kirdeki bu artışa bağlı olarak yüzey kaçak akımının pek fazla değişmediği gözlemlenmiştir. Ancak %85 bağıl nem oranı sabit tutularak kir miktarı

arttırılmış ve bu durumda yüzey kaçak akımlarında artış meydana geldiği gözlemlenmiştir. Sonraki adımda ise kir miktarı sabit tutularak nem miktarı artırılmış ve nemdeki bu artışa bağlı olarak da akım değerinde önemli artışlar gözlemlenmiştir. Elde edilen sonuçlardan da görüleceği gibi izolatör yüzeyinde akan akımın değeri öncelikle nem durumuna bağlı olarak değişmektedir. Nemli koşullar altında kir miktarı da yüzey kaçak akımının değerini etkileyen önemli bir faktördür. Bundan sonraki çalışmalarda, izolatör yüzey kaçak akımlarının bilgisayar programları ile hesaplanması için yeni algoritmalar geliştirilecek ve elde edilecek program çıktılarının burada elde edilen deney sonuçları ile uygunluğu incelenecektir.

### Teşekkür

Bu çalışma, Bingöl Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi (BÜBAP) tarafından (Proje No:BAP-42-63-2011) desteklenmiştir.

### Kaynaklar

- [1] Sundararajan R. and Gorur R.S., Dynamic arc modeling of pollution flashover of insulators under dc voltage, IEEE Transactions on Electrical Insulation, 28(2), 209-218, 1993.
- [2] Haznadar Z., Sokolija K., Sadovic S., Dynamic model of pollution flashover, Sixth International Symposium on High Voltage Engineering, New Orleans, LA, USA, 12.09, 1989.
- [3] Rizk F., Mathematical models for pollution flashover, Electra 78:71-103, 1981.
- [4] Rumeli A., Hızal M. and Demir Y., Analytical estimation of flashover performances of polluted insulators, ISPPISD, Madras, 1981.
- [5] Claverie P. and Porcheron Y., How to choose insulators for polluted areas, IEEE Transactions on Power Apparatus Systems, 92, 1121-1131, 1973.
- [6] Williams D.L., Haddad A., Rowlands A.R., Young H.M. and Waters R.T., Formation and characterization of dry bands in clean fog on polluted insulators, IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insulation 6(5), October, 1999.
- [7] Rumeli A., Kirli izole yüzeylerde deşarjların yayılımı ve atlama, Elektrik Mühendisliği, 199, 419-427, 1973.
- [8] Jolly D.C. and Poole C.D., Flashover of contaminated insulators with cylindrical symmetry under dc conditions, IEEE Trans. EI, 14 (2), 77-84, 1979.
- [9] Lambeth P.J., Effect of pollution on hv outdoor insulators, Proc. IEE, IEE Reviews, 118 (9R), 1107-1130, 1974.
- [10] Astorga O.A.M. and Do Prado A.J., The flashover phenomenon: An analysis with influence of the thickness of the layer pollution of the high voltage polluted insulators, Conference Record of the 1994 IEEE Int. Symposium on Electrical Insulation, Pittsburgh, PA USA, 546-549, 1994.
- [11] Alston L. L. and Zoledziowski S., Growth of discharges on polluted insulation, Proc. IEE, 110, 1260-1266, 1963.

- [12] Wilkins R., Flashover voltage of hv insulators with uniform surface pollution films, Proc. IEE, 116(3), 457-465, 1969.
- [13] Dhahbi-Megrache N., Beroual A. and Krahenbuhl L., A new proposal model for flashover of polluted insulators, J. Phys. D:Appl. Phys., 30(5), 889-894, 1997.
- [14] Rodriguez A., Wang F. and Cheng T.C., Time-dependent stochastic modeling of surface flashovers on contaminated insulators, Sixth International Symposium on HV Engineering, 12.04, 1989.
- [15] Gellert B.C. and Rasmussen J.K., Finite element modeling of dry zone formation on polluted outdoor hv insulators, Sixth International Symposium on HV Engineering, 24.07, 1989.
- [16] Jolly D.C., Cheng T.C. and Otten T.M., Dynamic theory of discharge growth over contaminated insulator surfaces, IEEE PES Winter Power Meeting, 74-068-3, 1974.
- [17] Anjana S., and Lakshminarasimha C. S., Computation of flashover voltages of polluted insulators using dynamic arc model, Sixth International Symposium on High Voltage Engineering, New Orleans, LA,USA, 30.09, 1989.
- [18] Sundararajan R. and Gorur R. S., Dynamic arc modeling of pollution flashover of insulators under dc voltage, IEEE Transactions on Electrical Insulation, 28(2), 209-218, 1993.
- [19] Tsarabaris P.T., Karagiannopoulos C.G., Theodorou N.J., A model for high voltage polluted insulators suffering arcs and partial discharges, Simulation Modelling Practice and Theory, 13, 157-167, 2005.
- [20] Vinay J., Finite element analysis of electric field around an ice-covered semi-conducting glazed insulator using a form of Kelvin transformation, Journal of Electrostatics, 69, 15-22, 2011.
- [21] Kontargyri V.T., Plati L.N., Gonos I.F., Stathopoulos I.A., Measurement and simulation of the voltage distribution and the electric field on a glass insulator string, Measurement, 41, 471-480, 2008.
- [22] Dhahbi-Megrache N., Beroual A. and Krahenbuhl L., A New proposal model for flashover of polluted insulators, J. Phys. D:Appl. Phys., 30(5), 889-894, 1997.
- [23] Gellert B.C. and Rasmussen J.K., Finite element modeling of dry zone formation on polluted outdoor hv insulators, Sixth International Symposium on HV Engineering, New Orleans, 24.07, 1989.
- [24] Anjana S. and Lakshminarasimha C. S., Computation of flashover voltages of polluted insulators using dynamic arc mode, Sixth International Symposium on High Voltage Engineering, New Orleans, LA,USA, 30.09, 1989.
- [25] Kontargyri V.T., Gialketsi A.A., Tsekouras G.J., Gonos I.F., Stathopoulos I.A., Design of an artificial neural network for the estimation of the flashover voltage on insulators, Electric Power Systems Research, 77, 1532-1540, 2007.
- [26] Aydogmus Z., A neural network-based estimation of electric fields along high voltage insulators, Expert Systems with Applications, 36, 8705-8710, 2009.
- [27] Gençoğlu M.T., Cebeci M., Investigation of pollution flashover on high voltage insulators using artificial neural network', Expert Systems with Applications, 36(4), 7338-7345, 2009.
- [28] G.E. Asimakopoulou, V.T. Kontargyri, G.J. Tsekouras, Ch. N. Elias, F.E. Asimakopoulou, I.A. Stathopoulos., A fuzzy logic optimization methodology for the estimation of the critical flashover voltage on insulators, Electric Power Systems Research, 81, 580-588, 2011.
- [29] Öztürk D., Cebeci M., Kirilenmiş Yüksek gerilim izolatörlerinde yüzey kaçak akımlarının karınca koloni algoritması ile hesaplanması', Elektrik-Elektronik Bilgisayar Sempozyumu FEED-2011, 2011.



*Türk Doğa ve Fen Dergisi*  
*Turkish Journal of Nature and Science*

<http://www.bingol.edu.tr/dergiler/turk-doga-ve-fen-dergisi.aspx>



## Lice (Diyarbakır) İlçesi Üzüm Üreticilerinin Sorunları ve Çözüm Önerileri

Atilla ÇAKIR\*<sup>1</sup>, Ersin KARAKAYA<sup>2</sup>, Mehmet IŞIKIRIK<sup>1</sup>, R. Maraşlı ÇELİK<sup>1</sup>

### Özet

Bu çalışma Diyarbakır ili Lice ilçesini temsil eden 100 adet bağ işletmelerinde yürütülmüştür. Veriler 100 üreticiden anket yoluyla elde edilmiştir. Çalışmada elde edilen verilerin ışığında üreticilerin eğitim durumları, yaş durumları, bağ işletmelerinin büyüklük durumları ve örgütlenme durumlarının belirlenmesi amaçlanmıştır. Anket çalışmasının sonuçlarına göre; bağcılıkla uğraşan üreticilerin eğitim düzeyi (%31 okumamış) oldukça düşüktür. Ankete katılan üreticilerin yaş ortalaması 50,7 ve bağ alanlarının %77,7'sinin 20 da'nın altında olduğu saptanmıştır. Bağcılık, yörede aile işletmeciliği şeklinde yapılmaktadır. Ankete katılan üreticilerin tamamı bağlarında telli terbiye, duvar ve çardak sistemi dışında kalan "diğer" terbiye sistemini kullandıklarını ve bu terbiye sisteminden %71 oranında "memnun olmadıklarını" belirtmişlerdir. Üreticilerin tamamının kooperatif ya da birlik üyesi olmadıkları belirlenmiştir. Üreticilerin %2'si üzüm üretiminden iyi para kazanmadığını, üzüm üretim tekniğini iyi bilme, bağcılık faaliyetinin işçilik gerektirdiğini ve daha fazla tarımsal bilginin üretimi arttıracığı konularına büyük oranda katıldıkları gözlemlenmiştir. Sonuç olarak; üreticilere bağcılık konusunda tarımsal bilginin verilmesi ve üreticinin gelirinin iyileştirilmesi için düzenlemeler yapılması öngörülmektedir. Bu araştırma kapsamında, mevcut verilerden de yararlanılmak suretiyle, ilçe, il ve hatta yöre genelinde karşılaşılan sorunlar ve bu sorunların çözülmesinde yararlı olacağına inanılan çözüm önerileri sunulmaya çalışılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Diyarbakır-Lice, bağcılık, eğitim düzeyi, örgütlenme, üzüm üreticisi

## Present Status of Viticulture in Lice (Diyarbakır) Province, Its Problems and Possible Solutions

### Abstract

This study was conducted in 100 vineyard enterprises representing Diyarbakır Lice district. Data are obtained by questionnaire from 100 producers. In the light of the data gathered in the study it was aimed to determine of the educational status, age, bond business conditions and the size of the organization. According to the results of the questionnaire, it was determined that the level of education for producers dealing with viticulture in that district was low (31% uneducated). The average age of the surveyed manufacturers 50.7 and 71% of the vineyard area 's are found to be under 20 da. Viticulture is done as a family business in the region. All of the surveyed manufacturers vineyards "other" training system that uses rate of 71% and finishing system "is recommended because it stated that they preferred. Producers are determined who are not members of the cooperatives or the union. Manufacturer of 2% were noted the grape production is not profitable good knowledge of grape production technique, viticulture is labor intensive activity and increase the production of knowledge that more agricultural subjects was observed that a large proportion. As a result, manufacturers of agricultural giving information about viticulture and the manufacturer's revenue is projected to improve the arrangements. In this study, we aimed not only to investigate the problems of viticulture in Lice, but also to contribute solutions.

**Keywords:** Diyarbakır-Lice, viticulture, education level, organization, grape producers

### 1. Giriş

Bağcılığın tarihi Anadolu uygarlıkları ile iç içedir. M.Ö. 2000 yıllarında Anadolu'ya gelerek 600 yıllık büyük bir uygarlık yaratan Hititler'den, bağcılığın önemini anlatan çok sayıda arkeolojik buluntular günümüze kadar ulaşmıştır. Ayrıca, bu döneme ait kaya resimleri ve heykellerde, üzüm ve şaraba ait figürlerin yer alması, Hitit kanunlarında

bağların ve ürünlerinin korunmasına yönelik özel hükümlere yer verilmesi, Boğazköy metinlerinde kuru üzümün söz edilmesi, sosyal ve ekonomik açıdan Anadolu bağcılığının önemini günümüze taşıyan diğer çok önemli belgelerdir. Arkeolojik buluntulardan Anadolu'da Hititler zamanında asma ve şarabın büyük önem taşıdığı, M.Ö. 1800-1550 yıllarında bağcılığın çok gelişmiş olduğu, dini merasimlerde ve sosyal yaşantıda üzüm ve şarabın tanrılara adak olarak sunulduğu kaydedilmektedir. Hititler bağ ve bahçe gibi

<sup>1</sup>Bingöl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, 12000, Bingöl, TÜRKİYE

<sup>2</sup>Bingöl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Ekonomisi Bölümü, 12000, Bingöl, TÜRKİYE

\*Sorumlu yazar eposta: cakiratilla@gmail.com

varlıklarını korumak amacıyla bugünkü anlayışa yakın tarım yasalarını uygulamaya koymuşlardır [1, 2].

Yerkürenin bağcılık için en elverişli iklim kuşağı üzerinde bulunan ülkemiz, asmanın gen merkezi olmasının yanı sıra, son derece eski ve köklü bir bağcılık kültürüne sahiptir. Bu kültür içerisinde Güneydoğu Anadolu Bölgesi sadece sahip olduğu bağ alanı ve üzüm üretimi bakımında ülkemizin önemli bir bölgesi değil aynı zamanda sahip olduğu kültür asması (*Vitisviniferassp. sativa* L.) ve yabani asma türleri (*Vitisviniferassp. silvestris*) bakımından da önemli gen merkezidir. Bölgede çok sayıda farklı üzüm çeşidi ile yetiştiricilik yapılması bunun en somut göstergesidir [3, 4, 5]. Güneydoğu Anadolu Bölgesi, ülkemizde bulunan toplam bağ alanlarının yaklaşık %25'ini, üretilen toplam üzümün ise yaklaşık % 15'ini karşılayan önemli bir bölgedir. Günümüze kadar yapılan birçok araştırmada bölge illerinin bağcılık potansiyeli vurgulanmıştır [6, 7].

## 2. Materyal ve Metot

### 2.1. Materyal

Bu çalışma 2013 yılında Diyarbakır iline bağlı Lice ilçesinde ve bağcılığın yoğun olduğu köylerde gerçekleştirilmiştir. Lice ilçesi ve bağlı 8 köy olmak üzere toplam 100 üretici ile bire bir görüşme yapılarak önceden hazırlanmış olan 35 soruluk anketler uygulanmış ve her soruya verilen cevap kendi içerisinde ayrı ayrı değerlendirilmiştir.

### 2.2. Metod

Toplam 100 üretici ile yüzyüze görüşme yapılmış, önceden hazırlanmış olan 35 soruluk anket formları kullanılmış ve her soruya verilen cevap adet ve oran olarak verilmiştir. Araştırmanın anket sayısı Oransal Örneklem Yöntemi ile tespit edilmiştir [8, 9, 10, 11, 12, 13].

$$n = \frac{N \cdot p \cdot q}{(N-1) \cdot \alpha^2 \cdot p \cdot q} \quad (1)$$

Eşitlikte;

n = Örnek hacmi,

N = Seçilen Köylerdeki Toplam Üretici Sayısı,

P = Bağcılık yapan çiftçi oranı,

(1-p) = Bağcılık yapmayan çiftçi oranı,

$\alpha^2 p =$  Varyans.

%95 güven aralığı ve %7,5 hata payı kabul edilip, p=0,50, (1-p)=0,50 dikkate alınarak hesaplama yapılmıştır.

Hesaplama sonucu örnek hacmi (n) 100 olarak belirlenmiştir. Üzüm üreticilerine daha önceden hazırlanmış sorular, bire bir yöneltilmiş ve alınan yanıtlara göre değerlendirmeler yapılmış ve bunlar 13 ana başlık halinde gruplandırılmıştır.

### 2.3. İstatistik Analizler

İlçe için güven aralığı 0.99 kabul edilerek [14] örnekleme formülü uygulanarak görüşülecek çiftçi sayıları belirlenmiştir. 100 çiftçiden anketle derlenen veriler sosyal bilimlerde yaygın olarak kullanılan SPSS istatistik paket programı ile analiz edilmiştir.

## 3. Araştırma Bulguları

### 3.1. Üzüm Üreticilerinin Yaş Grupları

Anket yapılan üreticilerin %43,0'ı (40 ile 60 yaş arası), %29'u 60 yaş ve üzeri ve %28'inin de 40 yaşından küçük

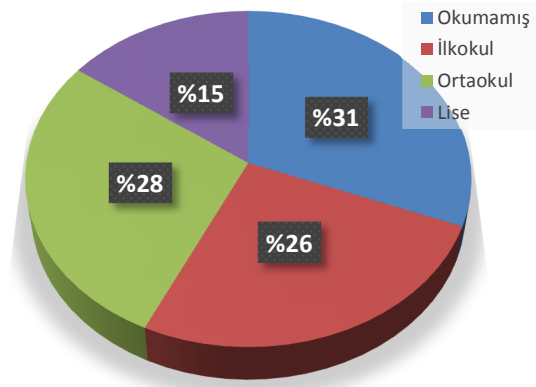
oldukları saptanmıştır. Ankete katılan üreticilerin genel yaş ortalaması ise 50,7 olarak bulunmuştur (Çizelge 1).

**Çizelge 1.** Anket yapılan bireylerin yaş grupları itibari ile dağılımı

Yaş grupları	Adet	Oran (%)
1. grup (<40 yaş)	28	28,0
2. grup (40–60 yaş arası)	43	43,0
3. grup (>60 yaş)	29	29,0
Toplam	100	100,0
Anket yapılan bireylerin Ortalama yaşı: 50,7		

### 3.2. Üzüm Üreticilerinin Eğitim Durumları

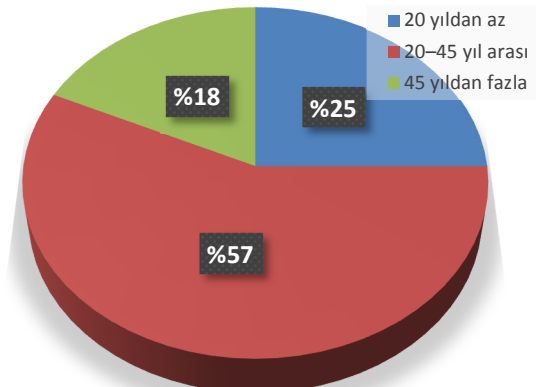
Ankete katılan üreticilerin eğitim durumları itibari ile %26,0'ının ilkokul, %31,0'ının ise okumamış olduğu saptanmıştır. Analiz sonuçlarına göre üreticilerin eğitim seviyeleri ilkokul mezunları ile birlikte %57,0 ile çok düşük olduğu sonucu ortaya çıkmaktadır (Şekil 1).



**Şekil 1.** Anket yapılan bireylerin eğitim durumu

### 3.3. Üzüm Üreticilerinin Üreticilik Yılları

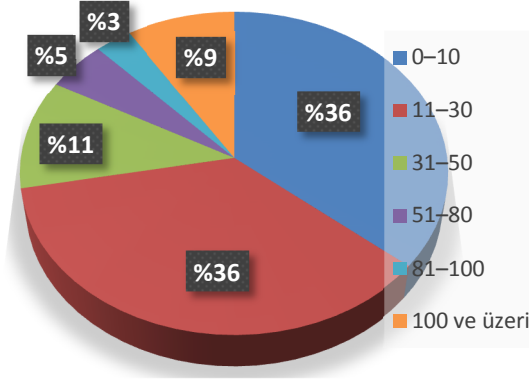
Ankete katılan üreticilerin %57,0'ı 20–45 yıl arasında üreticilik yaptıklarını belirtirken, 45 yıldan fazla üreticilik yapanların oranı %18,0 olarak bulunmuştur (Şekil 2). Ankete katılan üreticilerin herhangi bir kooperatife ya da bir birliğe üye olup olmama durumları incelenmiş üreticilerin tamamının kooperatif ya da birlik üyesi olmadıkları belirlenmiştir.



**Şekil 2.** Ankete katılan üzüm üreticilerinin üzüm yetiştirme süreleri (yıl).

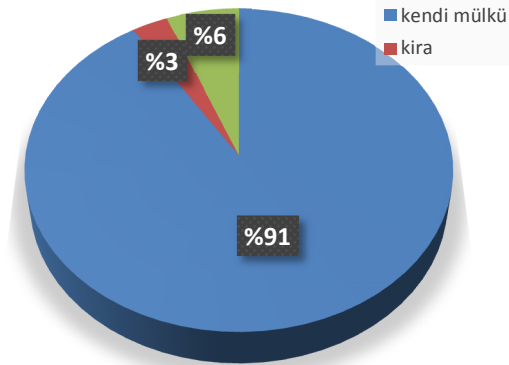
### 3.4. Üzüm Üreticilerinin Mülkiyet Durumu

Üreticilere yapılan anket çalışmasında üreticilerin sahip oldukları arazi varlığı (da) olarak 6 kategoriye ayrılmış ve kendilerine uygun olan arazi varlığını belirtmeleri istenmiştir. Yapılan analiz sonuçlarına göre üreticilerin arazi varlıklarının durumu; arazi varlığı 51-80 da olan üretici oranı %5,0, 0-10 ve 11-30 da olan üretici oranı %36,0 ve 31-50 da olan üretici oranı %11,0 olarak hesaplanmıştır. (Şekil 3).



Şekil 3. Ankete katılan üzüm üreticilerinin sahip oldukları toplam arazi varlığı (da)

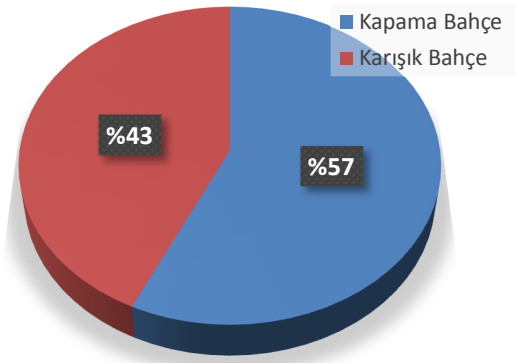
Ankete katılan üreticilerin %91,0'ı arazinin mülkiyetinin kendilerine ait olduğunu, %3,0'ı kiralık olduğunu ve %6,0'ı ise araziye ortak olduklarını belirtmişlerdir (Şekil 4).



Şekil 4. Üzüm üreticilerinin arazi mülkiyet durumu

### 3.5. Üzüm Üreticilerinin Sahip Oldukları Bahçenin Türü

Ankete katılan yetiştiricilerin %57,0'ı kapama bahçe sisteminde üretim yaptıklarını belirtirken, karışık bahçe sisteminde üretim yapan yetiştirici oranı ise %43,0 olarak bulunmuştur (Şekil 5).



Şekil 5. Ankete katılan üzüm üreticilerinin sahip oldukları bahçe türü

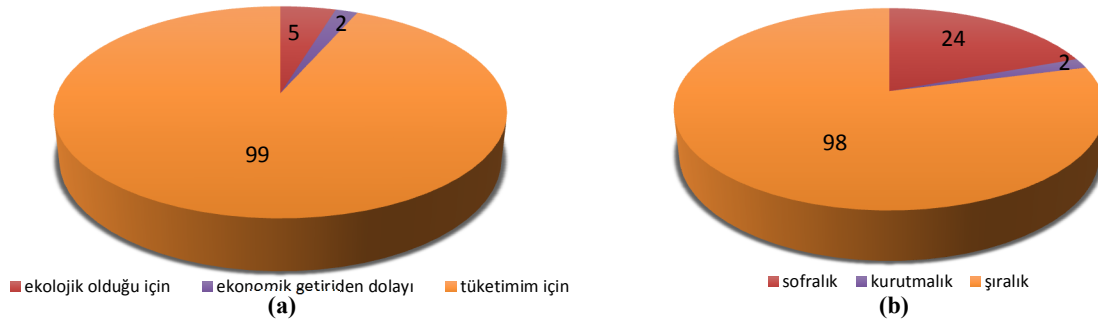
Üzüm üreticilerinin sahip oldukları toplam arazi varlığı içinde ne kadarında üzüm yetiştiriciliği yaptıkları incelenmiş, 0-10 da. arazisi olan üreticilerin tamamının sahip oldukları toplam arazilerinde üzüm yetiştiriciliği yaptıkları görülmüştür. 11-30 da. arazi varlığı olan üreticilerin %77,7'si 0-10 da. alanda üzüm yetiştiriciliği yaparken, %22,3'ü arazilerinin tamamında üzüm yetiştiriciliği yaptıklarını belirtmişlerdir. 31-50 da. araziye sahip olan üreticilerin %9,0'ı 0-10 da. üzüm yetiştiriciliği yaparken, %63,6'sı 11-30 da üzüm yetiştiriciliği yaptığını ve %27,4'ü ise arazilerinin tamamında üzüm yetiştiriciliği yaptıklarını belirtmişlerdir. 51-80 da arazisi olan yetiştiricilerin %60'ı 0-10 da arazide, %40'ı ise 11-30 da. alanda üzüm yetiştiriciliği yaparken, 81-100 da. arazisi olan yetiştiricilerin tamamının 0-10 da. alanda, 100 da ve üzeri arazisi olan yetiştiricilerin ise yaklaşık %44'ünün 0-10 da. ve %56'sının ise 11-30 da. alanda üzüm yetiştiriciliği yaptıkları saptanmıştır. Genel olarak yetiştiricilerin %75'i 0-10 da. alanda, %22'si 11-30 da ve %3'ü ise 31-50 da alanda üzüm yetiştiriciliği yaptıkları belirlenmiştir. Analiz sonuçlarına göre sahip olunan arazi alanı arttıkça (50 da ve üstü) üzüm yetiştiriciliği yapılan arazi büyüklüğü azalmaktadır. Yetiştiricilerin sahip oldukları arazilerin daha küçük kısmında bu üretimi gerçekleştirdikleri görülmektedir. 50 dekadardan fazla arazi büyüklüğünde üzüm yetiştiriciliği yapılmadığı çalışmamızın genel sonuçlarından biri olarak ortaya çıkmıştır (Çizelge 2).

### 3.6. Üzüm Üreticilerinin Bağcılık Yapma Nedenleri ve Üzümü Değerlendirme Şekli

Ankete katılan üreticilerin tamamı üzüm yetiştiriciliğini "şıralık" amacıyla yapmadıklarını, genel olarak şıralık (%98), sofralık (%24) ve kurutmalık (%) olarak yaptıklarını belirtmişlerdir. Üreticilerin üzüm yetiştiriciliği yapma nedenlerine bakıldığında büyük çoğunluğunun (%99,0) kendi tüketimi için bu işi yaptıkları sonucu ortaya çıkmıştır (Şekil 6).

Çizelge 2. Üreticilerin toplam arazi varlığı ve üzüm yetiştiriciliği yaptığı arazi varlığı (da)

Toplam arazi büyüklüğü (da)	Toplam üretici sayısı	Üzüm yetiştiriciliği yapılan arazi varlığı (da)						Toplam (oran)
		0-10		11-30		31-50		
		Adet	Oran	Adet	Oran	Adet	Oran	
0-10	36	36	100,0	0	0,0	0	0,0	100,0
11-30	36	28	77,7	8	22,3	0	0,0	100,0
31-50	11	1	9,0	7	63,6	3	27,4	100,0
51-80	5	3	60,0	2	40,0	0	0,0	100,0
81-100	3	3	100,0	0	0	0	0	100,0
100 ve üzeri	9	4	44,4	5	55,6	0	0	100,0
Toplam (Adet)	100	75		22		3		100,0



Şekil 6. a) Üreticilerin üzüm yetiştiriciliği yapma nedeni, b) Değerlendirme şekli (bu soruda birden fazla seçenek işaretlenmiştir)

### 3.7. Üzüm Üreticilerinin Üretim Yaptıkları Üzüm Çeşitleri ve Çeşitlere Ait Omca Sayıları

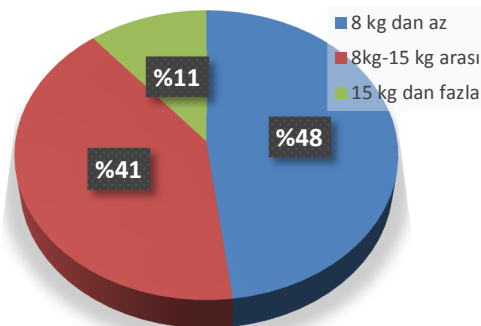
Üreticiler en fazla 3 üzüm çeşidi ile üretim yaptıklarını 1. çeşit grubunda; beyaz üzüm ve mazrone çeşitlerinin, 2. çeşit grubunda siyah üzüm, 3. çeşit grubu üretimde ise kırmızı üzüm ve temmuzi çeşitlerinin yoğun olarak tercih edildikleri görülmüştür. 1. çeşit üretimde beyaz üzüm çeşidini üreten yetiştirici oranı %95 ve mazrone çeşidini üreten yetiştirici oranı ise %5 olarak saptanmış olup, her iki çeşit içinde meyve vermeyen omca olmadığı ve meyve veren omca sayılarının ise grupsal olarak dağılımlarında 1. grup %26, 2. grup %41 ve 3. grup ise %33 olarak bulunmuştur (Çizelge 3).

Çizelge 3. Üreticilerin üretim yaptıkları çeşitler ve omca sayıları

Çeşit adı	Adet	Oran (%)
Beyaz üzüm	95	95,0
mazrone	5	5,0
Omca sayıları	Adet	Oran (%)
1. grup (250 omcadan az)	26	26,0
2. grup (250-500 omca arası)	41	41,0
3. grup (500 omca)'dan fazla	33	33,0
Toplam	100	100,0

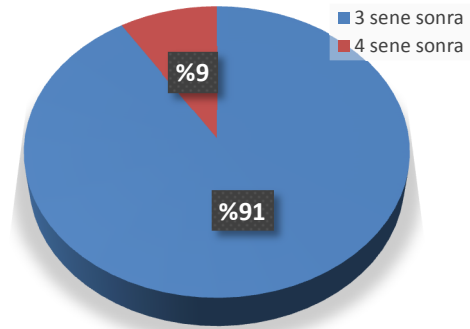
### 3.8. Omcaların Verime Yatma Yaşı ve Omca Başına Ortalama Verim

Üreticilerin verimlerinin 1 kg ile 30 kg arasında değişmekte olduğu görülmüş, alınan verim ortalama 9 kg olarak hesaplanmış ve verimler 3 gruba ayrılmıştır. 1. grupta (8 kg'dan az verim alan üreticiler), 2. grupta (8 kg-15 kg arası verim alan üreticiler) ve 3. grupta ise (15 kg'dan fazla verim alan üreticiler) yer almıştır. Analiz sonuçlarına göre üreticilerin %48'i 1. grupta, %41'i 2. grupta, %9'u ise 3. grupta toplanmıştır (Şekil 7).



Şekil 7. Omca başına ortalama verim (kg)

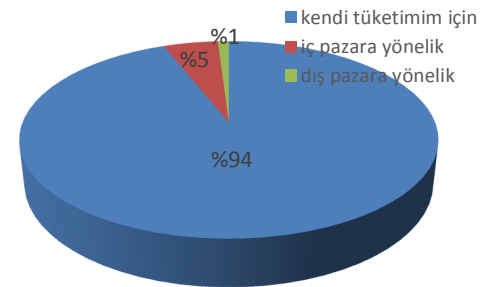
Ankete katılan üzüm üreticilerin %9,0'ı omcalarının dikimden 4 sene sonra meyveye yattığını, %91,0'ı 3 sene sonra, meyveye yattığını belirtmişlerdir (Şekil 8).



Şekil 8. Omcaların ilk verim yaşı

### 3.9. Üzümün Pazarlanması Şekli

Üreticilerin üzüm üretimini hangi amaçla yaptıkları sorulmuş, üreticilerin %94,0'ı kendi tüketimi için, %5,0'ı iç pazara yönelik üretim yaptıklarını belirtmişlerdir. Dış pazara yönelik amaçla üretim yapan üretici oranının %1,0 olduğu görülmüştür (Şekil 9).

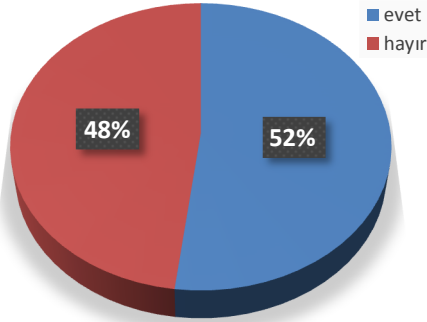


Şekil 9. Ankete katılan üreticilerin üzüm üretimi yapma amaçları

### 3.10. Üreticilerin İkinci Ürün Durumu

Ankete katılan üreticilere bahçelerinde 2. bir meyve üretimi yapıp yapmadıkları sorulmuş, 2. meyve üretimi yapan üreticilerin yetiştirmiş oldukları meyve çeşidi ve ağaç sayıları belirlenmeye çalışılmıştır. Üreticilerin %52,0'ı 2. bir meyve üretimi yaparken %48,0'ı 2. bir meyve üretimi yapmadıkları tespit edilmiştir (Şekil 10). 2. meyve üretimi yapan üreticilerin %13'ü armut, %33'ü badem, %3'ü ceviz ve %3'ü meşe ve kayısı meyvelerinin üretimini yaptıklarını belirtmişlerdir, Üreticilerin %5,7'sinin 2. meyve ağaç sayısı 50-100 ağaç arasında, %90,3'ünün 50 ağaçtan az ve %4,0'ının ise 100 ağaçtan fazla olduğu saptanmıştır.

Üreticilerin boş kalan arazilerini değerlendirme durumlarına bakıldığında bireylerin büyük kısmının (%72,0) arazisini boş bırakarak %23,0'ının arazilerini meyve üretimi yaparak ve %5,0'mın tarla bitkileri ekimi olarak değerlendirdikleri görülmüştür.



Şekil 10. Üzüm üreticilerinin ikinci bir meyve üretimi durumu

### 3.11. Bağ Alanlarının Tipi

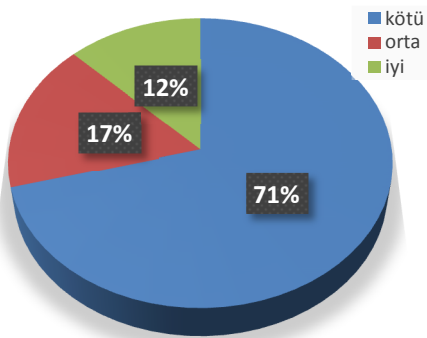
Üreticilerin %95'i kıraç arazide %5'i sulu arazide bağcılık yapmaktadır.

Üreticilerin tamamı yetiştiricilik yaparken belirli aşamalarda tarım il/ilçe müdürlükler veya herhangi bir kurumdan yardım almadığını belirtmişlerdir.

Üreticilerin bağcılık dışında hangi ürün çeşitlerini yetiştirdiklerine bakıldığında 1. ürün grubunda üreticilerin %81,25'i buğday üretimi yaptıklarını, 2. ürün grubunda %88,0'ı arpa üretimi gerçekleştirdiklerini belirtmişlerdir.

### 3.12. Bağların Terbiye Şekli ve Terbiye Şekillerinden Memnuniyet Durumu

Ankete katılan üreticilerin tamamı bağlarında “diğer” (Telli terbiye, çardak sistemi haricindeki terbiye sistemlerini ifade etmektedir) terbiye sistemini kullandıklarını ve bu terbiye sistemini tamamı “diğer nedenlerden dolayı tercih ettiklerini belirtmişlerdir. Üreticilerin %70,0'ı bağında kurduğu bu terbiye sisteminden “kötü” derecede memnun olduklarını söylemişlerdir (Şekil 11).



Şekil 11. Bağdaki terbiye sisteminden memnuniyet durumu

### 3.13. Üzüm Üreticilerinin Bazı İfadelere Katılma Durumu

Ankete katılan üreticilere bağcılıkla ilgili bazı ifadelere katılıp katılmama konusunda sorular sorulmuş, sonuçlar Çizelge 4'te verilmiştir. Üreticilerin %98,0'ı üzüm üretiminden iyi para kazanmadığını (ort:1,06), üzüm üretim tekniğini iyi bilme, bağcılık faaliyetinin işçilik gerektirdiğini ve daha fazla tarımsal bilginin üretimi arttıracığı konularına büyük oranda katıldıkları gözlemlenmiştir.

Çizelge 4. Üreticilerin bağcılıkla ilgili bazı konulardaki ifadelere katılma durumları

Faktörler	Oranlar (%)*						Ortalama	Standart sapma
	1	2	3	4	5	Toplam		
Üzüm üretiminde iyi para kazanmıyorum	98	-	-	2	-	100	1,06	0,422
Üzüm üretim tekniğini iyi biliyorum	-	-	10	20	70	100	4,60	0,667
Bağ yetiştirmek işçilik gerektiriyor	-	-	-	100	-	100	4,00	0,000
Alet ekipmanlarım yeterli	-	1	96	2	1	100	3,03	0,264
Daha fazla tarımsal bilgi üretimimi arttırır	-	-	-	-	100	100	5,00	0,000

\*1:"hiç katılmıyorum", 2:"katılıyorum", 3:"orta", 4: "katılıyorum", 5:"kesinlikle katılıyorum"

Yapılan analiz sonucunda ankete katılan üreticilerin tamamı kendi mülkü olan arazilerde üretimi gerçekleştirdiklerini belirtmişlerdir. Yine yetiştiricilerin tamamı köylerine ziraat mühendisinin gelmediğini belirtmişlerdir. Anket yapılan üreticilere “filoksera”yı duyup duymadıkları ve zararı hakkında sorulan soruya tamamı filokserayı duymadığını ve zararı hakkında da bilgileri olmadığını bildirmişlerdir. Yine analiz sonuçlarına göre üreticilerin tamamı “anaç kullanıyor musunuz “ sorusuna, aşılama ve yöntemi sorusuna “hayır” cevabını verirken, üreticilerin bilgilendirme seminerlerine olan ilgiside araştırılmış %52,0 oranında seminerde herhangi bir konu hakkında bilgi isteği olmadığı, en çok bilgi alınmak istenen konunun “hastalık”ve “ilaçlama” olduğu tespit edilmiştir.

### 4. Tartışma ve Sonuç

Anket yapılan üreticilerin %43,0'ı (40 ile 60 yaş arası) olarak tanımladığımız 2. grup ta yer aldıkları saptanmış, ankete katılan üreticilerin genel yaş ortalaması ise 50,7 olarak bulunmuştur. Yener ve Cebeci [15] tarafından yapılan çalışmada da üreticilerin %50,3'ü 41-60 yaş arası grupta yer almıştır, bu yönüyle çalışmamız bu araştırma ile benzer bir sonuç ortaya koymuştur. 11 Kızılaslan ve Somak [11] tarafından Tokat ili Erbaa ilçesinde yapılan çalışmada da üreticilerin yaş ortalaması 51,2; Çakır ve ark. [13] tarafından Diyarbakır ili Eğil ilçesinde yapılan çalışmada da bağcılık yapan yetiştiricilerin yaş ortalaması 50 olarak bulunmuştur. Ankete katılan üreticilerin eğitim durumları itibarı ile %26,0'mın ilkökul, %31,0'mın ise okumamış olduğu saptanmıştır. Analiz sonuçlarından üreticilerin eğitim seviyesinin çok düşük olduğu sonucu ortaya çıkmıştır. Yener ve ark. [16] tarafından yapılan çalışmada da bağcılıkla uğraşan üreticilerin eğitim seviyesinin düşük olduğu ortaya çıkmıştır (%4,6 okumamış, %70,7 ilkökul, %10,7 ortaokul, %13,8 lise). Yener ve Cebeci [15] tarafından yapılan diğer bir çalışmada da üreticilerin eğitim seviyesi düşük çıkmıştır (%60,0 ilkökul mezunu).

Üreticilerin tamamının kooperatif ya da birlik üyesi olmadıkları, %57,0'mın 20-45 yıl arasında üreticilik yaptıkları 45 yıldan fazla üreticilik yapanların oranı ise %18,0 olarak saptanmıştır. Cebeci ve ark. [17] tarafından yapılan çalışmada üreticilerin yaklaşık olarak %86,0' çeşitli kooperatif veya birliklere üye olduklarını belirtmişlerdir. Çalışmamızın dezavantajlı olduğu durum tarım politikalarının, yeni tarım tekniklerinin ve bilimsel araştırma sonuçlarının üreticiye ulaştırılması ve benimsetilmesinde etkin bir araç olarak kullanılan kooperatif ve birliklere üreticilerin üye olmaması sonucudur.

Yapılan analiz sonuçlarına göre üreticilerin arazi varlıklarının durumu arazi varlığı 51-80 da olan üretici oranı

%5,0; 11-30 da olan üretici oranı %36,0 ve 31-50 da olan üretici oranı %11,0 olarak hesaplanmıştır. Yener ve ark. [16] ve Cebeci ve ark. [17] tarafından yapılan çalışmada bağ alanlarının %52,0'ı 20 da altında olduğu sonucu bulunmuştur, bu yönüyle çalışmamız bu araştırmalar ile benzerlik göstermemektedir.

Ankete katılan üreticilerin %91,0'ı arazinin mülkiyetinin kendilerinin olduğunu, %3,0'ı kiralık olduğunu ve %6,0'ı ise araziye ortak olduklarını belirtmişlerdir. Üreticilerin %43,0'ının bahçe türü olarak karışık bahçe türüne sahip oldukları %57,0'ının ise kapama bahçe türüne sahip oldukları saptanmıştır. Ankete katılan üreticilerin %75,0'ı 0-10 da arazide, %22,0'ı 11-30 da arazide, %3,0'ı 31-50 da arazide üzüm yetiştiriciliği yaptıkları saptanmıştır. 50 dekaradan fazla arazi büyüklüğünde üzüm yetiştiriciliği yapılmadığı çalışmamızın genel sonuçlarından biri olarak ortaya çıkmıştır.

Ankete katılan üreticilerin tamamı üzüm yetiştiriciliğini "şaraplık" amacıyla yapmadıklarını, genel olarak sofralık (%24), kurutmalık (%2) ve şıralık (%98) olarak yaptıklarını belirtmişlerdir. Üreticilerin üzüm yetiştiriciliği yapma nedenlerine bakıldığında büyük çoğunluğunun (%99,0) kendi tüketimi için bu işi yaptıkları sonucu ortaya çıkmıştır. Cebeci ve ark. [17] tarafından yapılan çalışmada üreticiler üzüm yetiştiriciliğini %51,5 oranında kurutmalık amacı ile, Yener ve Cebeci [15]. (2013) tarafından yapılan çalışmada ise üreticilerin yaklaşık %60,0'ı sofralık amacıyla üzüm yetiştiriciliği yaptıklarını belirtmişlerdir. Çalışmamız bu sonucuyla diğer çalışmalardan farklı bir özellik ortaya koymaktadır.

Üreticilerin verimlerinin 1kg ile 30 kg arasında değişmekte olduğu görülmüş alınan verim ortalama 9 kg olarak hesaplanmış, analiz sonuçlarına göre üreticilerin %48,0'ı 1. grupta, %41,0'ı 2. grupta, %11'i ise 3. grupta toplanmıştır. Üreticilerin %95'i kıraç arazide %5'ı sulu arazide bağcılık yapmaktadır. Üreticilerin tamamı yetiştiricilik yaparken belirli aşamalarda tarım il/ilçe müdürlüklerinden yardım almadığını belirtmişlerdir. Ankete katılan üreticilerin tamamı bağlarında "diğer" terbiye sistemini kullandıklarını ve bu terbiye sistemini tamamı "diğer nedenlerden dolayı tercih ettiklerini belirtmişlerdir. Üreticilerin %70,0'ı bağında kurduğu bu terbiye sisteminden "kötü" derecede memnun olduklarını söylemişlerdir.

Sonuç olarak; Üreticilikle ilgilenen yetiştiricilerin eğitim seviyelerinin düşük, yaş düzeylerinin ise yüksek olduğu göz önünde bulundurularak, bölge bağcılığındaki temel sorunun eğitim ve dinamik bir işgücü eksikliği olduğu söylenebilir. Bu durumun ortadan kalkması için bölge halkının genç nüfusuna eğitim odaklı bağcılık fikri aşılmalı ve bağcılık faaliyetleri sevdirilerek bağcılık yaşının düşürülmesi hedeflenmelidir. Üzüm yetiştirme tekniklerindeki farklılıklardan dolayı yetiştirme amacının önceden belirlenmesi ve ona göre yetiştirme yapılması kaliteyi ve verimi artıracaktır. Yörede danışmanlık sistemi yaygınlaştırılmalı, iyi tarım uygulamaları ile daha sağlıklı ürün yetiştirilmesi özendirilmelidir. Özellikle üreticilerin organizasyon noktasında kooperatif veya birliklere üye olmaması tarımsal bilgi ve tekniklerden haberdar olunma noktasında ciddi bir sorundur. Yeni bilgi ve tekniklerden habersiz olarak yetiştirilen ürünlerin kalite ve standartları yakalaması güçleşmektedir. Bu durumun ortadan kaldırılması yönünde bölge üreticilerinin konuyla ilgili birliklere katılımı sağlanmalıdır.

## Kaynaklar

[1] Oraman, M. N. Arkeolojik Buluntuların Işığında Türkiye Bağcılığının Tarihçesi Üzerinde Araştırmalar-I. Ankara Ün. Ziraat Fak. Yılığ 15(2) 96-108 s, 1965.

- [2] Akşit, İ. Hititler. Türkiye'nin Tarih Hazinesi Orta Anadolu Uygarlığı, Sandoz yayınları:2, 160 s, 1981.
- [3] Winkler A. J., Cook, J. A., Kiewer, W.M. & Lider, L. A. General Viticulture, Univ. Calif. Press. Berkeley, Los Angeles. 1974.
- [4] Çelik, H., Ağaoğlu, Y. S., Fidan, Y., Maraslı, B. ve Söylemezoğlu, G. Genel Bağcılık. SUNFİDAN A.S., Mesleki Kitaplar Serisi:1. Fersa Matbaacılık San. ve Tic. Ltd. Sti. Ankara, 253 s, 1998.
- [5] Özden, M., Karipçin, M. Z. GAP Bağcılığının Üretim Boyutları ve Bugünkü Durumu. GAP V. Tarım Kongresi. 17-19 Ekim 2007, Şanlıurfa, 5-12 s, 2007.
- [6] Özdemir, G., Tangolar, S. Diyarbakır ve Adana Koşullarında Yetiştirilen Bazı Sofralık Üzüm Çeşitlerinde Fenolojik Devreler ile Etkili Sıcaklık Toplamı Değerleri ve Bazı Kalite Özelliklerinin Belirlenmesi. Türkiye VI. Bağcılık ve Şarapçılık Sempozyumu. 19-23 Eylül, Tekirdağ, Cilt 2:446-453 s, 2005.
- [7] Özdemir, S. Tangolar, S. Gürsöz, A. Çakır, S.G Tangolar, A.R. Öztürkmen. Effect of differen organic manure applications on grapevine nutrien values. Asian journal of chemistry 20(3) 1841 1847 s, 2008.
- [8] Güneş, T., Arıkan, R. Tarım Ekonomisi İstatistiği. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları: 1049, Ders Kitabı:305, 293 s, Ankara. 1988.
- [9] Newbold, P. Statistics for business and economics. Prentice Hall, New Jersey, USA. 1995.
- [10] Miran, B. Temel İstatistik, 137 s, İzmir. 2003.
- [11] Kızılaslan, N., Somak, E. Tokat İli Erbaa İlçesinde Bağcılık İşletmelerinde Tarımsal İlaç Kullanımında Üreticilerin Bilinç Düzeyi. Gaziosmanpaşa Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü. Gaziosmanpaşa Bilimsel Araştırma Dergisi. (4) 79-93 s, 2013.
- [12] Karakaya, E., Kızıloğlu, S. Küçükbaş Hayvancılık İşletmelerinin Örgütlenme Yapısı Bingöl İli Örneği. Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi 1(4) 552-560 s, 2014.
- [13] Çakır, A., Karakaya, E., Kuzu, K. Diyarbakır İli Eğil İlçesi Bağcılığının Mevcut Durumu, Sorunları ve Çözüm Önerileri. Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi 1(4) 490-500 s, 2014.
- [14] Çağlayan, L. İstatistik Analiz Ders Notları, Bornova (basılmamış). 1989.
- [15] Yener, H., Cebeci, N.A. Manisa ili Sarıgöl ilçesi bağ işletmelerinin yapısal özellikleri ve bazı kültürel işlemlerin uygulanma durumları üzerine bir araştırma. Ege Üniv. Ziraat Fak. Derg., 2013, 50 (2) 223-230 s, 2013.
- [16] Yener, H., Aydın, Ş. Cebeci, N. A. Alaşehir Yöresinde Bağ İşletmelerinin Yapısal Özellikleri ve Bazı Kültürel İşlemlerin Uygulanma Durumları Üzerine Bir Araştırma. C.B.Ü. Soma Meslek Yüksekokulu Teknik Bilimler Dergisi. (2)10. 2008.
- [17] Cebeci, N. A., Yener, H., Aydın, Ş. Alaşehir Yöresi Bağ İşletmelerinin Pazarlama ve Örgütlenme Durumu Üzerine Bir Araştırma. C.B.Ü. Soma Meslek Yüksekokulu Teknik Bilimler Dergisi. (2)13. 2010.





*Türk Doğa ve Fen Dergisi*  
*Turkish Journal of Nature and Science*

<http://www.bingol.edu.tr/dergiler/turk-doga-ve-fen-dergisi.aspx>



## Sürtünme Kaynak Yöntemi ile Birleştirilmiş AISI 4340 Çeliğinin Mikroyapı ve Mekanik Özellikleri

Nida KATI<sup>\*1</sup>, Sermin OZAN<sup>1</sup>

Bu çalışma “Sürtünme Kaynak Yöntemi İle Birleştirilmiş AISI 4340/ AISI 420 Çelik Çiftinin Burulma Davranışının İncelenmesi” adlı doktora tezinin bir bölümüdür.

### Özet

Bu çalışmada, takım endüstrisinde ve makine imalat parçalarında yaygın olarak kullanılan, ıslah çelik grubundan AISI 4340 çelik çifti sürtünme kaynak yöntemi ile alın kaynak pozisyonunda, farklı devir sayılarında birleştirilmiştir. Kaynak esnasında sürtünme basıncı, sürtünme süresi, yığma basıncı ve yığma süresi gibi parametreler sabit tutulmuştur. Sürtünme kaynak işleminden sonra devir sayısının mikroyapı üzerindeki etkilerini incelemek amacı ile numunelerin kaynak ara yüzeylerinden SEM fotoğrafları alınmış ve EDX analizleri yapılmıştır. Kaynak sırasında meydana gelen fazların tespiti için ise X-Ray analizi yapılmıştır. Daha sonra, numuneler kaynaktan sonraki mukavemetlerini belirlemek amacı ile çekme deneyine tabi tutulmuşlardır. Yapılan çalışma sonucunda, AISI 4340 çeliği sürtünme kaynak yöntemi ile sorunsuz bir şekilde birleştirilmiş ve devir sayısı arttıkça bağlantı kalitesi artmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** AISI 4340, sürtünme kaynağı, mikroyapı, mekanik özellik

## Investigation of the Relationship Between the Various Weight Measurement in the Japanese Quail

### Abstract

In this study, AISI 4340 tempered steel couple that are widely used in tool industry and in machine manufacturing parts joined by friction welding at different rotational speeds. During welding, parameters such as friction pressure, friction time, forging pressure and forging time were kept constant. After the friction welding process, SEM photographs have been taken from source interface of samples in order to investigate the effects on the microstructure of rotational speed and EDX analysis was carried. X-ray analysis was carried for the detection of phase that occurred during welding. Then, the samples were subjected to tensile tests with the purpose to determine the strength after the welding. As a result of the study, AISI 4340 steel were can be welded without a problem by friction welding and link quality has increased as increasing rotational speeds.

**Keywords:** AISI 4340, friction welding, microstructure, mechanical properties

### 1. Giriş

Ergitme kaynak yöntemlerinin cüruf kalıntısı, porozite gibi kaynak hatalarına açık bir yöntem olması ve soğuma nedenli makro düzeyde iç gerilmelerin oluşması bu yöntemlerin önemli dezavantajları olup, kaynağın mukavemetini düşürmektedir. Bu sebeple farklı bileşimdeki malzemelerin birleştirilmesinde eğer boyutları ve şekilleri müsaade ediyorsa, bir ergitme olayının olmaması ya da sınırlı olması, çok daha az kaynak hatası içermesi ve kaynak sonrası minimum iç gerilmelere sahip olması nedenleriyle katı hal kaynak yöntemleri, ergitme kaynağı yöntemlerine büyük üstünlük sağlamaktadır [1]. Bu katı hal kaynak yöntemlerinden en önemlisi ve uygulanabilirliği en fazla

olan sürtünme kaynağı yöntemi ile ilgili çalışmalar, değişik malzeme ve parametrelere göre, birçok bilim adamı tarafından gerçekleştirilmiştir [2].

Sürtünme kaynağı elektriksel enerji veya diğer enerji kaynaklarından yararlanmaksızın, çalışma parçalarının ara yüzeylerinde mekanik olarak oluşturulan sürtünme yoluyla üretilen mekanik enerjinin termal enerjiye dönüştürülmesiyle elde edilen ısıdan yararlanılarak yapılan bir katı hal kaynak tekniğidir [3].

Sürtünme kaynağı, kontrolü gereken oldukça fazla sayıda parametre içermektedir. Bu yöntemle ilgili değişkenler devir sayısı, sürtünme basıncı, yığma basıncı, sürtünme süresi, frenleme süresi, yığma geciktirme süresi ve yığma süresidir. Bunun dışında numune geometrisi ve numunenin yapıldığı malzemeden kaynaklanan diğer parametreler de söz konusudur. Ancak yapılan çalışmalar

<sup>1</sup>Firat Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü, Elazığ, TÜRKİYE

\*Sorumlu yazar eposta: nkati@firat.edu.tr

yöntem üzerinde en etkili olan ve optimizasyonu gereken parametrelerin devir sayısı, sürtünme basıncı, sürtünme süresi, yığma basıncı ve yığma süresi olduğunu göstermiştir [4,5].

Sürtünme kaynak yönteminin kullanıldığı birçok alan bulunmaktadır. Bu alanların başında makine imalatı, otomotiv endüstrisi, havacılık ve uzay tekniği, iş takım endüstrisi ve elektronik ve elektroteknik endüstrisi gelmektedir [6].

İslah çelikleri, kimyasal bileşimleri özellikle karbon miktarı bakımından, sertleştirilmeye elverişli olan ve ıslah işlemi sonunda belirli bir çekme dayanımında yüksek tokluk özelliği gösteren, alaşimsız ve alaşımli makine imalat çelikleridir. İslah işlemi, sonuçta çelik parçaya yüksek tokluk özelliğinin kazandırılacağı önce bir sertleştirme ve arkasından menevişleme işlemlerinin bütünü olarak tarif edilir. İslah çelikleri, ıslah işlemi sonunda kazandıkları üstün mekanik özelliklerinden dolayı, çeşitli makine ve motor parçaları, dövme parçaları; çeşitli civata, somun ve saplamalar, krank milleri, akslar, kumanda ve tahrik parçaları, piston kolları, çeşitli miller, dişliler gibi parçaların imalinde olmak üzere geniş bir alanda kullanılır. Bu sebepten, ıslah çelikleri inşaat ve alaşimsız çeliklerden sonra, en yüksek oranda üretilen ve kullanılan çelik türüdür [7].

P.sathiya vd. çalışmalarında ferritik ve östenitik paslanmaz çelikleri sürekli tahrikli sürtünme kaynak yöntemi ile birleştirmişlerdir ve bu bağlantıların mikroyapılarını ve mekanik karakteristiklerini inceleyerek, ergitme kaynağı ile meydana gelen problemlerin katı hal kaynak yöntemi ile minimize edildiğini ve bu sebeple ergitme kaynağından daha iyi mekanik ve metalürjik karakteristiğe sahip olduğunu belirtmişlerdir [8].

N. Özdemir ve arkadaşları yaptıkları çalışmada AISI 304L ve AISI 4340 çeliğinin sürtünme kaynağı ile birleştirilmesinde arayüzey özelliklerine devir sayısının etkilerini incelemişlerdir ve plastik deformasyon bölgesinin genişliğinin kaynaklı numunelerin çekme kuvvetinde önemli bir etkiye sahip olduğunu ve devir sayısının artması ile çekme kuvvetinin artacağını vurgulamışlardır [9].

N. Özdemir yaptığı çalışmada AISI 304L ve AISI 4340 çelik çiftini farklı devir sayılarında sürtünme kaynak yöntemi ile birleştirerek bu malzeme çiftinin kaynak sonrası mekanik özelliklerini incelemiştir. Sonuç olarak yüksek dönme hızı ve daha kısa sürtünme süresi kullanıldıkça bu numunelerin çekme mukavemetinin arttığını belirlemiştir ve yeterli mukavemete sahip bir kaynak elde edebilmek için devir sayısı, sürtünme basıncı ve yığma basıncının mümkün olduğu kadar yüksek olmalıyken sürtünme süresinin mümkün olduğu kadar düşük olması gerektiğini gözlemlemiştir [10].

## 2. Materyal ve Metot

Çalışmada AISI 4340 kalite ıslah çelik çifti sürtünme kaynak yöntemi ile alın kaynak pozisyonunda birleştirilmiştir. Kullanılan çeliğin kimyasal kompozisyonun belirlenmesi amacı ile çeliğe spektral analiz yapılmıştır. Bu analiz sonucundan elde edilen veriler Çizelge 1’de gösterilmiştir.

**Çizelge 1.** AISI 4340 çeliğinin kimyasal kompozisyonu

Malzeme	Alaşım Elementi (% wt)							
	C	Mn	Si	P	S	Cr	Mo	Ni
AISI 4340	0,4	0,8	0,3	0,035	0,04	0,9	0,3	2

Spektral analizi yapılan malzeme torna tezgâhında 25 mm çapında ve 90 mm boyunda hazırlanarak sürtünme kaynağına uygun hale getirilmiştir. Daha sonra sürekli tahrikli sürtünme kaynak makinesinde 700, 1000 ve 1300 dev/dk olmak üzere üç farklı devirde kaynak işlemleri gerçekleştirilmiştir.

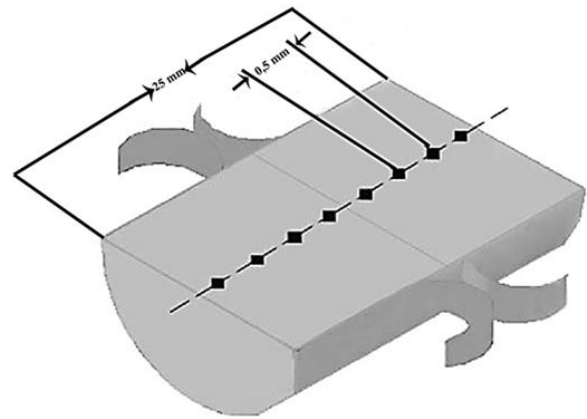
Sürtünme kaynak işlemi sırasında kullanılan parametreler Çizelge 2’de verilmiştir. Kaynak esnasında sürtünme basıncı, sürtünme süresi, yığma basıncı ve yığma süresi gibi parametreler sabit tutulmuştur.

**Çizelge 2.** Sürtünme kaynağında kullanılan parametreler

Numuneler	Devir Sayısı (dev/dk)	Sürtünme Süresi (s)	Sürtünme Basıncı (MPa)	Yığma Süresi (s)	Yığma Basıncı (MPa)
N1	700	10	50	6	60
N2	1000	10	50	6	60
N3	1300	10	50	6	60

Sürtünme kaynak işleminden sonra numunelerin mikroyapıları incelenmiş, mikrosertlikleri alınmış ve numuneler çekme deneyine tabi tutulmuşlardır. Kaynaklı bağlantıların birleşme arayüzeyinde meydana gelen değişimlerin incelenmesi amacı ile numuneler birleşme hattına dik doğrultuda kesilerek, metalografik olarak hazırlanmış ve Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) ile mikroyapıları incelenmiştir. Daha sonra ise, aynı cihaz yardımı ile kaynak bölgesinde ve kaynağa yakın bölgelerde oluşan fazların kimyasal içerikleri Enerji Dağılım Spektrometresi (EDS) analizleri ile tespit edilmiştir. Aynı numunelerin bağlantı bölgelerinde meydana gelen fazların tespiti için ise kaynaklı bağlantılara X-ray analizi yapılmıştır.

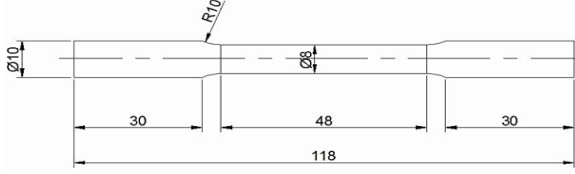
Numunelerde meydana gelen sertlik değişimlerini incelemek amacı ile mikrosertlik ölçümleri yapılmıştır. Mikrosertlik ölçümleri EMCOTEST DuraScan marka mikrosertlik cihazı ile 1 N yük uygulanarak, 10 sn’ lik yükleme hızında, numunelerin tam orta ekseninden ve kaynak kesitine dik olacak şekilde bir hat üzerinden 0,5 mm aralıklarla gerçekleştirilmiştir Şekil 1’de mikrosertlik ölçümü yapılan noktalar şematik olarak gösterilmiştir.



**Şekil 1.** Mikrosertlik ölçümü yapılan noktaların şematik gösterimi

Sürtünme kaynağı yapılmış numunelere çekme testi uygulamak amacı ile kaynak yapılmış numuneler universal torna tezgâhında soğutma sıvısı kullanılarak hassas bir şekilde işlenmiş ve TS 138’e uygun ölçülere getirilmiştir. Numuneler 10 mm çapında ve 118 mm boyunda silindirik olarak hazırlanmıştır. Deney numunelerine ait ölçüler Şekil 2’de gösterilmektedir.

Sürtünme kaynağı yapılmış numunelerin çekme deneyleri *SHIMADZU AG-X 50 KN* marka çekme cihazı ile 50.000 N yük altında ve 1mm/dk çekme hızında standartlara uygun olarak yapılmıştır.



Şekil 2. Çekme deney numunelerine ait ölçüler

### 3. Bulgular ve Tartışma

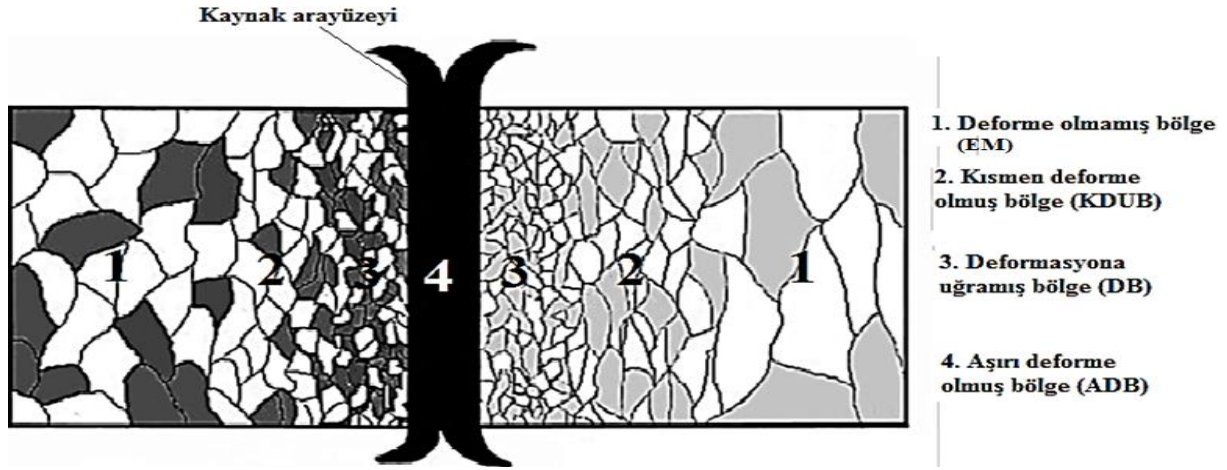
#### 3.1. Mikroyapı Sonuçları

Sürtünme kaynak yönteminde, kaynak sonrası birleşme arayüzünde meydana gelen yapısal değişim bazı araştırmacılar tarafından üç farklı bölgeye ayrılarak incelenmiştir. Bu bölgeler Şekil 3'de gösterildiği gibi; esas malzeme (EM), deformasyon bölgesi (DB), kısmen

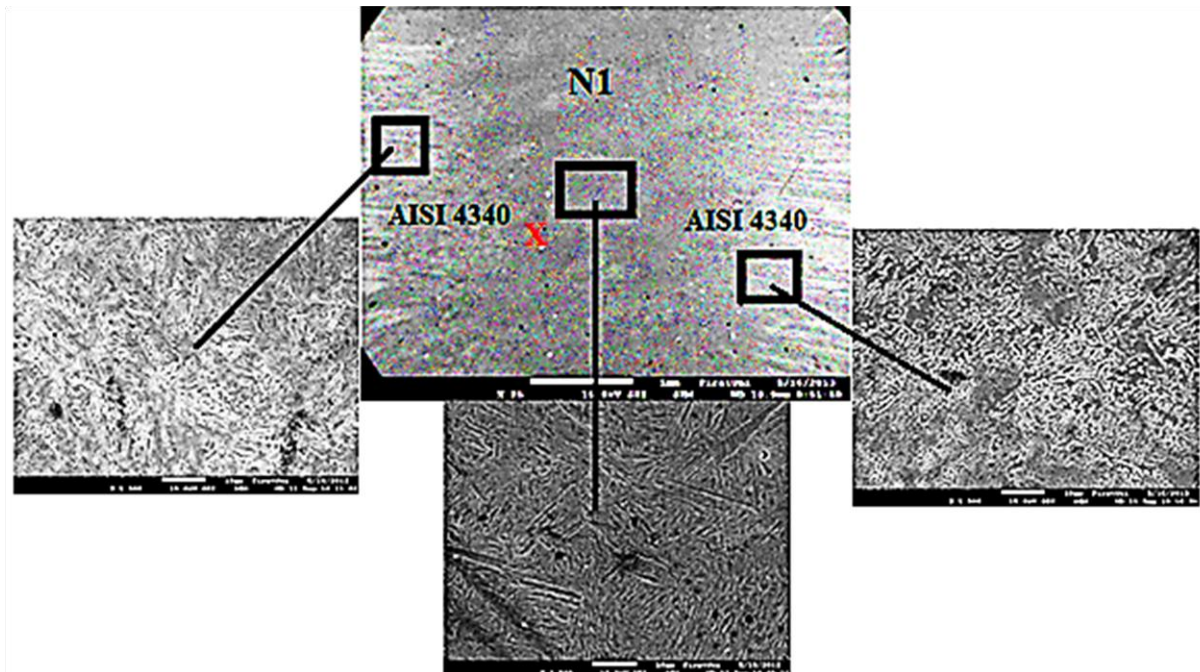
dönüşüme uğramış bölge (KDUB), olarak isimlendirilmektedir. Bununla birlikte deformasyon bölgesi (DB), içinde kalan, ancak yapısal olarak farklılık gösteren aşırı deforme olmuş bölgenin (ADB) varlığı yapılan detaylı SEM çalışması ile belirlenmiştir. Aşırı deforme olmuş bölgenin deformasyon bölgesinin dışında, ilave bir bölge olarak kabul edilmesi ile yapı dört farklı bölüm olarak belirlenmiş ve incelenmiştir. Tanımlanan bu dört bölgenin boyutlarının, işlem parametrelerine bağlı olarak değişim gösterdiği literatürde vurgulanmaktadır [10,11].

700 dev/dk devir sayısı ile birleştirme işleminin gerçekleştirildiği kaynaklı bağlantının arayüzeyinden alınan SEM fotoğrafları Şekil 4'de verilmiştir. Bu fotoğraflar incelendiğinde, birleşme arayüzeyinde herhangi bir boşluğa, çatlığa ve bağlantısız bölgeye rastlanmamıştır. Bağlantı bölgesinde sürtünmenin etkisiyle oluşan ADB (Aşırı deforme olmuş bölge) ve bu bölgenin bitişiğinde kısmen taneleri yönelmiş DB mevcuttur.

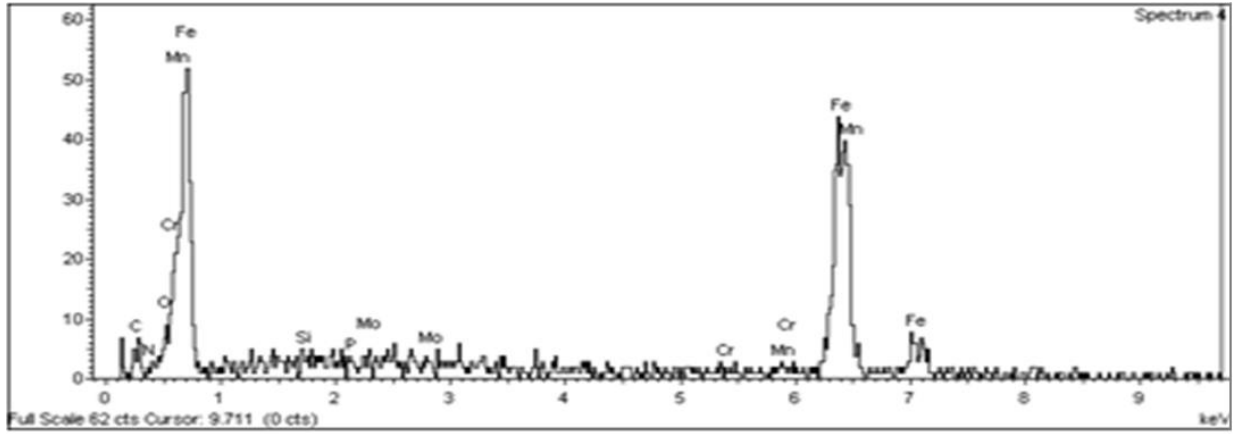
700 dev/dk devir sayısı ile birleştirilen N1 numunesinin kaynak arayüzeyinde X bölgesinden alınan analiz sonucu ise Şekil 5'de verilmiştir. Bu sonuç incelendiğinde ise Fe ve Ni oranlarının yüksek çıktığı, görülmüştür.



Şekil 3. Sürtünme kaynaklı numunelerin mikroyapı değişimi



Şekil 4. N1 no'lu numunenin arayüzey SEM görüntüleri



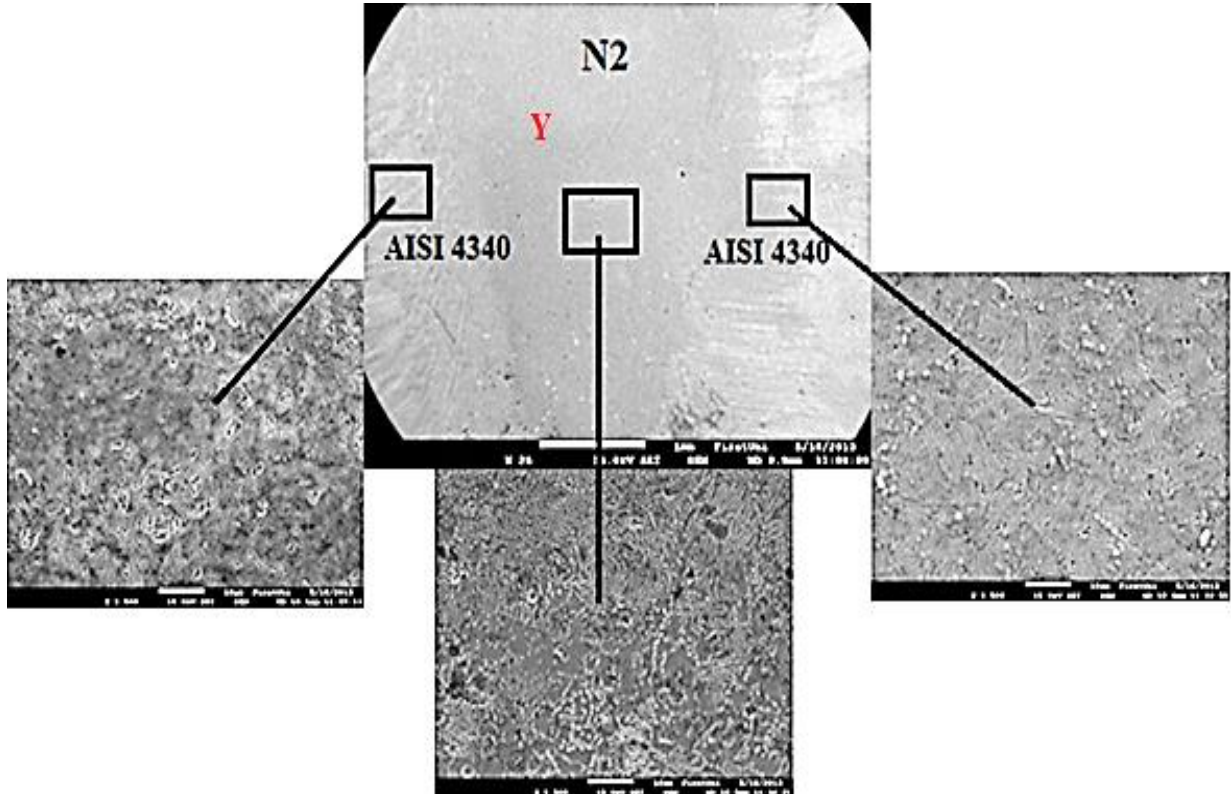
Element	App Conc.	Intensity Corr.	Weight %	Weight % Sigma	Atomic %
C	68.65	0.8591	44.94	2.17	71.15
N	2.83	0.1634	9.73	2.53	13.22
O	0.39	0.7116	0.31	1.81	0.36
Si	0.14	0.9064	0.09	0.23	0.06
P	0.04	1.3241	0.02	0.27	0.01
Cr	0.00	1.0156	0.00	0.43	0.00
Mn	1.86	0.8307	1.26	0.71	0.44
Fe	64.35	0.8429	42.94	2.31	14.62
Mo	0.99	0.7692	0.72	0.81	0.14
<b>TOTALS</b>			<b>100.00</b>		

Şekil 5. N1 no'lu numunenin X noktasından alınan EDS analizi

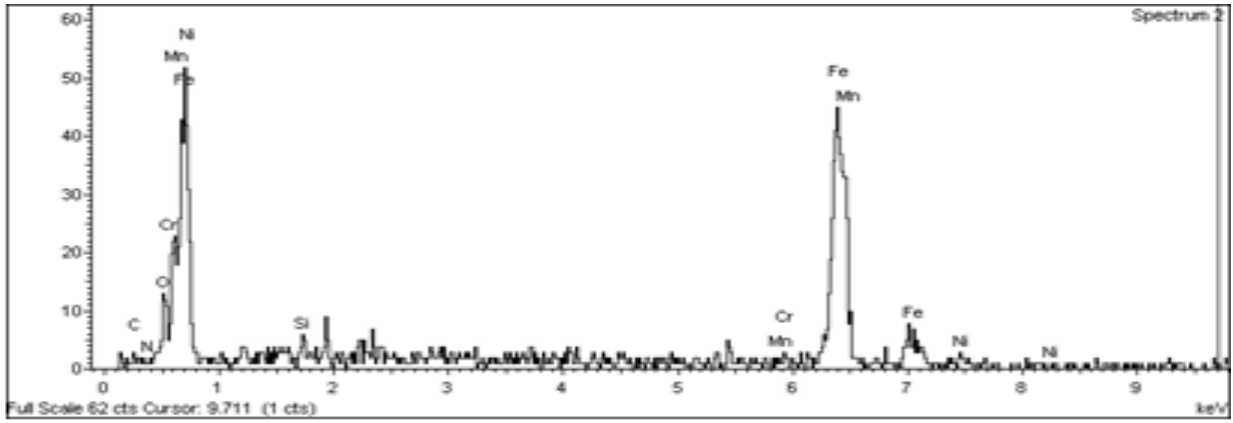
1000 dev/dk devir sayısı ile birleştirme işleminin gerçekleştirildiği kaynaklı bağlantının arayüzeyinden alınan SEM fotoğrafları Şekil 6'da verilmiştir. Bu fotoğraflar incelendiğinde, yine N1 numunesinde olduğu gibi birleşme arayüzeyinde çatlak, boşluk ve bağlantısız bölge görülmemiştir. Bağlantı bölgesinde oldukça geniş bir aşırı deformasyon bölgesine rastlanmıştır. Bu durum devir sayısının artması ile birlikte kaynak arayüzeyinde ısı

miktarının artmasından dolayı daha fazla malzemenin deforme olmasına bağlanmıştır. KDUB'de basıncın ve sürtünmenin etkisiyle tanelerin bağlantı doğrultusuna paralel olarak yönlendiği görülmüştür.

Şekil 7'deki kaynak arayüzeyinde Y noktasından alınan EDS sonuçları incelendiğinde Fe, C ve Ni elementlerinin oranlarının yüksek çıktığı görülmüştür.



Şekil 6. N2 no'lu numunenin arayüzey SEM görüntüleri



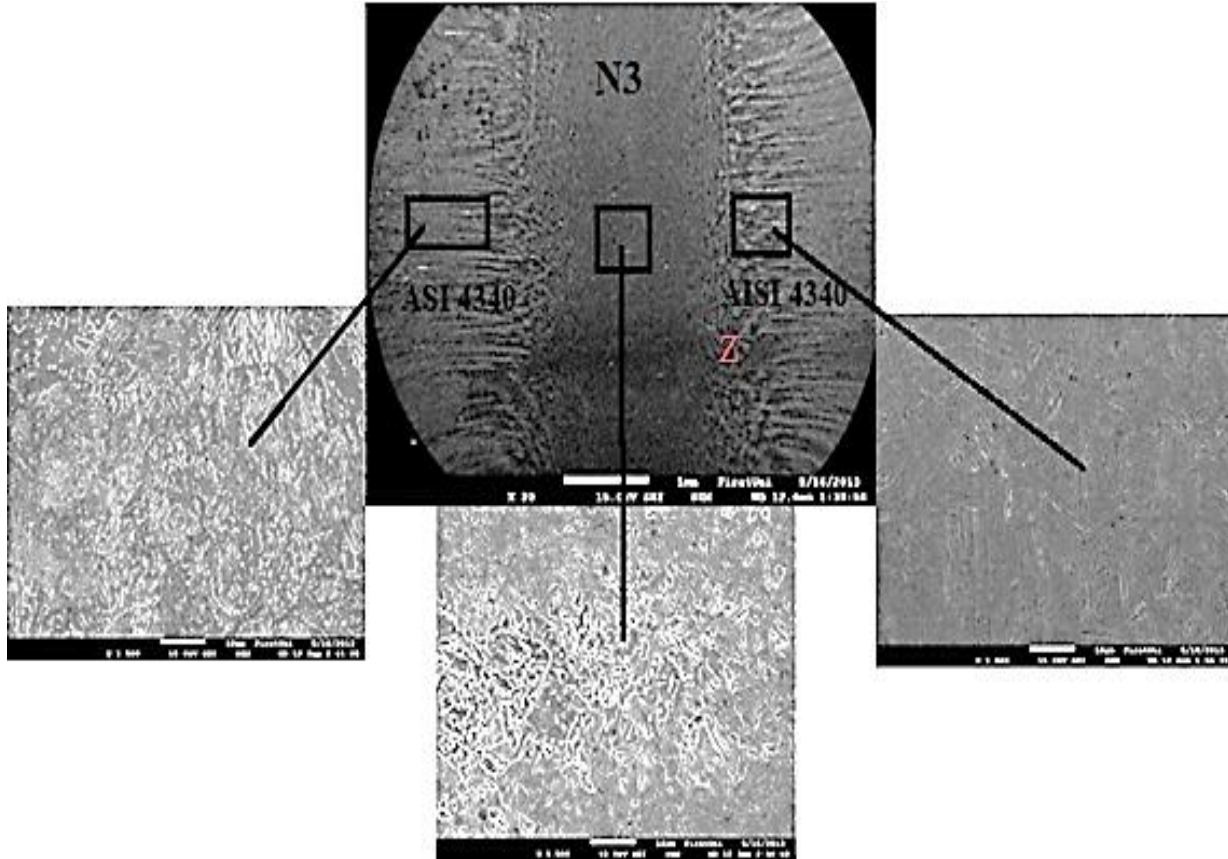
Element	App Conc.	Intensity Corn.	Weight %	Weight % Sigma	Atomic %
C	79.23	0.8515	47.50	2.11	75.80
N	1.21	0.1568	3.94	2.61	5.39
O	3.74	0.7796	2.45	1.51	2.94
Si	0.29	0.8977	0.17	0.23	0.11
Cr	0.14	1.0249	0.07	0.41	0.03
Fe	73.46	0.8474	44.27	2.13	15.19
Ni	2.82	0.8191	1.76	0.86	0.57
<b>TOTALS</b>			<b>100.00</b>		

Şekil 7. N2 no'lu numunenin Y noktasından alınan EDS analizi

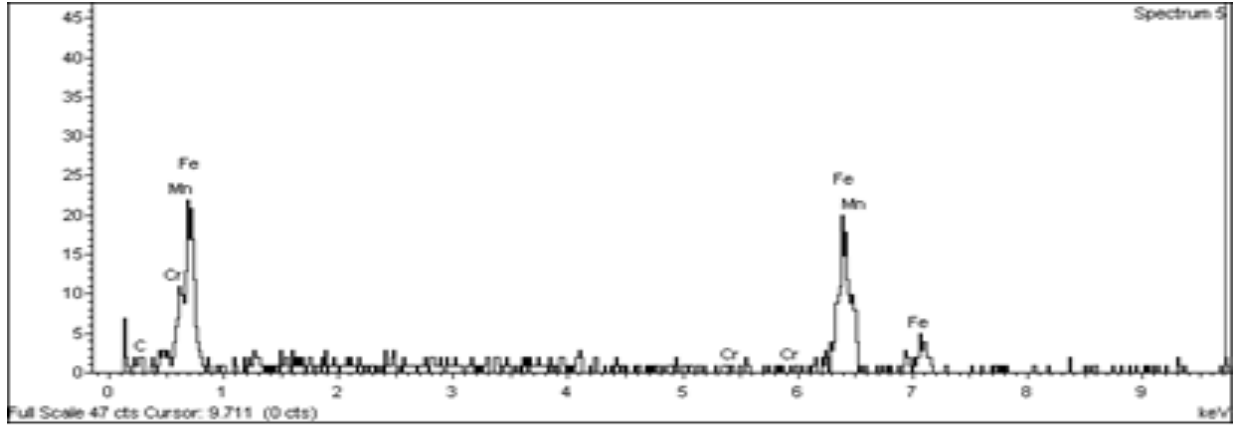
1300 dev/dk devir sayısı ile birleştirme işleminin gerçekleştirildiği kaynaklı bağlantının arayüzeyinden alınan Şekil 8'deki SEM fotoğrafları incelendiğinde, birleşme arayüzeyinde herhangi bir boşluğa, çatlığa ve bağlantısız bölgeye rastlanmamıştır. Birleşme arayüzeyinin tüm birleşme hattı boyunca aynı genişlikte olduğu görülmüştür. Bu eşit genişlikteki arayüzeyin bağlantının kalitesini arttırdığı düşünülmektedir. Deformasyona uğramış bölgede

esas malzemeye oranla daha küçük tane boyutuna sahip bir içyapı görülmektedir. KDUB'deki tanelerin bir miktar birleşme arayüzeyine paralel doğrultuda yönlendiği görülmektedir.

Şekil 9'daki kaynak arayüzeyinde Z noktasından alınan EDS sonuçları incelendiğinde ise Fe, C ve Mn elementlerinin oranlarının yüksek çıktığı görülmüştür.



Şekil 8. N3 no'lu numunenin arayüzey SEM görüntüleri

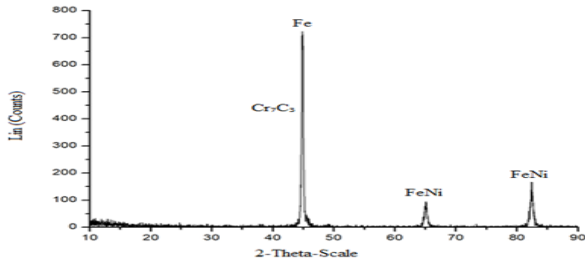


Element	App Conc.	Intensity Corn.	Weight %	Weight % Sigma	Atomic %
C	43.96	0.7654	42.16	2.97	77.22
Cr	0.07	1.0799	0.05	1.01	0.02
Mn	0.43	0.8603	0.37	1.56	0.15
Fe	68.34	0.8737	57.42	3.07	22.62
<b>TOTALS</b>			<b>100.00</b>		

Şekil 9. N3 no'lu numunenin Z noktasından alınan EDS analizi

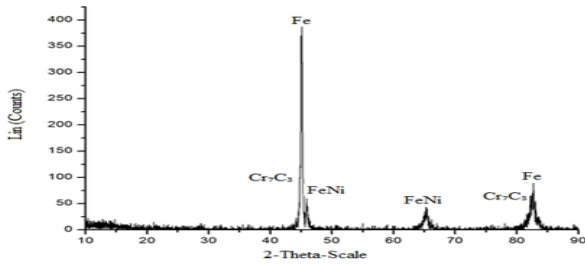
### 3.2. XRD Sonuçları

700 dev/dk devir sayısı ile sürtünme kaynak işleminin gerçekleştirildiği N1 numunesine ait XRD grafiği Şekil 10'da verilmiştir. Bu grafik incelendiğinde malzemede sıcaklığın etkisi ile oluşan  $Cr_7C_3$  ve FeNi bileşiklerini tespit edilmiştir.



Şekil 10. N1 no'lu numunenin X-Işını analiz grafiği

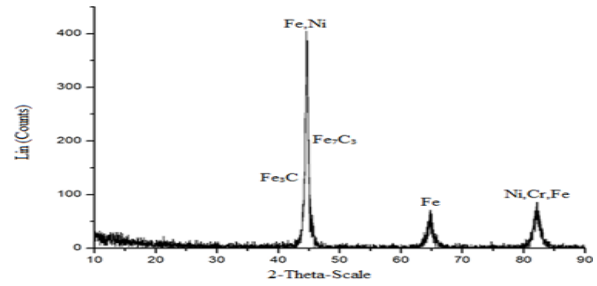
1000 dev/dk devir sayısı ile sürtünme kaynak işleminin gerçekleştirildiği N2 numunesine ait XRD grafiği Şekil 11'de verilmiştir. Bu grafik incelendiğinde, N2 numunesinde N1 numunesinden daha fazla miktarda  $Cr_7C_3$  ve FeNi bileşiklerinin oluştuğu tespit edilmiştir bu durum devir sayısının artması ile birlikte malzemedeki ısı girdisinin artmasına bağlıdır.



Şekil 11. N2 no'lu numunenin X-Işını analiz grafiği

1300 dev/dk devir sayısı ile sürtünme kaynak işleminin gerçekleştirildiği N3 numunesine ait XRD grafiği Şekil 12'de verilmiştir. Bu grafik incelendiğinde, yine ısının tesiri

altındaki bölgede  $Fe_3C$  ve  $Fe_7C_3$  bileşiklerinin oluştuğu tespit edilmiştir.



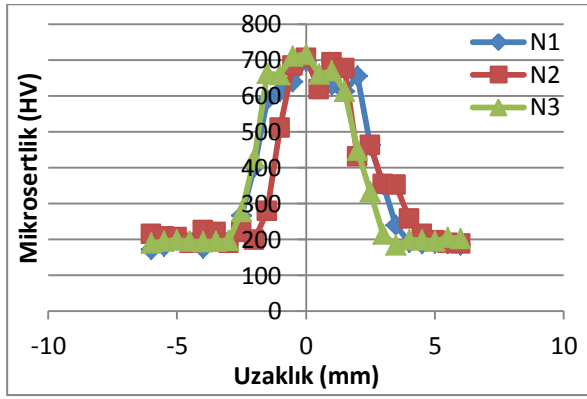
Şekil 12. N3 no'lu numunenin X-Işını analiz grafiği

### 3.3. Mikrosertlik Sonuçları

Farklı devir sayılarında birleştirilen N1, N2 ve N3 numunelerine ait mikrosertlik grafiği Şekil 13'de gösterilmiştir. Bu kaynaklı bağlantılara ait sertlik dağılımları incelendiğinde her üç numunede de benzer bir dağılım olduğu görülmektedir. AISI 4340 çeliğinin ortalama sertlik değerinin 201 vickers olduğu yapılan ölçümlerle belirlenmiştir. Farklı devirlerde birleştirilen bu numune gruplarına bakıldığında kaynak ara yüzeyinde sertlik değerleri maksimum noktadır. Kaynak arayüzeyinden esas malzemeye yaklaştıkça sertlik değerleri düşmüş ve esas malzemenin sertlik değerine yakın sonuçlar elde edilmiştir.

700 dev/dk devir sayısında birleştirilen N1 numunesinin kaynak arayüzeyinde maksimum sertlik değeri 696 vickers, 1000 dev/dk devir sayısı ile birleştirilen N2 numunesinin kaynak arayüzeyinde maksimum sertlik değeri 706 vickers ve 1300 dev/dk devir sayısı ile birleştirilen N3 numunesinin kaynak arayüzeyindeki maksimum sertlik değeri ise 716 vickers olarak ölçülmüştür.

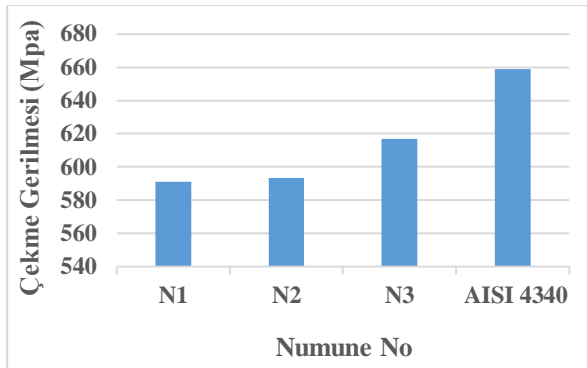
Kaynaklı numunede bağlantının merkezi en geç soğuyan bölgedir bu nedenle bu bölgede atomik hareketlilik daha uzun süre devam ettiğinden en yüksek mikrosertlik değeri bu bölgede görülmektedir. Sertlik değerindeki değişim element geçişine, karbür oluşumuna ve plastik şekil değiştirmenin etkilerine bağlanabilir. Devir sayısının artması ile birlikte birleşme ara yüzeyinde daha yüksek sıcaklıklara çıktığından element geçişinin ve bileşik oluşumunun arttığı düşünülmektedir.



Şekil 13. N1, N2 ve N3 numunelerine ait mikrosertlik grafiği

### 3.4. Çekme Sonuçları

AISI 4340/AISI 4340 çelik malzeme çifti sürtünme kaynak yöntemi ile birleştirildikten sonra yapılan çekme işlemleri incelenmiş ve devir sayısının çekme dayanımı üzerindeki etkileri tespit edilmeye çalışılmıştır. İncelemeler sonucunda artan devir sayısına paralel olarak numunelerin çekme gerilmeleri değerlerinde bir artış gözlenmiştir (Şekil 14). Bu durumun sebebi, devir sayısındaki artışa bağlı olarak sıcaklığın artması ve bu sıcaklık artışının etkisiyle malzemenin plastik deformasyon miktarının da artmasıdır. Ayrıca artan devir sayısı ile birlikte arayüzeyden sıcaklığın etkisi ile daha fazla miktarda malzeme dışarı atıldığından malzemenin mukavemetini düşürecek bileşikler de dışarı atılmış olur. Bu nedenlerden dolayı en düşük çekme gerilmesi değeri 700 dev/dk devir sayısı ile N1 numunesinde görülmüştür. Kaynaklı numunelerin hepsinin çekme deneyinin sonucunda kaynağın dışındaki bir bölgeden yani esas malzemeden koptuğu görülmüştür.



Şekil 14. N1, N2 ve N3 numunelerine ait çekme grafiği

## 4. Sonuçlar

Çalışmada ıslah çelik grubundan AISI 4340 çeliği sürtünme kaynak yöntemi ile problemsiz bir şekilde kaynatılmıştır ve piyasada yaygın olarak kullanılan bu çelik grubunun ergitme kaynak yöntemleri ile birleştirildiğinde meydana gelen kaynak hatalarının en aza indirilmesi için sürtünme kaynak yöntemi ile birleştirilmesi gerekir. Böylece minimum kaynak hatası içeren daha kaliteli bağlantılar elde edilebilir.

Kaynaklı bağlantıların mikroyapı SEM fotoğrafları incelendiğinde birleşmemiş bölgelere rastlanmamıştır ve devir sayısı arttıkça deformasyon bölgesinde bir genişleme meydana geldiği gözlenmiştir. Bu genişleme, artan devir sayısı ile birlikte açığa çıkan ısı miktarının artmasına bağlanmıştır.

Numunelerin EDS analiz sonuçlarından Fe, C ve Ni elementlerinin değerleri yüksek çıkmıştır ve yapılan X-Ray analizleri ile de kaynak arayüzeyinde sıcaklığın artması ile birlikte  $Fe_3C$ ,  $Fe_7C_3$ ,  $Cr_7C_3$  ve  $FeNi$  bileşiklerinin oluştuğu tespit edilmiştir.

Mikrosertlik testi sonuçlarına göre N1, N2 ve N3 numunelerinde ana malzemeden kaynak ara yüzeyine yaklaştıkça sertlik değerinin arttığı görülmüştür. Sürtünme kaynağı sırasında devir sayısının artmasıyla birlikte kaynak ara yüzeyindeki sertlik değerinin arttığı ve maksimum sertlik değerine, 1300 dev/dk devir de birleştirilen N3 numunesinde ulaşıldığı görülmüştür. Bu durum devir sayısının artması ile birlikte birleşme ara yüzeyinde daha yüksek sıcaklıklara çıktığından element geçişine ve X-Ray analizi sonucunda belirlenmiş olan bileşiklere bağlanmıştır.

Çekme deneyi sonuçlarına göre, sürtünme kaynağı esnasında devir sayısının artırılmasıyla numunelerin çekme gerilmelerinde artış olduğu gözlenmiştir. Bu durum devir sayısının artması ile kaynaklı bağlantının mukavemetini olumsuz etkileyecek yapıların, viskoz hale gelen malzemeyle dışarı atılmasına bağlanmıştır.

## Kaynaklar

- [1] Tülbentçi, K., Yılmaz, M., 1989, "Farklı takım çeliklerinin katı hal kaynağı", II. Ulusal Kaynak Sempozyumu Bildiri Kitabı, İTÜ, 303-314, İstanbul.
- [2] Özdemir, N., 2002. Tane küçültülmüş düşük alaşımlı yüksek karbonlu çeliklerin sürtünme kaynağı ile birleştirilebilirliğinin araştırılması, Doktora Tezi, Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ.
- [3] Sönmez, F., 2007. Sürtünme kaynağıyla birleştirilmiş yüksek hız çeliği (HSS) ve AISI 1040 çeliklerinde mukavemet ve metalürjik özelliklerin incelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Edirne.
- [4] Yılmaz, M., 1993. Farklı takım çeliklerinin sürtünme kaynağında kaynak bölgesinin incelenmesi, Doktora Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul.
- [5] Gül, A., 2006. Farklı metelsel malzemelerin sürtünme kaynağında, kaynak parametrelerinin dikiş özelliklerine etkisi, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [6] Çelik, Ö., 2008. Sürtünme kaynağı yapılmış farklı malzemelerin mekanik özelliklerinin incelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Celal Bayar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Manisa.
- [7] <http://www.celmercelik.com>.
- [8] Sathiya, P., Aravindan, S., Noorul Haq, A., 2008. Some experimental investigations on friction welded stainless steel joints, Materials and Design, 29, 1099-1109.
- [9] Özdemir, N., Sarsılmaz, F., Hasçalık, A., 2007. Effect of rotational speed on the interface properties of friction-welded AISI 304L to 4340 steel, Materials and Design, 28, 301-307.
- [10] Özdemir, N., 2005. Investigation of the mechanical properties of friction-welded joints between AISI 304L and AISI 4340 steel as a function rotational speed, Materials Letters, 59, 2504-2509
- [11] Kırık, İ., 2012. Sürtünme kaynağı ile birleştirilen AISI 1040/AISI 304L çelik çiftinin elektrokimyasal korozyon davranışının araştırılması, Doktora Tezi, Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ.



## Türk Doğa ve Fen Dergisi Turkish Journal of Nature and Science

<http://www.bingol.edu.tr/dergiler/turk-doga-ve-fen-dergisi.aspx>



# PEM Yakıt Hücrelerindeki Akış Kanal Tasarımlarının İncelenmesi

Hüseyin KAHRAMAN\*<sup>1</sup>, İsmet ÇEVİK<sup>2</sup>

## Özet

Yakıt pillerinin performansı sıcaklık, basınç ve reaktant gazların nemlendirilmesi, su ve ısı yönetimi, reaktantların stokiyometrisi, gazların debisi gibi farklı çalışma şartlarının yanı sıra fiziksel bileşenlerden membran ve bipolar plaka da önemli ölçüde etkilemektedir. Bipolar plakalar yakıt hücresinin kütlece %60, maliyet olarak da %30'unu oluşturmaktadır. Bipolar plaka üzerindeki akış alanı reaktant gazların aktif bölge üzerinde dağılımını ve üretilen suyun tahliyesini gerçekleştirir. Optimum tasarıma sahip bir akış alanı minimum enerji kaybı ile basınç düşmesini en aza indirmeli, homojen gaz dağılımını sağlamalıdır. Dengeli bir reaktant dağılımı kütle transfer kayıplarını azaltarak yakıt hücresinin güç yoğunluğunda artışa sebep olacaktır. Akış alanındaki bir tasarım hatası yakıt hücresi performansını önemli ölçüde etkileyecektir. Bu önemli konu hakkında yapılan çalışmalar son yıllarda hızla artmıştır. Bu çalışmanın amacı son yıllarda yapılan bipolar plaka akış kanal geometrisi tasarımlarının PEM yakıt hücresi performansı üzerindeki etkilerinin incelenmesidir.

**Anahtar kelimeler:** Yakıt pilleri, PEM, bipolar plakalar, akış kanalları, reaktant dağılımı

## Review of Flow Field Designs for PEM Fuel Cells

### Abstract

Performance of PEM fuel cells influenced by physical components like bipolar plate and membrane property such as operating conditions (operating temperature and pressure, humidifying, reaktant gases flow rate etc.). Bipolar plates constitute more than 60% of the weight and 30% of the total cost in a fuel cell stack. Flow field on the bipolar plates distributes the reaktant gases on the active area and removes the produced water. Optimum designed flow field provides minimum pressure drop with minimum energy lose and provides homogenous reaktant distribution. An even reaktant distribution decreases the mass transfer losses and causes an increase in power density. A fault at the flow field design significantly affects the PEM fuel cell performance. Researches have increased rapidly on this important subject in recent years. The aim of this work is to review the most important results conducted in recent years related to the influence of the different geometric parameters of the flow channels on the overall performance of a PEM fuel cells.

**Keywords:** Fuel cells, PEM, bipolar plates, flow fields, reaktant distribution

### 1. Giriş

Bir polimer elektrolit membran yakıt pili (PEM) hidrojen ve oksijen gazlarını kullanarak elektrik üretir. Yanma olmaksızın yakıtın kimyasal enerjisini doğrudan elektrik enerjisine dönüştürdüğü için içten yanmalı motorlara kıyasla daha yüksek bir verime sahiptir. Aynı zamanda oluşan reaksiyonun ürünleri ise sadece ısı ve sudur. Dolayısıyla zararlı emisyonların çevreye verdiği zararı ortadan kaldırmak için Department of Energy'nin de öngörüsü ile gelecekte yakıt hücreleri taşıma uygulamalarda içten yanmalı motorların yerini alacaktır.

Düşük çalışma sıcaklığı, bileşenlerinin hareketli parçaları içermemesi, yüksek güç yoğunluğu ve yüksek enerji dönüşüm verimlerinden dolayı PEM yakıt pilleri gelecek vaat eden enerji üretim sistemleridir [1].

Birçok faktör PEM yakıt pillerinin performansını etkilemektedir. Bunlardan bazıları çalışma koşulları iken bir kısmı ise tasarım parametreleri ve hücre bileşenlerin özellikleridir. Çalışma koşullarından olan hücre ve reaktantların sıcaklığı, basıncı ve stokiyometrisi ile hücre bileşenlerinin özellikleri olan membranın kalınlığı ve iyon iletim katsayısı, gaz difüzyon tabakasının (GDL) gözenekliliği vb. yakıt hücresi bileşenlerin özellikleri de yakıt hücresi verimini önemli ölçüde etkilemektedir.

Yetersiz su yönetimi ve dengesiz akım yoğunluğu dağılımı PEM yakıt pillerinde karşılaşılan en önemli sorunlardandır. Dolayısıyla bipolar plaka (BP) üzerindeki akış kanalları bu problemler gözetilerek tasarlanmalıdır. Bir polimer elektrolit membranın iyon iletim mekanizmasında

<sup>1</sup>Sakarya Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi, Makina Eğitimi Bölümü, 54187, Sakarya/TÜRKİYE

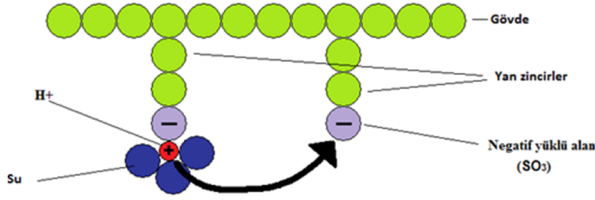
<sup>2</sup>Sakarya Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Makina Mühendisliği Bölümü, 54187, Sakarya/TÜRKİYE

\* Sorumlu yazar eposta: huseyink@sakarya.edu.tr



kilit rolü su oynamaktadır Şekil 1. Eğer membran yeterli kadar nemlendirilmezse iyonik iletkenliği artar, fazla su tahliye edilmezse reaktant gazların aktif alana ulaşmasını engelleyen su birikmeleri meydana gelir ve konsantrasyon kaybı artar. Her iki durumda da yakıt hücresi verimi olumsuz etkilenir.

Elektrot yüzeylerinde akışkanın basınç, hız ve konsantrasyon dağılımı homojen olmadığı takdirde aktif bölge yüzeyinde her noktada eşit miktarda reaksiyon gerçekleşmemekte, bu durumda akım yoğunluğunun dengeli dağılımı sağlanamamaktadır. Dengesiz akım yoğunluğu dağılımı, güç yoğunluğunun azalmasına, platin katalizörün verimsiz kullanılmasına ve katalizör ile membran ömrünün azalmasına sebep olacaktır.



Şekil 1 Nafion® membran

Dengesiz akım yoğunluğu ve yetersiz su yönetiminin sebep olduğu bu problemler bipolar plakanın uygun şekilde tasarlanmasıyla çözülebilir.

Yüksek akım yoğunluğu bölgesinde hücre performansını düşüren su birikmesi sıkça çalışılan bir konudur [2-7]. Su katot yüzeyinde iki durumdan dolayı bulunabilir: (1) katot tarafında reaksiyon sonucu su üretilmesi, (2)  $H^+$  ile birlikte anot tarafından su moleküllerinin taşınmasıdır. Su birikmesi katot yüzeyinden taşınan su debisinin üretilen miktardan az olması durumunda gerçekleşir. Fazlalık su reaktantların reaksiyon bölgesine ulaşmasına engel olur. Suyun tahliyesi katot reaktant gazının katot yüzeyinden ya da GDL içinden buharlaşan suyu taşınması ile sağlanabilmektedir. Gaz difüzyon tabakası suyun katot yüzeyinden etkili bir şekilde çekilmesine ve buna müteakip buharlaşmasına izin veren bir yapıya sahiptir. GDL veya GDL/membran ara yüzeyi suyun tahliyesini kolaylaştırmak için genellikle su sevmez bir malzemeyle kaplanır. Ancak yüksek akım değerlerinde bu uygulama da su tahliyesi için yeterli olmamaktadır [8]. Bu çalışmanın amacı son yıllarda yapılan bipolar plaka akış kanal geometrisi tasarımlarının PEM yakıt hücresi performansı ve yukarıda bahsedilen su yönetimi üzerindeki etkilerinin incelenmesidir.

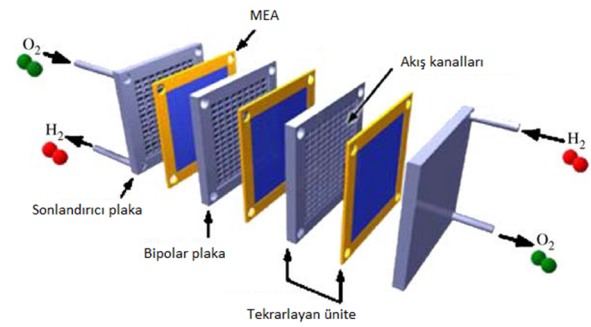
## 2. Bipolar Plakalar

Bipolar (çift kutuplu) plakalar bir hidrojen yakıt pili güç stağının omurgasını oluşturmaktadır. Hücreler arasında akım toplayıcı olarak görev yapar, hidrojen ve oksijen olarak adlandırılan reaktant gazlarına kanal vazifesi görür. Çift kutuplu tabakalar seri imalat ile üretilir, bu yüzden üstün imal edilebilir özellikteki malzemeler kullanılmalı ve otomatikleştirilmiş üretim sistemlerine uyumlu, uygun maliyette malzemeler kullanılmalıdır.

Şu an grafit kompozitleri düşük yüzey temas dirençleri ve yüksek korozyon dayanımı/direnç sebebiyle dikkate alınan metalik çift kutuplu tabaka malzemeleridir. Ne yazık ki grafit ve grafit kompozitleri kırılgan ve gaz geçirgen, işlenmesi ve seri üretimi zor malzemelerdir. Düşük maliyetle ve kolayca işlenebilen alüminyum, paslanmaz çelik, nikel, titanyum, vb polimer PEM yakıt pili çift kutuplu plakalarda kullanılmaya aday malzemelerdir. Metaller mekanik gerilme, şok ve darbelere daha dayanıklı, gaz

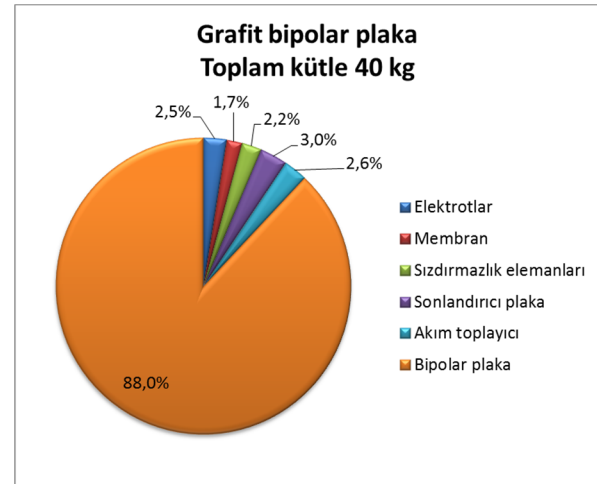
geçirgenliği düşük, karbon-karbon, karbon-polimer olarak adlandırılan karbon tabanlı materyallere kıyaslandığında daha uygun maliyet ve kolay üretilebilirlik göstermektedir. Ancak metal bipolar plakalarda temel engeller PEM yakıt pillerinin içindeki sert asidik ve nemli ortamın sebep olduğu korozyona karşı metal malzemenin dayanıksızlığı, PEM yakıt pilinin çıkış gücünün düşmesine sebep olan pasif tabakanın oluşması ve plaka yüzeyinden kopup membran ve katalizöre zarar veren metal iyonlardır [9].

Elektriksel iletkenlik, düşük yüzey temas direnci ve yüksek korozyon dayanımı bipolar plakalarda istenen en önemli özelliklerdendir. Bipolar plakaların gaz geçirmez bir yapıya sahip olmaları önemlidir. Plakanın her iki tarafına akış kanalları işlendiğinde bir taraf hücrenin anot tarafı iken diğer tarafı yandaki hücrenin katot tarafı olmaktadır. Dolayısıyla hidrojen ve oksijen/havanın birbirine karışmaması için gaz geçirmez özelliği hayati önem taşımaktadır. Bu şekilde iki tarafında da akış kanalları bulunan plakalara bipolar veya çift kutuplu plaka adı verilmektedir (Şekil 2).



Şekil 2. PEM stak yapısı ve bileşenleri [10].

Yakıt pili stağında iyi bir performans elde edebilmek için, önemli bileşenlerinden birisi olan bipolar plakanın iyi tasarlanması gerekmektedir. Şekil 3.'de görüldüğü gibi bipolar plakalar yakıt hücresi stağının kütlece %60, maliyet olarak da %30'unu oluşturmaktadır.

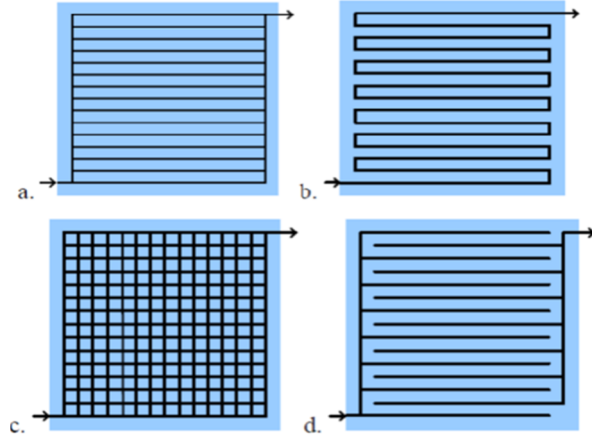


Şekil 3. 33kW'lık bir PEM yakıt hücresi stağında kütle dağılımı [11].

## 3. Akış Alanı

Bipolar plakalar üstlendikleri görevler itibarıyla yakıt hücresi için çok önemli bir bileşendir. Üzerindeki akış kanalları reaktant gazların aktif bölge üzerinde homojen bir şekilde dağıtılmalı, tüm yüzeyde dengeli bir yakıt tüketimi

ile dengeli akım üretimi gerçekleştirmeli ve üretilen suyu etkin bir şekilde yakıt hücresi dışına tahliye etmelidir. İyi tasarlanmış bir akış alanı geometrisi, sistemin ürettiği güç yoğunluğunu %50 civarlarında iyileştirebilmektedir [12,13]. Yakıt hücresi performansını iyileştirmek için yaygın olarak kullanılan, üzerinde iyileştirme ve optimizasyon çalışmaları sıklıkla yapılan bazı modeller Şekil 2.'de görülmektedir. Sıkça karşılaşılan bu tasarımların her birinin birbirlerine göre avantaj ve dezavantajları bulunmaktadır.



**Şekil 4.** Yaygın olarak kullanılan akış tasarımları: a. Paralel, b. Serpantin, c. Izgara tip, d. yönlendirmesiz tip.

### 3.1. Paralel Akış Alanı Tasarımları

Paralel tip genellikle düşük basınç düşmesi ve makul bir akım yoğunluğuna sahip akış deseni olarak tanımlanır. Düşük basınç düşmesi harici ekipmanlardan kaynaklanan parazitik kayıpları minimize ettiği için yakıt hücreleri için istenilen bir durumdur. Paralel tasarımda akış kanallarının serpantin kanallara göre kısa olmasından dolayı nispeten daha dengeli akım yoğunluğu dağılımını sağlayabilir ve dolayısıyla çıkışta reaktant konsantrasyonu serpantin tasarıma göre daha yüksek olabilmektedir. Paralel tasarımda düşük su tahliye kabiliyetinden dolayı su birikmesi çokça görülebilir. Paralel desende eğer bir kanal biriken su sebebiyle bloke olursa gaz akımı en az direnç olan kanalı tercih edecek ve dolayısıyla bloke olan kanalın arkasında suyu tahliye edecek yeterli basınç olamayacağından su birikmesi reaktantların reaksiyon alanlarına ulaşmasını engellemiş olacaktır.

Paralel ve serpantin akış alanlarının kıyaslanması amacıyla birçok çalışma yapılmıştır [14]. Değişik geometriye sahip (Şekil 4.) veya metal köpük ile gaz dağılımı sağlanan çalışmalar da yapılmıştır [15,16]. 198 cm<sup>2</sup> aktif alana sahip yakıt hücresi ile paralel, serpantin ve yönlendirmesiz tiplerde akış kanallarına sahip bipolar plakalar ile performans testleri yapılmıştır. Şekil 4.'te görüldüğü gibi gazların difüzyon tabakası içerisine akmasını sağlayan yönlendirmesiz tip akış kanalları en iyi performansı göstermiştir. Ayrıca yönlendirmesiz tasarımın daha az yakıt kullanarak paralel tasarım ile aynı performansı gösterdiği gözlemlenmiştir. Diğer yandan serpantin kanal modelinde artan kanal sayısı, uzunluğu ve köşe sayısı ile çıkış bölgesinde daha az atık yakıt gözlemlenmiş, elektrokimyasal reaksiyonlarda iyileşme gerçekleşmiştir [17,18].

### 3.2. Serpantin Akış Alanı Tasarımları

Serpantin akış alanı deseni yüksek su tahliyesi kabiliyetine sahiptir fakat basınç düşme oranı yüksektir. Su

tahliye kabiliyetinin sebebi akış için tek kanal olmasıdır. Bu sayede bloke olabilecek kanal basınç kuvvetlerinin etkisiyle reaktantların akışına uygun duruma gelmektedir. Ancak serpantin kanal tasarımının içeriğinde bol miktarda bulunan dirseklerde su birikme eğilimindedir ki bu da bölgesel akım yoğunluğu azalmalarına sebep olmaktadır [19]. Basınç düşmesi uzun kanal boylarından dolayı yüksektir. Yüksek basınç düşmesi olduğu zaman hücreye reaktantların beslenmesi için daha yüksek basınca ihtiyaç duyulur. Basıncın artırılması pompa veya fan için gerekli enerji miktarının artırılmasıyla sağlanabilir ki parazitik kayıpların artması demektir. Yüksek basınç düşmesi GDT içine difüzyonun dengesiz olmasına da sebep olmaktadır [20]. Kanallar arasındaki basınç farkı akışın kanallar arasında GDT içinden taşınım ile transfer olmasına sebep olmaktadır. Yüksek basınç düşmesi ile mücadele etmenin bir yolu da kısa paralel serpantin tasarım kullanmaktır. Bu tasarım avantajlı noktası serpantin kanalların su tahliye kabiliyeti ile paralel kanalların düşük basınç düşme özelliğinin birleşimidir.

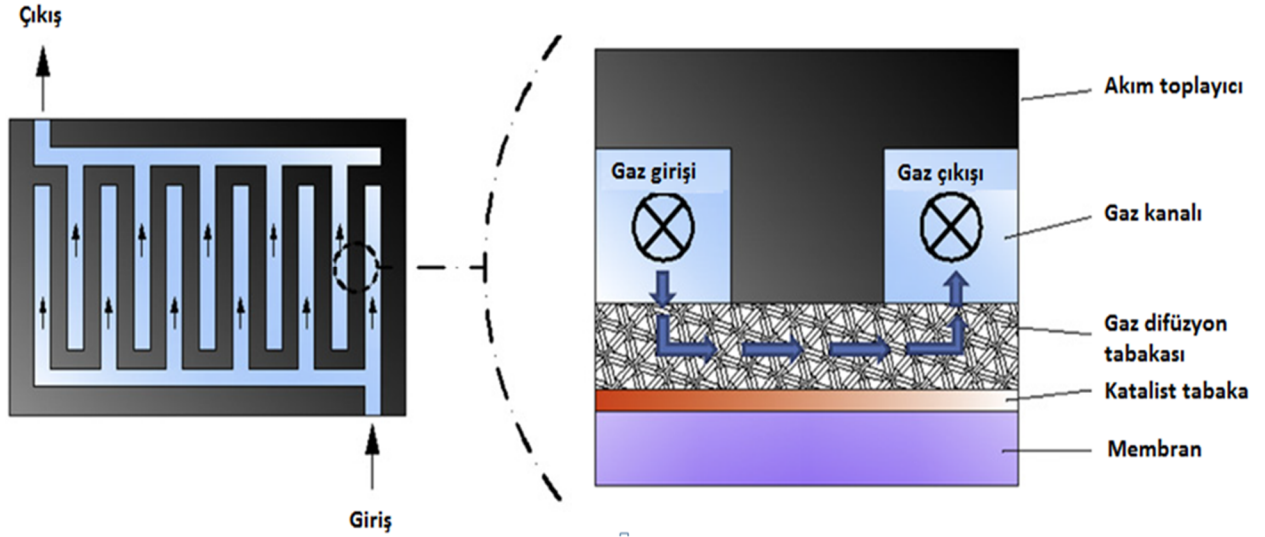
Jeon ve ark. [21] farklı serpantin kanal tasarımlarının etkisini incelemek üzere bir bilgisayar simülasyonu geliştirmiştir. Çalışmalarında dört tip (tek kanal, çift kanal, halkalı tek kanal ve simetrik tek kanal) kanal tasarımı üzerinde durulmuştur. Yüksek ve düşük nemlendirme koşulları incelenmiştir. Yüksek nemlendirme oranlarında çift kanal en iyi akım yoğunluğu dağılımını vermiştir. Düşük nemlendirme oranlarında ise tüm tasarımlar yakın sonuç vermiştir fakat halkalı ve simetrik tasarımda en düşük basınç düşmesi görülmüştür.

Kim ve Hong [22] tarafından tek hücre üzerinde farklı serpantin kanal tasarımlarını denemiştir. Kanal uzunluk ve genişliğinin etkisini incelenmiştir. Dar kanallar daha geniş kaburga bölgesine sahip olduğundan yüksek temas alanına sahiptir. Uzun kanalların su tahliyesine yardımcı olan yüksek basınç düşmelerine sebebiyet vermesinden dolayı daha iyi performans verdiği tespit edilmiştir. Ancak temas alanının performans üzerinde daha büyük etkisi olduğu saptanmış, daha büyük temas alanının düşük temas direncinden dolayı performansı iyileştirdiği belirtilmiştir.

### 3.3. Yönlendirmesiz Akış Alanı Tasarımları

Yönlendirmesiz tasarımda giriş çıkışa doğrudan bağlı değildir Şekil 3. Reaktant gazlar kanal altlarından GDT içinden geçmek zorundadır. Bu durumda katalist tabaka yakınlarından transfer edilen kütle miktarı artar dolayısıyla reaksiyon hızı ve akım miktarı artmış olur. Ancak GDT içinden gazın geçebilmesi için gaz basıncının bir hayli yüksek olması gerekir. Bu sebeplerden ötürü yönlendirmesiz tip desene sahip akış kanallarında daha iyi kütle transferinin yanında yüksek basınç düşmesi görülmektedir.

Wang ve ark. [23] paralel ve serpantin desenler için için kanalların en boy oranının ve kesit alanının etkisini incelemiştir. 3B model kullanarak anot kanalları sabit tutulup katot kanalları değiştirilmiştir. Tüm kanal değişikliklerinin 0.7V üzerindeki değerlerde çok az etkisi olmuştur. En boy oranı yönlendirmesiz desende çok az etkiye sahip iken paralel desen için daha sık bir kanalda giriş hızının yüksek (aynı debi değerinde) olmasından dolayı su tahliyesi daha iyi olmuştur. Simülasyon paralel desen için daha küçük kesit alanının daha iyi sonuç verdiğini göstermiştir. Yönlendirmesiz desen için ise 1 mm x 1 mm kesit alanı en iyi sonucu vermiş, daha büyük veya küçük kesit alanı performansı olumsuz etkilemiştir. Tüm durumlarda yönlendirmesiz desenin paralel desene göre daha iyi sonuç verdiğini gözlemlenmiştir.

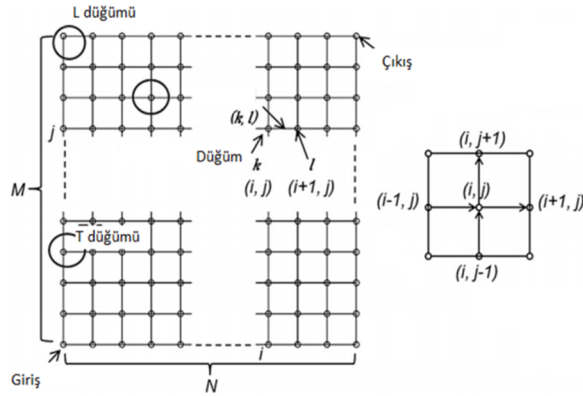


Şekil 5. Yönlenimsiz tip akış alanı tasarımı şematik gösterimi ve kesit gösterimi (sağda)

### 3.4. Izgara Tipi Akış Alanı Tasarımları

Bu tip akış deseninde kare veya yuvarlak pimlerin düzenli bir dizilişi söz konusudur. Yapısından dolayı düşük basınç düşmesi görülür fakat reaktant gazlar daha az direnç olan kanalları tercih edeceğinden su biriken kanalları baypas ederek bu bölgedeki su birikmesini tahliye edemez, durgun ve devir daim bölgeleri meydana gelir. Bu sebeplerden dolayı ızgara tipi akış deseni dengesiz akım yoğunluğu dağılımı ve düşük su tahliye kabiliyetindedir.

Nannan Guo ve ark. [24] pin tipi akış kanal tasarımını optimize etmek için ağ (network) tabanlı optimizasyon çalışması yapmışlardır. Akış kanalları boyunca gaz tüketimi olması ve olmaması durumları göz önüne alınmıştır. Optimize edilmiş modelin doğrulanması ve normal dizayn akış kanalı ile performans kıyaslaması yapabilmek için yakıt hücresinin üç boyutlu numerik benzetimi de yapılmıştır. Nümerik sonuçlar optimize edilmiş modeli doğrulamıştır.

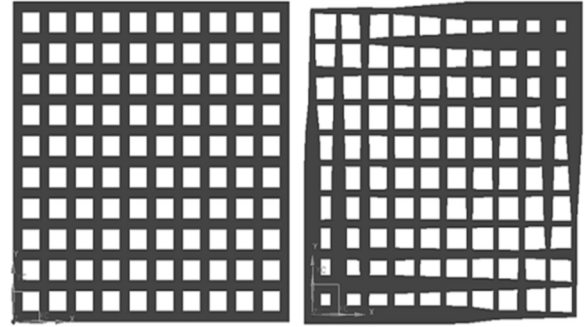


Şekil 6. Pin tipi akış alanı için ağ yapısı

Pin tipi konfigürasyonu kafes kanal ağı olarak temsil edilebilir ve her bir kanal iki düğümü birleştiren bir bağ olarak kabul edilebilir (Şekil 5). Akış alanı  $N \times M$  adet düğümünden oluşmaktadır ve toplam kanal sayısı  $2NM - N - M$ 'dir.

Standart dizaynda giriş ve çıkış bölgelerinde yüksek reaktant hızları varken, orta bölgelerde gazların hızı oldukça düşüktür. Hızın düşük olduğu bölgelerde reaksiyon hızı ve su tahliye kabiliyeti oldukça zayıf olacaktır. Optimize edilmiş dizaynda ise tüm yüzey üzerindeki akışsız dağılımı

neredeyse homojen bir karakterdedir. Yine optimize edilmiş kanal tasarımında durgun bir bölge görülmemekle birlikte tüm kanallardaki akış hızı  $0,3 \text{ m/s}$  değerinin altında kalmıştır.



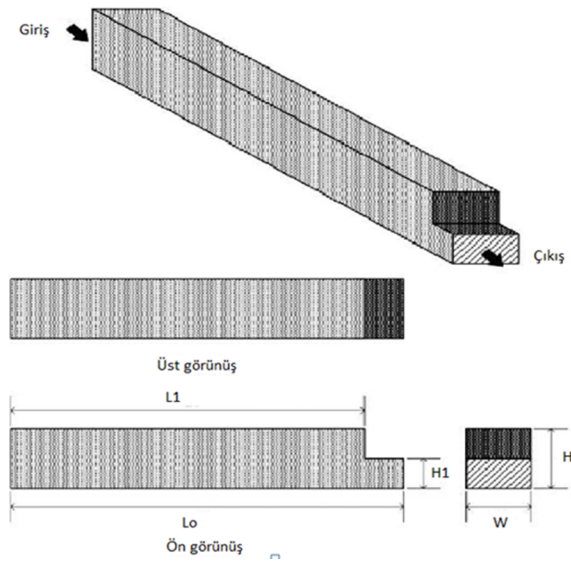
Şekil 7. Sabit kanal genişliğine sahip standart kanallar (solda), optimize edilmiş kanallar [24]

Polarizasyon eğrilerinden gözlemlendiği üzere optimize edilmiş dizaynın hem reaktant tüketimi olduğu varsayımda hem de reaktant tüketiminin olmadığı varsayılan durumda standart dizayna nazaran daha iyi performans gösterdiği görülmektedir. Optimize edilmiş tasarımın reaktant tüketimi olduğu kabul edilen modelinde yakıt pili güç yoğunluğunun %10 arttığı gözlemlenmiştir.

### 3.5. Konik veya Daraltılmış Akış Kanalı Tasarımları

Weng ve ark. [25] daralan profile sahip akış kanal tasarımı geliştirmiştir. Kanalın derinliği çıkış bölgesinde azaltılarak çıkan gazın basıncı artırılmakta, böylece GDT içine reaktantların transferi iyileşmektedir.

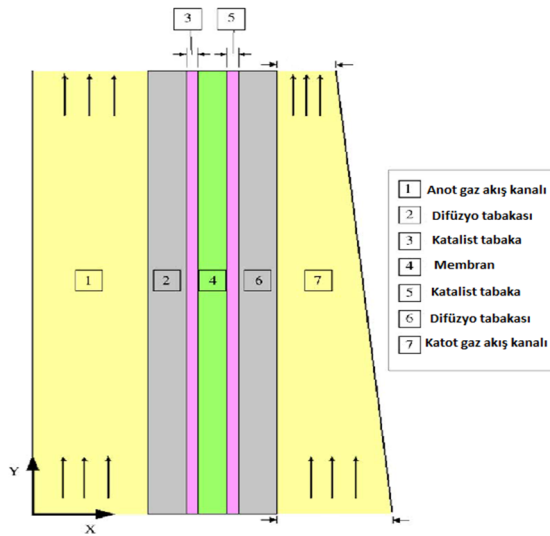
Bu yöntemin amacı kanal uzunluğu ve reaksiyon hızının bir sonucu olarak ortaya çıkan reaktif ve kütle kayıplarıdır. Tasarım düz kanal kullandıkları bir 3B sayısal benzetim ile test edilmiştir. Sonuçlara göre  $0,7V$  değerinin üzerindeki çalışma gerilimlerinde iki tasarımın da elektrokimyasal reaksiyon hızının düşük olması sebebiyle benzer davranışlar sergilediği gözlemlenmiştir. Ancak  $0,7V$  altındaki değerlerde performansın iyileştiği tespit edilmiştir.



Şekil 8. Daraltılmış profile sahip akış kanalının görünümü

Daraltılmış tasarımın dar olan çıkış bölgesinde reaktant akış hızının artması ile yakıt hücresi içinde üretilen suyun tahliyesi iyileşmiştir. Ancak daraltılmış kanal düz kanala kıyasla daha fazla basınç düşüş oranı göstermiştir.

Reaktant gaz transferini düzenlemek ve bu yolla PEM yakıt hücresi performansını iyileştirmek amacıyla daraltılmış kanala benzer şekilde Liu ve ark. [26] tarafından konik kanal deseni tasarlanmıştır. Tasarım yapılırken daralan kısımdaki reaktant gazların azalan hacmin etkisi ile hızlanarak difüzyon tabakası içine sürülmesi hedeflenmiştir. Bu şekilde elektrokimyasal reaksiyon hızının artırılması dolayısıyla hücre performansının artması gözletilmiştir.

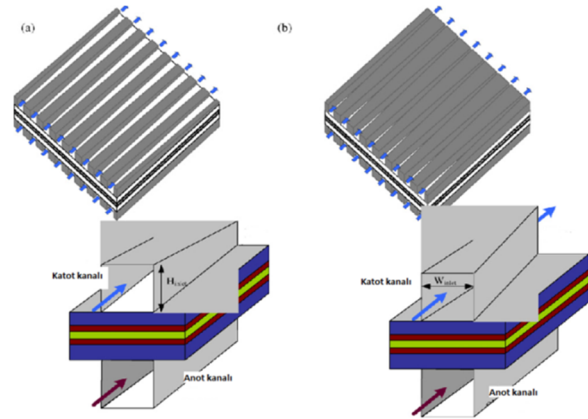


Şekil 9. İki boyutlu daralan kanallı PEM modelinin şematik gösterimi [26]

Yine tasarımın etkilerini incelemek için sayısal benzetim yöntemi kullanılmıştır. Çalışmada daralan reaktant akış kanalı profilindeki su oluşumunun etkileri de incelenmiştir. Giriş ve çıkış bölgesindeki kanal derinliğinin oranı olan bir parametre daralan kanalın etkisinin değerlendirilebilmesi için tanımlanmıştır. Girişteki kanal derinliği 0,762 mm iken tanımlanan giriş çıkış oranı 1 için çıkış 0,762 mm derinliğinde, 0,5 için 0,381 mm ve 0,1 oranı için ise çıkış derinliği 0,0762 mm olarak ayarlanmıştır. Giriş çıkış derinliği oranının yakıt hücresi performansına etkisi I-V ve

I-P eğrileri üzerinden incelenmiştir. Eğrilerden anlaşıldığı üzere düşük akım yoğunluğu değerlerinde veya yüksek çalışma geriliminde derinlik oranının performansa etkisi oldukça azdır. Fakat düşük çalışma geriliminde daralma oranının performansa etkisi kendini belli etmektedir. Düşük daralma oranının yüksek akım yoğunluğu üretimini iştret ettiği grafiklerden gözlemlenmiştir.

Bu grafiklerden hücre içinde üretilen sıvı suyun da etkisi kestirilebilir. Yüksek çalışma gerilimi bölgesinde su oluşumunun olduğu ve olmadığı kabul edilen modelde yakıt hücresi performansında önemli bir değişiklik gözlemlenmemiştir. Bu sebeple yakıt hücresi içindeki reaktant akışı tek fazlı akış kabul ederek modellenebilir. Fakat düşük gerilim değerlerinde üretilen sıvı su miktarı artmakta ve performans üzerindeki etkisi oldukça artmaktadır. Bu da yüksek akım yoğunluklarında kütle transfer modellemesinin önemini büyük olduğu anlamına gelmektedir.



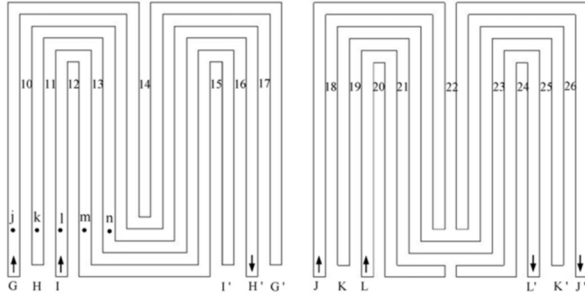
Şekil 10. Daralan kanal modellerinin şematik gösterimi: a) yükseklik yönünde daralan akış kanalları, b) genişlik yönünde daralan akış kanalları [27]

Yan ve ark. [27] PEM yakıt pillerinin yakıt tüketimini iyileştirmek amacıyla akış kanallarının düz kısımlarını genişlik ve yükseklik doğrultularında daraltmıştır Şekil 11. Yakıt hücresi ve reaktant transferi üzerindeki etkisinin incelenmesi için daralan formdaki kanallar sayısal benzetim metodu kullanılarak modellenmiştir. Sayısal modelde su oluşumu ve transferinin performans üzerindeki etkileri göz önüne alınmıştır. Nümerik sonuçların doğrulanması amacıyla deneysel sonuçlar ile kıyaslama yapılmıştır. PEM yakıt pillerinin performansını tespit etmek için kullanılan I-V eğrisi olarak bilinen akım yoğunluğu-çalışma gerilimi eğrilerinde sonuçlar kıyaslanmıştır. Deneylerde 4000 cm<sup>3</sup>/dk debisindeki reaktant gazlar %100 nemlendirilmiş, 1 atm çalışma basıncı ve 50<sup>o</sup> sıcaklığındaki nemlendirme ve çalışma sıcaklığı uygulanmıştır. Deneysel çalışmadan elde edilen sonuçlar ile simülasyon sonuçları arasında, düşük ve yüksek akım yoğunluğu bölgelerinde bazı farklar görülmektedir. Nümerik simülasyonda üretilen suyun sadece gözenekleri tıkadığı ve yakıt transferine engel olduğu kabul edilmektedir. Bu durum gerçekteki karmaşık iki fazlı akıştan farklıdır. Yüksek akım değerlerinde basitleştirilmiş nümerik model sıvı suyun etkilerini gerçek şartlardaki gibi tam olarak ortaya koyamamaktadır fakat nümerik simülasyon ve deneysel sonuçlar kabul edilebilir bir şekilde örtüşmektedir.

Yine yeni tasarımın performansı sayısal benzetim ile tespit edilmiştir. Konik kanal yüksekliği gibi çıkış bölgesine doğru yükseklik doğrultusunda konikleştirildiğinde yakıt tüketimi ve performansın iyileştiği gözlemlenmiştir. Ancak genişlik yönünden incelendiğinde çıkışa doğru oluşan artış daha iyi performans göstermiştir. İyi performansın sebebi GDT ve ile daha fazla temas alanının olmasıdır.

### 3.6. Serpantin- Yönlendirmesiz Akış Alanı Tasarımları

Debe ve Herdtle [28] çalışmalarında serpantin ve yönlendirmesiz desenlerin birleşimi olan ve membran üzerinde düzenli dağılımı sağlamak için zik-zak çizen serpantin kanal tasarımı kullanmıştır. Bu tasarımda taban genişliği değişmektedir, dolayısıyla gazın taban altından GDT'na doğru dolaşması gereken mesafe değişir. Bu da kanal boyunca akış direncinde değişime sebep olmaktadır. Girişten çıkışa doğru kanal derinliğini de azaltılmıştır. Akışın benzetimi bu değişimlerin GDT içindeki yakıt hızını dengeli hale getirdiğini göstermiştir. Dengeli hız ise hücre içinde dengeli akım yoğunluğu dağılımı anlamına gelmektedir.



Şekil 11. Serpantin ve yönlendirmesiz desen kombinasyonu

Wang ve ark. [29] tarafından yakıt hücresi performansını geliştiren su tahliye performansını iyileştiren ve reaktant transferini geliştiren serpantin ve yönlendirmesiz desen kombinasyonu oluşturulmuştur. Bu tasarımda sıradan üçlü serpantin kanallarının yanı sıra kanal içine akış basıncını dağılımını değiştirecek ve yönlendirmesiz tasarımda olduğu gibi reaktant gazların taban altına taşınım miktarını artıracak engeller uygulanmıştır (Şekil 11).

Üç boyutlu bir model reaktant ve ürünlerin transferini ve elektrokimyasal reaksiyonların davranışını incelemek için oluşturulmuştur. Modelde 23mm×23mm×2.845 mm boyutlarındaki minyatür bir yakıt pili göz önüne alınmıştır. Tüm modellerin aktif alanları 23mm×23mm, aynı kalınlıktaki membran ve gaz difüzyon tabakasından meydana gelmiştir. Çalışma sıcaklığı 323K, anot tarafı %100 bağıl nemine sahiptir. Anot debisi 260cm<sup>3</sup> iken katot debisi 700 cm<sup>3</sup>'tür. Bu tasarımın hücre performansını iyileştirdiğini doğrulamak amacıyla I-V ve I-W eğrileri üzerinde standart akış alanı ile kıyaslanmıştır. 0,7V çalışma geriliminin üzerindeki düşük akım yoğunluğu bölgelerinde iki tasarımın performans davranışları hemen hemen aynıdır. Bu bölgedeki hücre performansının akış alanı tasarımından pek de etkilenmediği, akış alanı tasarımına bağlı olmadığı söylenebilir. Ancak 0,7V değerinin altındaki yüksek akım yoğunluğu bölgelerinde ise engelli ve sıradan tasarımın performansında değişiklik görülmektedir. Aynı operasyon

gerilim değerinde, toplam akım yoğunluğu ve güç yoğunluğu geliştirilmiş yeni akış tasarımına sahip modelde daha iyidir. Toplam akım yoğunluğu %15 civarında artış göstermiştir. Aynı zamanda blokların sebep olduğu basınç artması ve buna karşılık pompa gücünün artmasının, hücre çıkış gücündeki artışa nispeten önemsiz olduğu gözlemlenmiştir.

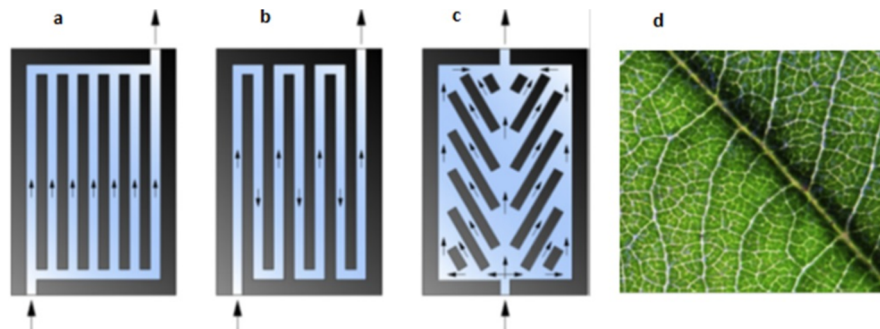
### 4. Biyotik Akış Alanı Tasarımları

Dengeli bir akım yoğunluğu elde etmek için anahtar kelime reaktant gazların dağılımıdır. Aynı zamanda reaktant gaz dağılımının su yönetimi hakkındaki etkilerinden önceki bölümlerde bahsedilmiştir. Biyotik tasarım da PEM yakıt pillerinde önemli performans sınırlayıcıları olan su yönetimi ve dengeli akım yoğunluğu problemlerini çözmek için düşünülmüştür.

Tuzlar veya ağır metaller gibi çözülmüş maddeler bitkilerin içinde birikip onlara zarar verebilir. Mısır ve okaliptüs gibi bazı bitkilerde bu çözünenleri tahliye edecek bir mekanizma mevcuttur. Bu bitkilerin yapraklarında en dıştaki damar geniştir, bu genişlik dolayısıyla meydana gelen düşük basınç çözünen maddelerin tahliyesini kolaylaştırmaktadır.

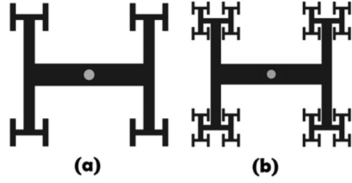
Yakıt ve oksitleyici gaz bitki damarlarındaki öz suyuna benzer olarak kabul edilebilir. Benzer şekilde yakıt hücresinin kanalları içindeki sıvı su da bitki damarlarındaki çözünen maddelere benzetilebilir. Bitkilerde geniş çaplı damar çözünen maddelerin damardan tahliyesini sağlayacak geniş bir yüzey alanı sağlamaktadır. Yakıt hücresinde ise geniş bir akım kanalı suyun membrandan kanal tarafına buharlaşmasını sağlayacak geniş bir yüzey alanı oluşturmaktadır.

Roshandel ve ark. [30] paralel, serpantin ve biyolojik akış desenlerinden ilham alarak tasarladıkları akış alanını kıyaslamıştır (Şekil 12). Bipolar plaka akış deseninin reaktant dağılımı ve su yönetimine önemli etkilerinin olduğunu belirtmişlerdir. Akış dağılımı üç boyutlu, Navier-Stokes eşitliklerine dayandırılmış bir model kullanarak analiz edilmiştir. Simülasyon sonuçları daha önceden yapılmış deneysel çalışmanın sonuçları ile çok iyi bir benzerlik göstermiştir. Çalışmadaki tasarımlar modellenirken aktif bölge üzerinde daha dengeli bir reaktant dağılımı ve daha homojen hız dağılımı, reaktantların daha homojen molar yayılması ve farklı akım yoğunluğu değerlerinde daha yüksek voltaj ve güç yoğunluğu gözlemlenmiştir. Geliştirilen nümerik kodlamaya göre katalist yüzey üzerindeki hız ve basınç profilleri daha homojen, katalist yüzey üzerindeki reaktant konsantrasyonu daha dengeli, güç yoğunluğu ise paralel ve serpantin tasarıma göre sırasıyla %56 ile %26 civarında artış göstermiştir. Ancak geliştirilen modelin seri üretime uygunluğu hakkında bir bilgi verilmemiştir. Bipolar plakaların akış alanı desenleri ile ilgili bir husus da üretilebilir olmasıdır.



Şekil 12. Farklı akış alanlarının kıyaslanması: a) paralel; b) serpantin; c) doğadan esinlenen akış alanı; d) doğadan akış dağılımı deseni örneği olarak ağaç yaprağı

Fraktal yapılar ısı değiştiricileri, kimyasal reaktörler gibi bir çok mühendislik uygulamasında dizayn optimizasyonu için geliştirilmiştir [31]. Bazı akış kanal tasarımlarında da fraktal yapı kullanılmıştır. Ramos Alvarado ve ark. [32] tarafında bu yapı akış kanallarına başarılı bir şekilde uyarlanmıştır. Çalışmada 16, 64 ve 256 çıkışa sahip üç farklı tasarım üzerinde durulmuştur (Şekil 13). Simülasyon sonuçlarına göre 256 çıkışa sahip tasarım ile en iyi performans elde edilmiştir. Çıkış sayısının dolayısıyla kanal sıklığının artmasıyla akım yoğunluğunun dağılımı daha dengeli olduğu görülmüştür. Ancak yapılan tasarım standart serpantin tasarımdan daha iyi bir performans gösterememiştir. Bu kadar fazla çıkışa sahip olan bir tasarımın üretimi ve deneysel olarak çalışılması da pek olanaklı görünmemektedir. Bu çalışma üretilebilir bir tasarım yapmak konusu üzerinde durmaya ihtiyaç duymaktadır.



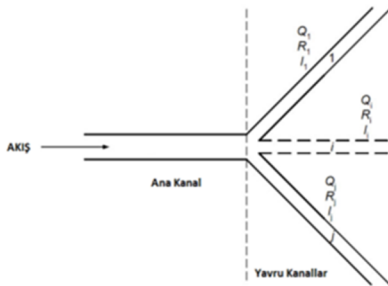
Şekil 13. Fraktal yapıya sahip akış kanal tasarımı: a) 16; b) 64 çıkış

Murray yasası (1) olarak bilinen dallanma ilkesi matematik tabanlı biyolojik tasarımlarda kullanılan bir yöntemdir. Yaprak kanalları ve akciğer damar yapıları incelenerek ortaya çıkarılan bu yöntem akış kanallarına uyarlanmıştır [33,34]. Şekil 14'te görülen Murray yasası ana kanalın yarıçapının küpü, bu ana kanaldan dallanan yavru kanalların yarıçaplarının küpleri toplamına eşit olduğundan bahseder. Murray Kanunu;

$$r_p^3 = r_{d1}^3 + r_{d2}^3 + \dots + r_{dn}^3 \quad (1)$$

$r_p^3$ : Ana kanal yarıçapı  
 $r_{d1}^3, r_{d2}^3, r_{dn}^3$ : Yavru kanal yarıçapları

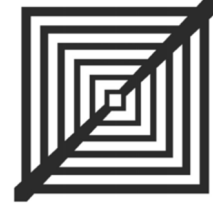
Currie [33] tez çalışmasında Murray yasasını kullanarak bazı akış kanal tasarımları yapmış ve bu tasarımların performansı ile standart paralel ve serpantin tasarımların performanslarını kıyaslamıştır. İlk aşamada iki boyutlu modelleme kullanmıştır. Simülasyondan elde edilen sonuçlara göre hangi numunenin deneysel çalışmada kullanacağı belirlenmiştir. Deney sonuçları Murray yasasına göre tasarlanan akış kanallarına (Şekil 15) sahip plakanın standart paralel dizayna göre daha az basınç düşmesi gerçekleştirdiği tespit edilmiş, ancak deneyler esnasında ölçülen su birikmesi etkisi üçlü serpantin tasarıma göre daha kötü performans göstermiştir.



Şekil 14. Murray Kanunu

Currie'nin çalışması optimum kanal konfigürasyonunu tespit etmek için kullanılmış bir biçimsel matematik temelli

olguyu içermektedir. Bir bitki yaprağındaki damar modeli referans alınmış ve dallanma oranları için Murray yasası uygulanmıştır. Bu yöntem sadece ana damar ve dallanan damarların çapları arasında bir ilişkiyi içermekte fakat damar sayısı veya damar başlangıç kalınlığı gibi önemli boyutlar hakkında bir fikir vermemektedir.

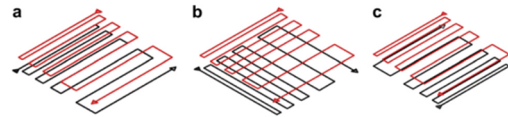


Şekil 15. Murray kanununa göre değişen kanal genişliğine sahip akış kanalı

Currie'nin çalışması optimum kanal konfigürasyonunu tespit etmek için kullanılmış bir biçimsel matematik temelli olguyu içermektedir. Bir bitki yaprağındaki damar modeli referans alınmış ve dallanma oranları için Murray yasası uygulanmıştır. Bu yöntem sadece ana damar ve dallanan damarların çapları arasında bir ilişkiyi içermekte fakat damar sayısı veya damar başlangıç kalınlığı gibi önemli boyutlar hakkında bir fikir vermemektedir.

## 5. Akış Yönü

Bir PEM yakıt hücresinin çalışması esnasında, akış kanalları içinde hareket eden reaktantların akış ile ilgili özelliklerinden olan sıcaklık, basınç, konsantrasyon, bağıl nem vb. giriş ile çıkış arasında önemli ölçüde değişmektedir. Bu yüzden membranın her iki tarafındaki reaktant gazların takip ettikleri akış yönleri değişik noktalarındaki akışkanların durumunu belirleyen önemli bir etkidir. Bu durumunu performans üzerindeki etkilerini inceleyen araştırmacılar en çok Şekil 16.'de görülen eş yönlü akış, çapraz akış ve ters akış metotlarını kullanmıştır.



Şekil 16. Değişik akış yönleri: a) ters akış; b) çapraz akış; c) aynı yönlü akış

Ge ve Yi [35] 140 cm<sup>2</sup> aktif alanda, reaktant akış yönünün PEM yakıt hücresi performansına etkisini incelemiştir. Sonuçlar zıt akış kullanılması durumunda membran nemlendirilmesinde bir gelişme olduğunu göstermiştir. Membranın nemlenmesindeki gelişme ise membran iyon iletim katsayısını azaltmakta ve hücre iç direnç kayıplarının artması ile güç yoğunluğu artmaktadır. Ayrıca membran üzerinde akım yoğunluğu daha dengeli olmaktadır. Dengeli akım yoğunluğu PEM yakıt pillerinde istenen bir durumdur. İlk olarak bölgesel "soğuk noktalar" yani reaksiyon hızının ve bununla ilişkili olan ısı salınımının ortalamasının altında olan bölgeler hücre performansını azaltmaktadır. Benzer şekilde reaksiyon hızının ve buna bağlı olan ısı salınımının ortalama değerden yüksek olduğu bölgeler olan "sıcak noktalar" da aynı etkiyi doğurmaktadır. Dengesiz akım yoğunluğu düşük yakıt tüketimi, düşük güç yoğunluğu ve platin katalizörün verimsiz kullanılması anlamına gelmektedir. Fakat en önemlisi dengesiz akım yoğunluğunun sebep olduğu bölgesel sıcak noktaların önemli ölçüde hücre ömrünü azaltmasıdır. Dolayısıyla akım

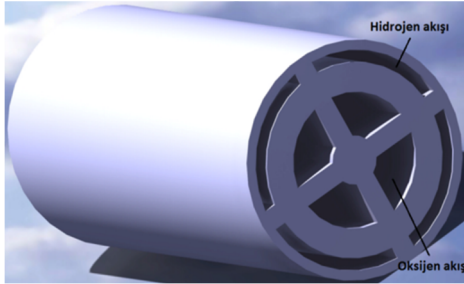
yoğunluğunun dengeli olmasını sağlayan zıt akış olumlu bir gelişmedir.

Scholta ve ark. [36] anot ve katotta değişik yön konfigürasyonlarını kullanmıştır. Anotta nemlendirilmiş katotta ise kuru gaz kullanılmış, deneyler 100 cm<sup>2</sup> aktif alana sahip serpantin akış alanı modellenmiş bipolar plakalar ile yapılmıştır. 0.580V hücre voltaj değerinde eş yönlü akış için %30 hava tüketimi söz konusu iken, zıt akış modelinde aynı voltaj değeri için hava tüketim oranı %30'dur. Bu çalışmanın sonucunda da daha dengeli membran nemlendirmesi sebebiyle zıt akış konfigürasyonu daha iyi performans göstermiştir. Paralel akış düzenine sahip hücrenin testlerinde ise yine ters akış modeli uygulanmış, daha derin akış kanallarında yüksek akım yoğunluğu bölgelerinde daha yüksek voltaj elde edilmiştir.

## 6. Dairesel şekilli hücre tasarımı

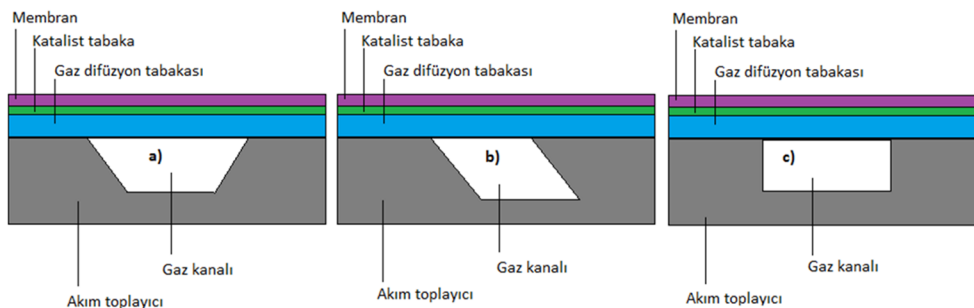
Farklı bir geometride tasarlanan PEM yakıt hücresinin üç boyutlu ve tek fazlı bir modeli bipolar plaka ve gaz difüzyon tabakası arasındaki bağlantıların performans, akım yoğunluğu ve gaz konsantrasyonu araştırılmak amacıyla geliştirilmiştir (Şekil 17) [37]. Geliştirilen model tam bir hücre bileşenleri olan membran, gaz difüzyon tabakası, elektrotlar, katalist tabaka ve akış kanallarını içermektedir. Reaktant transfer ve elektrokimyasal reaksiyon kinetikleri tek etki alanında çözülmüş; bu nedenle hücre bileşenleri arasında herhangi bir ara yüz sınır koşulu gerekmemektedir. Yapılan modeldeki kabuller şu şekildedir;

- Gaz karışımları idealdir.
- Düşük akış ve düşük yakıt tüketimi sebebiyle akış sıkıştırılmaz ve laminardır.
- Membran, elektrotlar ve katalist yüzeyler izotropik ve elektrot gözenekliliği homojendir.
- Gözenekli elektrot ve akım toplayıcı plakaların elektriksel direnci ihmal edilmiştir.
- Sistem kararlıdır.



Şekil 17. Halka şeklinde tasarlanmış PEM yakıt pilinin şematik gösterimi

Yakıt hücresi performansına etkisini incelemek için bipolar plaka ve gaz difüzyon tabakası arasında altı farklı bağlantıya sahip değişik akış kanal tasarımlarına ait



Şekil 18. Akış kanal kesit geometrileri a) trapez b) paralel kenar c) dörtgen profil

polarizasyon eğrisi incelenmiştir. Hücre içindeki iç akışın durumunu incelemek için bipolar plaka ve gaz difüzyon tabakası arasında altı farklı bağlantılı dairesel yapıyı yakıt pilinin polarizasyon eğrileri incelenmiştir. I-V eğrilerinden görüldüğü üzere; düşük çalışma gerilimi şartlarında bipolar plaka ile gaz difüzyon tabakası arasındaki bağlantı sayısı önemli olmaktadır. Ancak yüksek gerilim değerleri için ki bu çalışma şartları düşük akım yoğunluğu bölgesi olarak tabir edilir, bağlantıların etkisi küçüktür. Aynı zamanda bağlantı sayısının da performansa etkisi bulunmaktadır. Gaz difüzyon tabakası ve bipolar plaka arasındaki bağlantı sayısı arttıkça performansta olumlu gelişme yaşanmış, artan bağlantı sayısı ile hidrojen ve oksijen tüketimi artmış, üretilen sıvı su miktarı artmıştır. Sonuçlar Miansari ve ark. [38] tarafından yapılan çalışma sonuçları ile kıyaslanmıştır ancak modelleme çalışmasının deneysel bir çalışma ile doğrulanması gerektiği bilinen bir gerçektir. Üretimi oldukça zor görülen bu tasarımın seri üretime uygun bir halde tasarımı yapılmalıdır.

## 7. Kanal kesit geometrisi

Değişik akış kanal kesit geometrilerinin (Şekil 18) yüksek akım yoğunluğu çalışma koşullarındaki yakıt hücresinin performansını tespit etmek amacıyla hesaplamalı akışkanlar dinamiği analizleri yapılmıştır [39]. Bir 3-D izotermal olmayan düz kanal modeli kullanılmıştır. Ayrıca değişik akım yoğunluğu değerlerinde su yönetimini doğru olarak inceleyebilmek için çoklu faz transferi gözetilerek modelleme yapılmıştır.

Kanal kesit geometrisi olarak seçilen üç şekil için aynı sınır şartlarında test edebilmek için eşit kanal derinliği, kanal alanı ve aktif alan seçilmiştir. Bu kanal geometrileri kullanılarak yapılan modelden elde edilen sonuçlara göre dikdörtgen kesite sahip kanal tasarımının en yüksek voltaj değerini verdiği, ancak trapez kesitli kanalın membran gaz difüzyon tabakası ve katalist tabakalar arasında daha uniform reaktant dağılımı sağladığı, bölgesel akım yoğunluğunun daha dengeli olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca sonuçlara göre dirençsel kayıplar ve katot voltaj düşmesi, kaburga kalınlığından önemli ölçüde etkilenmektedir. Dikdörtgen kesit ile farklı kaburga kalınlıklarına sahip akış kanalları da modellenmiş ve düşük akım yoğunluğu değerlerinde kaburga kalınlığının hücre voltajını pek de etkilemediği görülmüştür. Yüksek akım yoğunluğu değerlerinde optimum kanal-kaburga genişlik oranı olarak 1,3-1,4 değerleri tespit edilmiştir. Özellikle yüksek akım yoğunluğu değerlerinde artan kanal-kaburga genişliği oranı ile yakıt pili performansı kötüleşmiştir. Düşük kaburga genişliği daha yüksek oksijen konsantrasyonu ve bölgesel akım yoğunluğu sağlamış ancak anot su aktivitesinin kısıtlanmasından dolayı yüksek membran direncine sebep olmuştur. Bilhassa yüksek akım yoğunluğu değerleri için membran iletkenliği ve kaburga genişliğinin sırasıyla çok önemli fiziksel ve geometrik parametreler olduğunu belirtmişlerdir.

## 8. Sonuç

Bipolar plakalar üretilen akımı toplama, hücre aktif alanına reaktantların sağlanması, membran elektrot birleşimine mekanik destek olma, su ve ısı yönetimi gibi önemli görevleri üstlenen PEM yakıt pillerinin bir bileşenidir. Bipolar plakalar üzerindeki akış kanalı ile ilgili yapılan düzenlemeler, PEM yakıt pili performansı üzerinde büyük öneme sahiptir. Araştırmacılar akış kanal geometri ve tasarımları hakkında yaptıkları matematiksel modeller ile önemli performans iyileştirmeleri yakalamıştır.

Bu çalışmada son yıllarda bipolar plaka akış kanalları hakkında yapılan çalışmalar ele alınmış, yapılan yeniliklerin yakıt hücresi akım yoğunluğu, güç yoğunluğu ve su yönetimine olan etkileri değerlendirilmiştir. Akış alanı, akış yönü, kanal uzunluğu ve kanal sayısı, akış doğrultusunda engelleyici blokların kullanımı, kanal kesit şekli, kanal ve kaburga genişliği, kanal derinliği ve kanal kesitinin genişlik-derinlik oranı gibi geometrik ve fiziksel parametrelerin PEM yakıt hücresi performansına etkisi incelenmiştir. CFD modelleme uygulaması akış kanal tasarımının performansını tespit etmek için kullanılan önemli bir araç olduğu gözlemlenmiştir. Ancak bazı tasarımlarda deneysel doğrulamaya ihtiyaç olduğu düşünülmektedir. Özellikle doğadan esinlenen biyonomik akış tasarımları ve dairesel kesitli yakıt pillerinde deneysel çalışmalar yapılması ve bu tasarımların su yönetimi, reaktant dağıtımı ve akım yoğunluğu dağılımına etkileri hakkında yapılmış modelleme çalışmalarının doğrulanması gerekmektedir.

## Kaynaklar

- [1] H. Kahraman, İ. Çevik "Çalışma Koşullarının PEM Yakıt Pili Performansına Etkisinin İncelenmesi" ,7th International Advanced Technologies Symposium (IATS'13), 30 Ekim- 1 Kasım, 2013, Yıldız Teknik Üniversitesi.
- [2] Yan W, Chu H, Chen J, Soong C, Chen F. Transient analysis of water transport in PEM fuel cells. Journal of Power Sources 2006;162:1147-56.
- [3] Theodorakakos A, Ous T, Gavaises M, Nouri JM, Nikolopoulos N, Yanagihara H. Dynamics of water droplets detached from porous surfaces of relevance to PEM fuel cells. Journal of Colloid and Interface Science 2006;300:673-87.
- [4] Lee C, Chu H. Effects of cathode humidification on the gas-liquid interface location in a PEM fuel cell. Journal of Power Sources 2006;161:949-56.
- [5] He W, Nguyen TV. A new diagnostic tool for liquid water management in PEM fuel cells using interdigitated flow fields. Chemical & Petroleum Engineering Department, the University of Kansas Lawrence; 2002. KS 66045.
- [6] Su A, Weng F-B, Hsu C-Y, Chen Y-M. Studies on flooding in PEM fuel cell cathode channels. International Journal of Hydrogen Energy 2006;31:1031-9.
- [7] Cheng B, Minggao O, Baolian Y. Analysis of water management in proton exchange membrane fuel cells. 1007e0214 10/21. Tsinghua Science and Technology February 2006;vol 11(1):54-64.
- [8] Larminie J., Dicks A., Fuel Cell Systems Explained, Second Edition, John Wiley & Sons Ltd, The Atrium, Oxford Brookes University, Southern Gate, Chichester, West Sussex PO19 8SQ, England (2003)
- [9] H. Kahraman, İ. Çevik, 6th International Advanced Technologies Symposium (IATS'11), 16-18 May 2011, Elazığ, Turkey
- [10] İnternet: <http://www.Ballard.com> (Mart 2014).
- [11] Woodman AS, Anderson EB, Jayne KD, Kimble MC, Development of corrosion resistant coatings for fuel cell bipolar plates. AESF SUR/FIN, 6/21-24, 1999.
- [12] Watkins DS, Dircks KW, Epp DG. US Patent No. 5.108.849, 1992.
- [13] Watkins DS, Dircks KW, Epp DG. US Patent No. 4.988.583, 1991.
- [14] Hu Guilin, Fan Jianren, Chen Song, Liu Yongjiang, Cen Kefa. Three-dimensional numerical analysis of proton exchange membrane fuel cells (PEMFCs) with conventional and interdigitated flow fields. Journal of Power Sources 2004;136:1-9.
- [15] Zhou Xiaochun, Ouyang Wenze, Liu Changpeng, Lu Tianhong, Xing Wei, An Lijia. A new flow field and its two dimension model for polymer electrolyte membrane fuel cells (PEMFCs). Journal of Power Sources 2006;158:1209-21.
- [16] Birgersson E, Vynnycky M. A quantitative study of the effect of flow-distributor geometry in the cathode of a PEM fuel cell. Journal of Power Sources 2006;153:76-88.
- [17] Yan Wei-Mon, Yang Ching-Hung, Soong Chyi-Yeou, Chen Falin, Mei Sheng-Chin. Experimental studies on optimal operating conditions for different flow field designs of PEM fuel cells. Journal of Power Sources 2006; 160:284-92.
- [18] Yan Wei-Mon, Chen Chi-Yen, Mei Sheng-Chin, Soong Chyi-Yeou, Chen Falin. Effects of operating conditions on cell performance of PEM fuel cells with conventional or interdigitated flow field. Journal of Power Sources 2006;162:1157-64.
- [19] Hwnag, J.J., Chang, W.R., Peng, R.G., Chen, P.Y. and Su, A. "Experimental and numerical studies of local current density." International Journal of Hydrogen Energy. 33 (2008) 5718-5727.
- [20] Kloess, J.P., Wang, X., Liu, J., Shi, Z. and Guessous, L. "Investigation of bio-inspired flow channel designs for bipolar plates in proton exchange membrane fuel cells." Journal of Power Sources. 188 (2009) 132-140.
- [21] Jeon, D.H., Greenway, S., Shmpalee, S. and VanZee, J.W. "The effect of serpentine flow field designs on PEM fuel cell performance." International Journal of Hydrogen Energy. 33 (2008) 1052-1066.
- [22] Kim, S. and Hong, I. "Effect of flow field design on the performance of a proton exchange membrane fuel cell (PEMFC)." Journal of Industrial Engineering Chemistry. 13 (2007) 864-869.
- [23] Wang, X.-D., Duan, Y.-Y., Yan, W.-M. and Peng, X.-F. "Effects of flow channel geometry on cell performance for PEM fuel cells with parallel and interdigitated flow fields." Electrochimica Acta. 53 (2008) 5334-5343.
- [24] Nannan Guo, Ming C. Leu, Umit O. Koylu, Network based optimization model for pin-type flow field of polymer electrolyte membrane fuel cell, Int. J of Hydrogen. Energy, 38 (2013) 6750-6761.



- [25] Weng, W.-C., Yan, W.-M., Li, H.-Y. and Wang, X.-D. "Numerical simulation of cell performance in proton exchange membrane fuel cells with contracted flow field design." *Journal of the Electrochemical Society*. 155 (2008) B877-B886.
- [26] Liu, H.C., Yan, W.M., Soong, C.Y., Chen, F., and Chu, H.S. "Reactant gas transport and cell performance of proton exchange membrane fuel cells with tapered flow field design." *Journal of Power Sources*. 158 (2006) 78-87.
- [27] Yan, W.M., Liu, H.C., Soong, C.Y., Chen, F. and Cheng, C.H. "Numerical study on cell performance and local transport phenomena on PEM fuel cells with novel flow field designs." *Journal of Power Sources*. 161 (2006) 907-919.
- [28] Debe, M.K. and Herdtle, T. "Design and development of a novel flow field for Pem fuel cells to obtain uniform flow distribution." *Electrochemical Society Transactions* 2006 1, 6, 581-604.
- [29] Wang, X.-D., Duan, Y.-Y., Yan and W.-M. "Novel serpentine-baffle flow field design for proton exchange membrane fuel cells." *Journal of Power Sources*. 173 (2007) 210-221.
- [30] Roshandel R, Arbabi F, Karimi Moghaddam G. Simulation of an innovative flow-field design based on a bio inspired pattern for PEM fuel cells. *Renewable Energy* 2012;41:86-95.
- [31] Fan Z, Zhou X, Luo L, Yuan W. Experimental investigation of the flow distribution of a 2-dimensional constructal distributor. *Exp Thermal Fluid Sci* 2008;33(1):77-83.
- [32] Ramos-Alvarado B, Hernandez-Guerrero A, Elizalde-Blancas F, Ellis MW. Constructal flow distributor as a bipolar plate for proton exchange membrane fuel cells. *Int J. Hydrogen Energy* 2011;36:12965-76.
- [33] Currie JM. Biomimetic design applied to the redesign of a PEM fuel cell. Thesis, University of Toronto; 2010.
- [34] Domachuk P, Tsioris K, Omenetto FG, Kaplan DL. Biomicrofluidics: biomaterials and biomimetic designs. *Adv Mater* 2010;22:249-60.
- [35] Ge Shan-Hai, Yi Bao-Lian. A mathematical model for PEMFC in different flow modes. *Journal of Power Sources* 2003;124:1-11.
- [36] Scholta J., Haussler F., Zhang W., Kuppers L., Jorissen L., Lehnert W., Development of a stack having an optimized flow field structure with low cross transport effects. *Journal of Power Sources* 2006;155:60-5.
- [37] I. Khazaei, M. Ghazikhani, Performance improvement of proton exchange membrane fuel cell by using annular shaped geometry, *Journal of Power Sources*, 196 (2011) 2661–2668.
- [38] Me. Miansari, K. Sedighi, M. Amidpour, E. Alizadeh, Mo. Miansari, *J. Power Sources* 190 (2009) 356–361.
- [39] Dewan Hasan Ahmed, Hyung Jin Sung, Effects of channel geometrical configuration and shoulder width on PEMFC performance at high current density, *Journal of Power Sources* 162 (2006) 327–339.



## Türk Doğa ve Fen Dergisi Turkish Journal of Nature and Science

<http://www.bingol.edu.tr/dergiler/turk-doga-ve-fen-dergisi.aspx>



# Atık Bordür Taşlarının Beton Agregası Olarak Kullanılabilirliğinin Araştırılması

Hasan POLAT<sup>\*1</sup>, Uğur Eren YURTCAN<sup>2</sup>, M. Nuri KOLAK<sup>2</sup>

## Özet

Doğal kaynaklarımız, ülke nüfusunun artması ve tüketim alışkanlıklarının değişmesi nedeniyle azalmaktadır. Kaynakların sınırlı olduğu ve tüketimin hızla arttığı ülkemizde, geri dönüşüm büyük bir önem kazanmıştır. Yapılan bu çalışmada Bingöl ilinde yapılan yol çalışması sonucu sökülen bordür taşlarının, geri dönüştürülmüş agrega olarak beton içerisinde değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Bingöl ilinde yapılan yol çalışması sonucu sökülen bordür taşlarından elde edilen örneklerden iki farklı granulometri (0-4) mm - (4-16) mm oluşturulmuştur. Örnekler üzerinde tane boyu dağılımı (granulometri), birim ağırlık, özgül ağırlık, su emme, deneyleri yapılarak değerleri bulunmuş.

Çalışmada bordür taşlarından elde edilen agregalar %0 (Şahit), %10, %20, %30, %40 ve %50 oranında normal agrega ile yer değiştirilerek beton numuneler üretilmiştir. Üretilen beton numuneler 28 günlük kür süresi sonunda basınç dayanımı, ultrases geçiş hızı ve schmidt yüzey sertliği özellikleri incelenmiştir. Yapılan incelemeler sonucunda Bingöl ilinde yapılan yol çalışması sonucu sökülen bordür taşlarının beton içinde değerlendirilip ülke ekonomisine katkı sağlanacağı ve bordür taşlarından elde edilen agregaların %20 oranında beton agregası olarak kullanılabilir olduğu sonucuna varılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Beton, Bordür Taşı, Agregası, Basınç dayanımı

## Investigation of Usable as Aggregate in Concrete of Waste Curbstones

### Abstract

Our natural resources are running out by increasing of population and changing of our consumptive habit. Recycling is gained value because of that our natural resources are limited and increase of consumption by the time. In this study, aimed that use of the curbstones which become waste through road restoration works at Bingöl City as recycled concrete aggregate. Two different granulometry ((0-4) mm – (4-16) mm) is composed with waste curbstones. Grain size distribution (granulometry), unit weight, specific gravity, water absorption tests are made on specimens and obtained data.

In study, different specimens are produced by replacing normal aggregate and waste curbstone aggregate with 0% (base), 10%, 20%, 30%, 40% and 50% ratios. After the cure time (28 days), pressure strength, ultrasound velocity and schmidt surface hardness properties of specimens are examined. At the end of this study stated that waste curbstone is usable as aggregate by replacing with normal aggregate for maximum 20% and recycling of curbstones obtains incomes to economy of country.

**Keywords:** Concrete, Curbstone, Aggregate, Compressive Strength

### 1. Giriş

Beton; çimento, su, agrega ve gerektiğinde katkı maddelerinin (mineral, kimyasal, fiber vb) belirli şartlar ve oranlarda karıştırılmasıyla elde edilen, başlangıçta şekil verilebilen plastik formda olup, zamanla çimento ve su arasındaki kimyasal reaksiyonun gelişmesiyle (hidratasyon) sertleşerek mukavemet kazanan, harç fazı ve agregadan oluşan kompozit bir yapı malzemesidir [1].

Beton her zaman yapı malzemesi dünyasında geçerliliğini devam ettirmiş ve en çok kullanılan yapı malzemesidir. Dayanıklılığı, kolay şekil verilebilirliği,

istenilen fiziksel özellikler hem şantiyede hem de şantiye dışı alanlarda (beton tesislerinde) ileri teknoloji gerektirmeden ekonomik olarak üretilebilmesi nedeniyle yapı malzemesi dünyasında vazgeçilmez bir öge haline gelmiştir [2].

Beton agregası; beton veya harç yapımında çimento ve su karışımından oluşan bağlayıcı malzeme ile birlikte bir araya getirilen, organik olmayan doğal veya yapay malzemenin genellikle 100 mm'yi aşmayan (yapı betonlarında çoğu zaman 63 mm'yi geçmeyen) büyüklüklerdeki kırılmış veya kırılmamış tanelerin oluşturduğu bir yığındır [3].

Betonun özellikleri kullanılan malzemeler tarafından belirlenir. Beton hacminin yaklaşık %75'ini oluşturan agregaların kalitesi ve türü betonun performansını ve durabilitesini büyük ölçüde etkilemektedir. İyi beton elde

<sup>1</sup>Bingöl Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Mimarlık ve Şehir Planlama Bölümü, Harita ve Kadastro Programı, Bingöl, TÜRKİYE

<sup>2</sup>Bingöl Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, İnşaat Bölümü, İnşaat Teknolojileri Programı, Bingöl, TÜRKİYE

\*Sorumlu yazar eposta: hpolat@bingol.edu.tr

edebilmek için uygun agregası kullanılması gerektiği bilinen bir gerçektir [4].

Genel olarak beton agregaları, harçtan en ekonomik şekilde yararlanılacak granulometriye sahip olmalı, suyun etkisi altında yumuşamamalı, dağılmamalı, çimentonun bileşenleri ile zararlı bileşikler meydana getirmemeli, sert ve sağlam olmalı, su ile zararlı kimyasal bileşikler oluşturmamalı, kimyasal olarak zararlı maddelerle ve kille sarılı bulunmamalı veya çimentonun yapışma etkisine zarar vermemeli, donatının korozyona karşı korunmasını tehlikeye düşürmemelidir.

Agrega, kullanım yeri ve amacına göre; granulometrik dağılımı, tane şekli, tane dayanımı, aşınma direnci, dona dayanıklılığı ve zararlı maddeler bakımından TSE'nin belirlemiş olduğu ölçütlere uygun olmalıdır [3].

Gelişen teknolojinin ihtiyaçlarına paralel olarak betondan beklenen performansları arttırmada beton için çok çeşitli katkı maddeleri kullanılmaktadır. Bu katkılar, özel olarak beton için üretilen sanayi ürünü olan katkıları olabildiği gibi endüstriyel üretimler sonucu veya kullanım sonrası açığa çıkan maddeler de olabilmektedir. Dünyada sürdürülebilir bir gelecek için geliştirilen endüstriyel ekoloji kavramına göre bir endüstrinin yan ürünü bir başka endüstride hammadde olarak kullanılabilir. Böylece iki endüstrinin çevreye olan zararları azaltılabilir. Beton teknolojileri geliştirilirken çevreyle dostluk, maliyetler ve dayanıklılık kriterleri göz önüne alınmaya başlanmıştır [5].

Kaliteli agregası kaynaklarının giderek azalması, kaliteli agregadan dolayı beton maliyetindeki artışlar, doğal çevrenin bozulması, çevresel kirliliğin artması ve yeni arayışları ortaya çıkarmıştır. Geri dönüşüm beton agregasının değerlendirilmesi çevrenin korunması bakımından son derece önemlidir. Bu nedenle atık yapı malzemeleri ekonomik değer kazandırmak günümüzde ön plana çıkmaktadır.

Bu çalışmada Bingöl ilinde yapılan yol çalışması sonucu sökülen bordür taşlarının, geri dönüştürülmüş bordür agregası olarak (GDBA) %0, %10, %20, %30, %40 ve %50 oranında normal agregası (NA) ile yer değiştirilerek beton numuneler üretilmiştir. Üretilen beton numuneler 28 günlük kür süresi sonunda basınç dayanımı, ultrases geçiş hızı ve schmidt yüzey sertliği özellikleri incelenmiştir.

## 2. Materyal ve Metot

Betondan beklenen en önemli özelliklerden biri yapı kullanım amacına göre değişmekle beraber, genellikle basınç dayanımıdır (Polat ve Özel, 2012). Bu çalışmada beton tasarımı TS EN 206 -1 (2002)'e [6], göre yapılmış olup s/c oranı 0,45 ve çimento dozajı 400 kg/cm<sup>3</sup> olarak sabit tutulmuştur.

Beton üretiminde kullanılan agregalar 0-4 mm kırma kum (KK), 4-16 mm kırma taş (KT) olmak üzere iki tip kırma taş agregası, agregalarla yer değiştirmek için kullanılan GDBA (Geri Dönüştürülmüş Bordür Agregası) agregası 0-4mm ve 4-16 mm olmak üzere iki farklı gruba ayrılmıştır. Çalışmada kullanılan agregaların karışım gradasyon eğrileri Şekil 1'de, bazı fiziksel özellikleri ise Tablo 1'de verilmiştir.

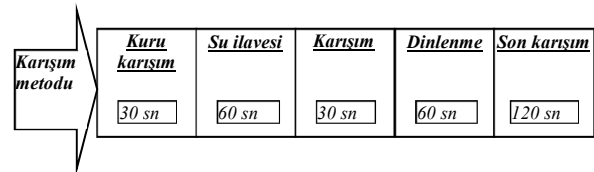
**Tablo 1.** Agregaların tane yoğunlukları, su emme oranları

Agrega türü	Tane Yoğunluğu (DKY) Mg/m <sup>3</sup>	Birim Hacim Kütle (Mg/m <sup>3</sup> )	Su Emme Oranı (%)
NA (0-4)	2,72	2,43	1,13
NA (4-16)	2,47	2,39	0,34
GDBA (0-4)	2,23	2,27	2,10
GDBA (4-16)	2,45	2,19	0,85

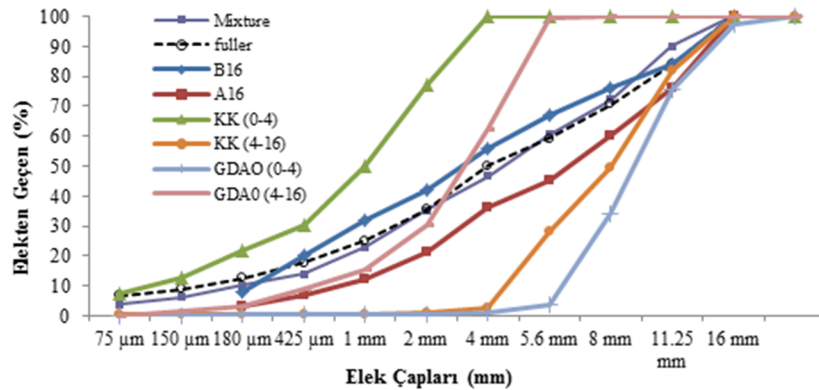
TS 206-1 (2002) [6]'ya göre üretilen betonlar üzerinde tahribatsız; ASTM C 597 (1997) [7]'e göre ultrases geçiş hızı tayini deneyi, TS 3260 (1978) [8]'e göre schmidt yüzey sertliğinin belirlenmesi, TS EN 12390-5 (2002) [9]'a ve TS EN 12390-3 (2003) [10]'a göre basınç mukavemeti tayini, deneyi yapılmıştır. Çökme (Slump) deneyi; ASTM C 143 (2000) [11] ve TS EN 12350- (2002) [12]. Birim hacim ağırlık deneyi; ASTM C 127 (2001) [13] ve ASTM C 128 (1997) [14], Betonların bakımı ve kürü; TS EN 12390-2 (2002) [15]'e göre yapılmıştır.

Beton üretiminde GDBA agregası normal agregası ile hacimce %10, %20, %30, %40 ve %50 oranlarında yer değiştirmek suretiyle kullanılmıştır. Yer değiştirme oranlarının yarısı (örneğin %10 GDBA için) %5'i 0-4 mm tane büyüklüğünden diğer yarısı (%5) 4-16 mm tane büyüklüğünden olacak şekilde yer değiştirme işlemi yapılmıştır.

Karılma işlemi Özel ve Yücel (2011) [16] tarafından önerilen yöntemine göre 30 sn saniye kuru (iri agregası, ince agregası, bağlayıcı madde), 90sn (ilk bir dakika su ilavesi), 60 sn dinlenme ve 120 sn karışım olmak üzere toplam 300 sn'de (5 dk) yapılmıştır.



**Şekil 2.** Betonun karılma işlem aşamaları



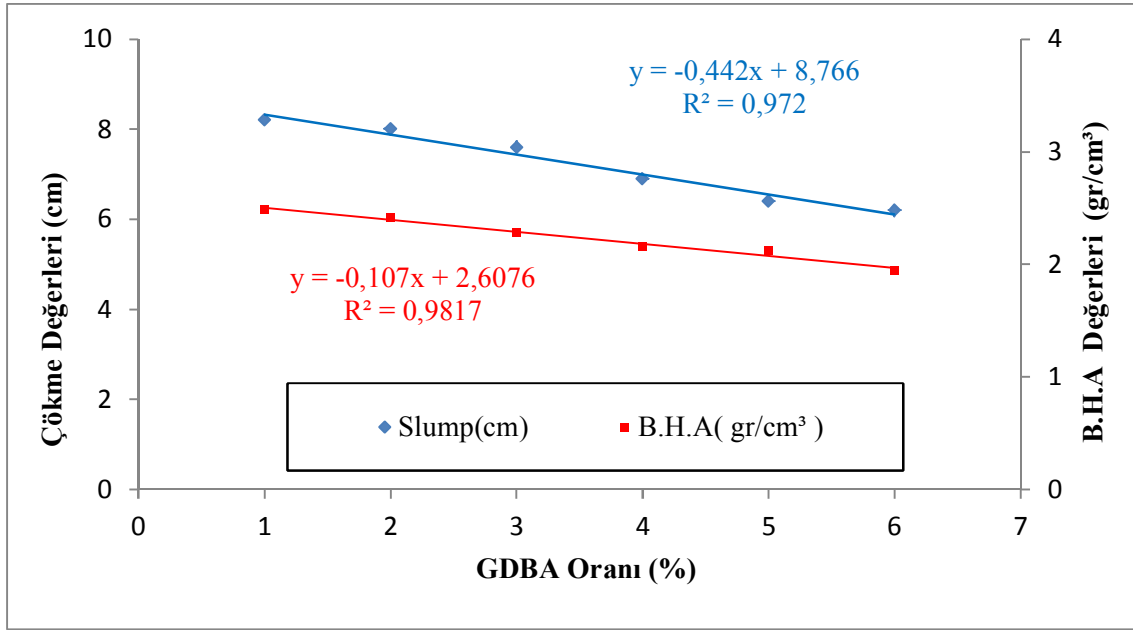
**Şekil 1.** Agregaların ve karışımın gradasyon eğrileri

### 3. Bulgular ve Tartışma

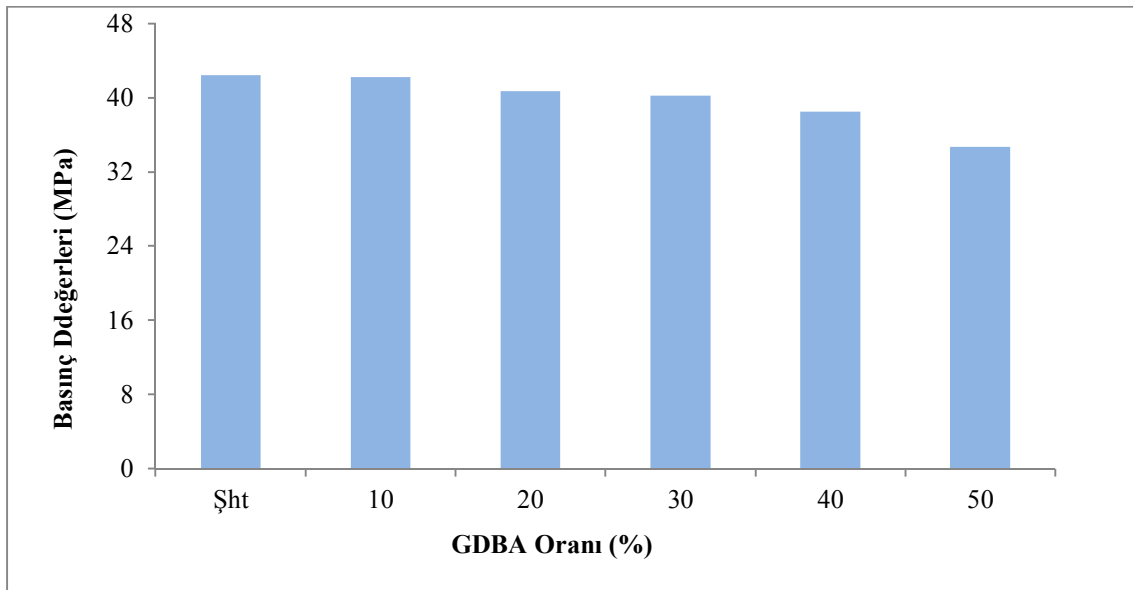
Üretilen beton karışımlar üzerinde taze beton özellikleri olarak çökme deneyi ve birim hacim ağırlık deneyleri yapılmış ve sonuçlar Şekil 3'te verilmiştir. Bu sonuçlara göre GDBA oranının artışına paralel olarak çökme değerleri azalmaktadır. Tablo 1'de elde edilen agreganın fiziksel özelliklerinden GDBA (0-4) ve (4-16) agregalarının tane yoğunluklarının en düşük olması ve en yüksek su emme oranının (%2.10) GDBA (0-4) agregasında olması bu sonucu desteklemektedir.

Taze betonun birim hacim ağırlık değerleri göz önüne alındığında, şahit betona göre GDBA 10'da %2,8, GDBA 20'de %8,0, GDBA 30'da %13,1, GDBA 40'da %14,8 ve GDBA 50'de %21,9 azalma meydana gelmiştir. Çökme değerlerinde ise şahit betona göre GDBA 10'da %2,4, GDBA 20'de %7,3, GDBA 30'da %15,9, GDBA 40'da %22 ve GDBA 50'de %24,4 oranında azalma görülmüştür.

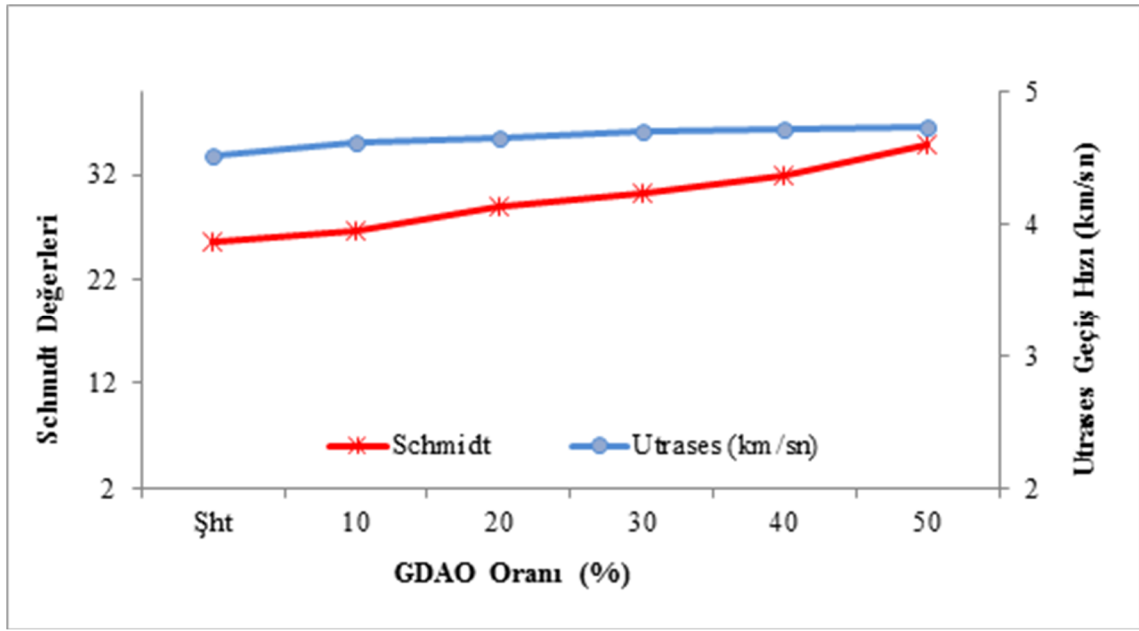
Diğer agregalara nazaran GDBA agregasının yoğunluk değerlerinin daha düşük olması, betonlarda artan oranda kullanılmasıyla GDBA'sını betonun taze birim hacim ağırlığındaki orantılı azalma beklenen bir durum olarak gerçekleşmiştir. Şekil 3'te gösterildiği gibi GDBA schmidt değerleri ve GDBA ultrases geçiş hızı değerleri arasında kabul edilebilir düzeyde lineer olmayan ilişkiler ve yüksek belirleyicilik katsayıları elde edilmiştir ( $R^2=0,9727-0,9817$ ). Basınç dayanımı değerlerinde ise şahit betona göre GDBA 10'da %2,6, GDBA 20'de %3,7, GDBA 30'da %11,5, GDBA 40'da %15,2 ve GDBA 50'de %23,6 oranında azalma görülmüştür. Şekil 4'te gösterildiği gibi GDBA oranının artmasıyla basınç dayanımı değerlerinde azalma meydana gelmiştir. Basınç dayanımında meydana gelen azalma GDBA 10'da ve GDBA 20'de düşük değerlerde iken diğer GDBA oranı yüzdelerinde (%10 - %24) yüksek oranlarda azalma meydana gelmiştir.



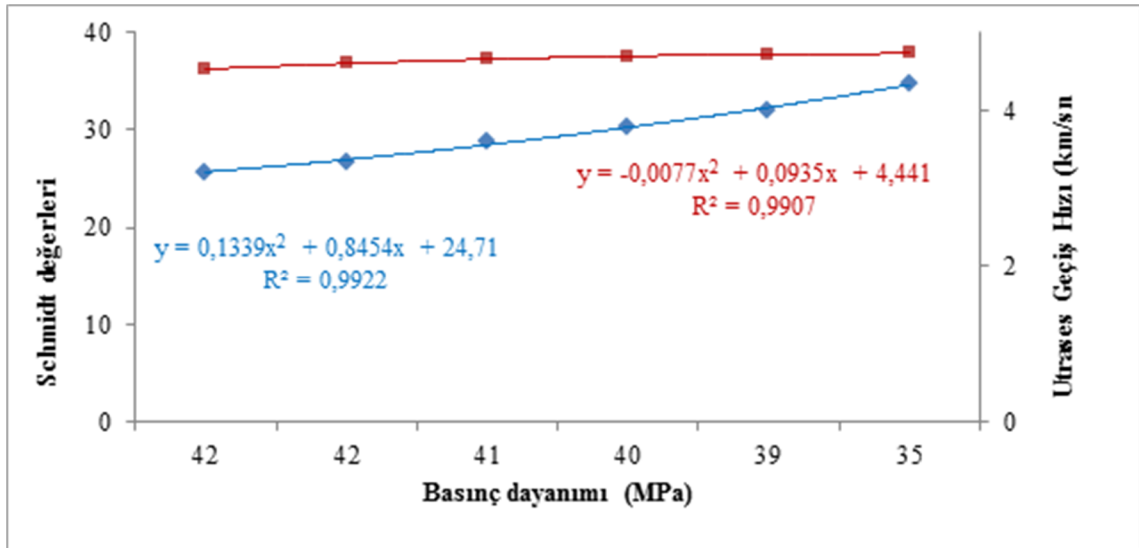
Şekil 3. Üretilen şahit ve GDBA betonların çökme ve taze beton birim hacim ağırlığı



Şekil 4. Basınç dayanımı deney sonuçları



Şekil 5. Ultrases geçiş hızı ve Schmidt yüzey sertliği deney sonuçları



Şekil 6. Basınç dayanımı, ultrases geçiş hızı, schmidt değerleri ilişkisi

Schmidt değerlerinde ise şahit betona göre GDBA 10'da %5.2, GDBA 20'de %17.9, GDBA 30'da %24.2, GDBA 40'da %32.9 ve GDBA 50'de %41.0 oranında azalma Ultrases geçiş hızı değerlerinde ise şahit betona göre GDBA 10'da %0.4, GDBA 20'de %3.0, GDBA 30'da %6.0, GDBA 40'da %6.9 ve GDBA 50'de %11 değerinde azalma meydana gelmiştir.

Şekil 6'da gösterildiği gibi Basınç dayanımı schmidt değerleri ve basınç dayanımı ultrases geçiş hızı değerleri arasında kabul edilebilir düzeyde lineer olmayan ilişkiler yüksek belirleyicilik katsayıları elde edilmiştir ( $R^2=0.990 \sim 0.992$ )

#### 4. Sonuçlar

Bingöl ilinde yapılan yol çalışması sonucu sökülen kaldırım taşlarından elde edilen agregaların beton agregası olarak kullanılabilirliğinin araştırıldığı bu çalışmada, elde edilen sonuçlar konularına göre aşağıda sıralanmıştır.

Kullanılan GDBA agregasının özgül ağırlığı, kullanılan normal agregaya göre daha düşüktür. İçindeki makro ve mikro boşluklar nedeniyle su emme değeri normal agregaya göre daha yüksektir. Sabit s/c ve çimento dozajında GDBA' sı miktarının artmasıyla betonun birim hacim ağırlığı azalma göstermiştir.

Sertleşmiş beton deneyleri incelendiğinde betonun mekanik özelliklerinde %20 GDBA kullanımında şahit betonla benzer özellikler meydana gelirken, %20 GDBA kullanımının sonraki değerlerinde (%30, %40, %50) azalma elde edilmiştir.

Yapılan incelemeler sonucu ultrases geçiş hızı ve schmidt yüzey sertliği değerleri ve basınç dayanımı özellikleri GDBA agregasının artmasıyla azalma göstermiş ve bu artış miktarı GDBA agregasının artan miktarında daha fazla gözlemlenmiştir.

Yapılan deneysel çalışmalarının sonuçları incelendiğinde Bingöl ilinde yapılan yol çalışması sonucu sökülen kaldırım taşlarından elde edilen GDBA agregasının %20 oranında beton agregası olarak kullanılabilir, diğer

oranlarda betonun mekanik özelliklerinde şahit betona göre azalma meydana getirdiği olduğu sonucuna varılmıştır.

Kentsel dönüşüm kapsamında şehirle de çalışmalarında ciddi manada atık malzemeler açığa çıkmaktadır. Ancak bu atık malzemelerin geri dönüşüm maliyeti ile normal beton agregasının maliyeti arasında çok büyük bir fark bulunmamakla beraber ülkemizde var olan doğal kaynakların tüketilmesi atık olan bu malzemelerin kullanılması doğal kaynaklarımızın tüketilmesi hususunda avantaj sağlayacaktır.

#### Kaynaklar

- [1] Polat, H. Kolemanit'li betonların bazı durabilite özelliklerinin incelenmesi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yapı Eğitimi Anabilim Dalı (Yüksek Lisans Tezi), Isparta, 2012.
- [2] Polat, H., Özel, C. TS EN 206-1'e göre tasarlanan ve zararlı kimyasal ortamlara maruz kalacak betonların basınç dayanımının bulanık mantık yöntemiyle tahmini, Yapı Teknolojisi Elektronik Dergisi, 8(1), 25-35, 2012.
- [3] Köken., A, Köroğlu., M.A, Yonar., F. Atık betonların beton agregası olarak kullanılabilirliği. Selçuk Üniversitesi Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu Teknik-Online Dergi,7, Sayfa, 2008.
- [4] Şengül, Ö., Taşdemir, C., Kuruç, Ş., Sönmez R. Agregat Türünün betonun donma - çözülme dayanıklılığına etkisi. 3. Ulusal Kırmı Taş Sempozyumu, 2003.
- [5] Yüksel., B, T., Yüksek fırın cürufunun parke ve bordür üretiminde kullanılması, Deprem Sempozyumu, Kocaeli, 870-880, 2005.
- [6] TS EN 206-1. Beton, Özellik, Performans, İmalat, Uygunluk, Türk Standartları Enstitüsü, SAYFA, Ankara, 2002.
- [7] ASTM C 597 Standard test method for pulse velocity through concrete. annual book of ASTM standards, 4p USA, 1997.
- [8] TS 3260, Beton Yüzey Sertliği Yolu ile Yaklaşık Beton Dayanımının Tayini. Türk Standartları Enstitüsü, SAYFA, Ankara, 1978.
- [9] TS EN 12390-5, 2003. Beton-Sertleşmiş Beton Deneyleri-Bölüm 5: Deney Numunelerinin Eğilme Dayanımının Tayini. Türk Standartları Enstitüsü,Ankara.
- [10] TS EN 12390-3, 2002. Beton - Sertleşmiş Beton Deneyleri - Bölüm 1: Deney Numunesi ve Kalıplarının Şekil, Boyut ve Diğer Özellikleri. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- [11] ASTM C 143, 2000. Standard Test Method for Slump of Hydraulic Cement Concrete. Annual Book of ASTM Standards, 3p. USA.
- [12] TS EN 12350-6, 2002. Beton- Taze Beton Deneyleri-Bölüm 6: Yoğunluk. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- [13] ASTM C 127, 2001. Standard Test Method for Density, Relative Density (Specific Gravity), and Absorption of Coarse Aggregate. Annual Book of ASTM Standards, 5p.USA.
- [14] ASTM C 128, 1997. Standard Test Method for Pulse Velocity Through Concrete. Annual Book of ASTM Standards, 49p. USA.
- [15] TS EN 12390-2, 2002. Beton - Sertleşmiş Beton Deneyleri, Dayanım Deneylerinde Kullanılacak Deney Numunelerinin Hazırlanması ve Kürlenmesi. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- [16] Özel, C., Yücel, K. T., Katkılı Taze Betonların Reolojik Özellikleri ile Bazı Taze Beton Deney Sonuçları Arasındaki İlişkiler, Teknik Dergi, 22 (1), 5241-5258, 2011.



## The Influence of Breeder Age to the Interior and Exterior Quality of Quail Eggs

Gökçe ÖZDEMİR\*<sup>1</sup>, Hakan İNCİ<sup>2</sup>, Bünyamin SÖĞÜT<sup>2</sup>, Aydın DAŞ<sup>2</sup>

### Abstract

The present study was conducted to investigate the relationships between breeder age and internal-external egg quality traits of quails. A total of 72 quails with 3 age groups (8-12, 16-20 and 32-36 weeks) were used as animal material of the experiments. Experiments were carried out in 24 different cage units with 8 replicates. A total of 174 eggs were obtained from the quails in 4 weeks. Egg weight, shape index, specific gravity, and haugh unit were investigated as interior-exterior quality traits.

As a results, it was observed that breeder age significantly affected egg weight, specific gravity, albumen, yolk and shell weight of quail eggs ( $P<0.001$ ,  $P<0.05$ ). Increasing egg weight, specific weight, albumen and yolk weight were observed with increasing quail ages.

**Keywords:** Quail, breeder age, egg quality

## Bıldırcınlarda Anaç Yaşının Yumurtanın Bazı İç ve Dış Kalite Özelliklerine Etkisi

### Özet

Japon bıldırcınlarında anaç yaşı ile yumurtanın dış ve iç kalite özellikleri arasındaki ilişkilerin incelendiği çalışmada hayvan materyali olarak 3 farklı yaşta (8-12, 16-20 ve 32-36 haftalar arasında) toplam 72 adet bıldırcın kullanılmıştır. Deneme 8 tekerrürlü olarak 24 farklı bölmede yürütülmüştür. Bıldırcınlardan 4 haftada 174 yumurta toplanmış ve yumurtalarda ağırlık, şekil indeksi, özgül ağırlık ve haugh birimi gibi yumurta iç ve dış kalite özellikleri incelenmiştir.

Sonuç olarak, bıldırcınlarda anaç yaşının yumurta ağırlığını, özgül ağırlığı, ak, sarı ve kabuk ağırlığını önemli düzeyde ( $P<0.001$ ,  $P<0.05$ ) etkilediği saptanmıştır. Bıldırcınlarda yaş arttıkça yumurta ağırlığı, özgül ağırlık, ak ve sarı ağırlıkların da arttığı belirlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Bıldırcın, anaç yaşı, yumurta kalitesi

### 1. Introduction

Egg has a special place in human nutrition and poultry breeding. Egg yield and some egg quality traits have direct impacts on sustainability of poultry production [1]. Especially in breeder facilities, egg internal and external quality traits have significant effects on hatching results and yield characteristics of future generations [2, 3, 4].

Quail egg and meat are important animal protein sources in human diets and their significance in human nutrition is ever-increasing. Therefore, for productivity of hatching works in breeder facilities and reliable production in commercial production facilities, egg internal and external quality traits and the factors with possible impacts on these traits such as flock genetics, feeding, health, flock age, housing, egg storage conditions and durations should be investigated [5-8]. Several researchers investigated age-

investigated [5-8]. Several researchers investigated age-investigated [5-8]. Several researchers investigated age-dependent changes in quail eggs and reported significant effects of these changes on some characteristics of chicks hatched from these eggs [3,7,9-15].

Orhan et al. [2], reported increasing egg weight, egg width and length, albumen index, yolk diameter and yolk height with increasing ages and reported decreasing shell thickness, shape index, albumen height, yolk index and haugh unit with increasing ages. Altan et al. [3], investigated the effects of quail age and live-weight on egg quality traits and reported increasing egg weights, decreasing shell thickness and unchanged haugh unit and shape index with increasing flock ages. Therefore, researchers indicated changing egg compositions with increasing ages. Şeker et al. [6], observed increasing egg weight, shell weight, albumen and yolk weights and decreasing shell thickness, haugh unit, yolk and albumen indexes with increasing quail ages. Söğüt and Sarı [5], indicated decreasing haugh unit and albumen index values and irregular variations in yolk index, specific

<sup>1</sup>Bingöl Üniversitesi, Veteriner Fakültesi, Zootekni Bölümü, 12000, Bingöl, TÜRKİYE

<sup>2</sup>Bingöl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Zootekni Bölümü, 12000, Bingöl, TÜRKİYE

\*Sorumlu yazar eposta: gozdemir@bingol.edu.tr

weight and shell thickness values with increasing quail ages. Some other researchers concluded considering the decreases in egg yields and changes in internal and external egg quality traits with increasing quail ages that breeding duration of quails should be determined by taking all these age-dependent changing egg quality traits into account [3,5,16].

## 2. Material and Methods

A total of 72 Japanese quails were used as the animal material of this trail. Quails were divided into 3 different age groups (8-12, 16-20 and 32-36 weeks) and placed into pedigree cages as to have 1 male and 2 female quails in each cage. Experiments were carried out in 24 different cages with 8 replicates. Quails were fed by a diet containing 22% crude protein and 3050 kcal/kg ME energy from the 6th week until the end of experiments. Ad libitum feeding and watering were provided to quails.

A total of 174 eggs were obtained from the quails in 4 weeks. Collected eggs were weighed in the same day and preserved in a room with 13-18 °C temperature. Other measurements were done in the next day. Egg weight, shape index, specific gravity, shell weight, haugh unit, yolk index, albumen index, yolk weight and albumen weight were measured. Egg width and length, egg internal quality traits (albumen length, width and height, yolk diameter and height) were measured with a digital caliper ( $\pm 0.01$  mm). Egg specific weight was determined by flotation in saline solution according to methodology described by Erensayın [17]. Eggs were immersed into 9 different salt solutions at densities ranging from 1.060 to 1.100 g/cm<sup>3</sup> with gradient of 0.005 g/cm<sup>3</sup> between them. Eggs were initially immersed into ordinary water to prevent the salt solution absorption of eggs during the first immersion into saline solution. By using these measurements, some egg quality traits were calculated by using the following equations:

Shape Index: (Egg width / Egg length) . 100

Yolk Index: (Yolk height / yolk diameter) . 100

Albumen Index: Albumen height / ((albumen length + albumen width) / 2) . 100

Haugh Unit: 100.Log (H + 7.57 - 1.7W<sup>0.37</sup>).

Where, H: Albumen height, W: Egg weight [18,19]. The data on internal and external egg quality traits were subjected to variance analysis and Duncan's multiple range test by using SAS [20] packed program software.

## 3. Results and Discussion

Effects of breeder ages on some internal and external egg quality traits are provided in Table 1.

While breeder age had significant effects on egg weight, specific gravity, albumen weight, yolk weight and shell weight as internal and external egg quality traits ( $P < 0.001$ ,  $P < 0.05$ ), it did not have significant effects on haugh unit, shape index, albumen and yolk indexes.

Significant increases were observed in egg weight ( $P < 0.001$ ) with increasing ages (Table 1). The highest egg weight (12.71 g) was obtained from 16-20 weeks age-group and it was followed by 32-36 and 8-12 week age-groups, respectively. However, the egg weight reaching to the highest values in 16-20 weeks, it was significantly decreased in 32-36 weeks. Such findings comply similar with the results of Orhan et al. [2], Altan et al. [3], İpek et al. [10], Sarı et al. [12], Elibol et al. [13], Akbaş et al. [21], Yılmaz and Bozkurt [22], Gonzalez [23], Nagarajan et al. [24], Erensayın et al. [25] and Alsobayel et al. [26].

Different breeder ages affected specific gravity significantly ( $P < 0.05$ ). While increasing specific gravity were observed with increasing breeder ages in 16-20 weeks, there were not any increases in egg weights of 32-36 weeks age-group. The lowest specific gravity (1.060 g/cm<sup>3</sup>) was obtained from 8-12 weeks age-group and the values of 16-20 and 32-36 week age-groups were similar to each other (respectively as 1.063 g/cm<sup>3</sup> and 1.062 g/cm<sup>3</sup>). These results were similar to findings reported by Söğüt and Sarı [5] and Poyraz et al. [27] and different from the ones reported by Orhan et al. [2], Gonzalez [23], Nowaczewski et al. [28] and Sarica et al. [29].

Albumen weights were affected by breeder ages and the difference among experimental groups were found to be significant ( $P < 0.001$ ). While an increase was observed in albumen weights of 16-20 weeks age group, such an increase did not continue during the next period (32-36 weeks). Mean values of 16-20 and 32-36 week age-groups were similar to each other. Current findings with regard to albumen weights were similar to ones reported by Orhan et al. [2], Altan et al. [3], Şeker et al. [6], Nowaczewski et al. [28] and Dikmen and Şahan [30].

Yolk weights were also affected by different breeder ages and the difference among experimental groups were found to be significant ( $P < 0.001$ ). While an increase was observed in yolk weights of 16-20 weeks age group, such an increase did not continue during the next period (32-36 weeks). Mean yolk weight values of 16-20 and 32-26 week age-groups were similar to each other. These findings were similar to results of Orhan et al. [2], Altan et al. [3], Şeker et al. [6] and Dikmen and Şahan [30] and different from the findings of Nowaczewski et al. [28].

Different breeder ages affected shell weights significantly ( $P < 0.05$ ). Increasing shell weights were

**Table 1.** Some quality traits of experimental quail eggs

Trait	Age (week)			P
	8-12	16-20	32-36	
Egg weight (g)	11.40 $\pm$ 0.14 <sub>a</sub>	12.71 $\pm$ 0.15 <sub>b</sub>	11.96 $\pm$ 0.15 <sub>c</sub>	***
Specific gravity (g/cm <sup>3</sup> )	1.060 $\pm$ 0.01 <sub>a</sub>	1.063 $\pm$ 0.00 <sub>b</sub>	1.062 $\pm$ 0.00 <sub>b</sub>	*
Albumen weight (g)	5.27 $\pm$ 0.11 <sub>a</sub>	6.61 $\pm$ 0.12 <sub>b</sub>	5.57 $\pm$ 0.17 <sub>b</sub>	***
Yolk weight (g)	4.12 $\pm$ 0.10 <sub>a</sub>	4.59 $\pm$ 0.16 <sub>b</sub>	4.39 $\pm$ 0.10 <sub>ab</sub>	*
Shell weight (g)	0.85 $\pm$ 0.01 <sub>a</sub>	0.92 $\pm$ 0.01 <sub>b</sub>	0.93 $\pm$ 0.01 <sub>b</sub>	*
Haugh unit	86.43 $\pm$ 0.65	86.45 $\pm$ 0.71	86.85 $\pm$ 0.70	-
Shape index (%)	77.73 $\pm$ 0.52	78.06 $\pm$ 0.53	77.40 $\pm$ 0.53	-
Albumen index (%)	9.95 $\pm$ 0.36	9.94 $\pm$ 0.39	9.76 $\pm$ 0.38	-
Yolk index (%)	38.01 $\pm$ 1.14	37.36 $\pm$ 1.23	37.34 $\pm$ 1.17	-

a,b,c: There are differences among the means indicated in the same line by different letters \* :  $P < 0.05$ , \*\*\*:  $P < 0.001$



observed with increasing breeder ages. While the lowest shell weight (0.85 g) was obtained from 8-12 weeks age group, the values obtained from 16-20 and 32-36 week age-groups were found to be similar to each other (respectively as 0.92 and 0.93 g). Current findings comply similar with the findings of Orhan et al. [2], Altan et al. [3], Şeker et al. [6], Yılmaz and Bozkurt [22] and Dikmen and Şahan [30].

Haugh unit was not affected by different breeder ages. The mean haugh unit values of age groups were similar to each other and observed as 86.43, 86.45 and 86.85, respectively for the age groups of 8-12, 16-20 and 32-36 weeks. These results were somehow different from the ones reported by Şeker et al. [6], Yılmaz and Bozkurt [22], Poyraz et al. [27], Nowaczewski et al. [28], Sarıca et al. [29] and Bozkurt and Tekerli [31].

Breeder age did not affect shape index of the eggs significantly. Shape index values measured for three different age groups (8-12, 16-20 and 32-36 weeks) were similar to each other. While such findings were similar to the results of Nowaczewski et al. [28], they were different from the findings of Şeker et al. [6], Yılmaz and Bozkurt [22], Gonzalez [23], Sarıca et al. [29] and Dikmen and Şahan [30].

Albumen and yolk indexes were not also affected by breeder ages. The differences among mean albumen and yolk index values of treatments groups were found to be insignificant. Current findings were somehow different from the results of Şeker et al. [6], Akbaş et al. [21], Yılmaz and Bozkurt [22], Gonzalez [23], Nowaczewski et al. [28] and Bozkurt and Tekerli [31].

#### 4. Conclusion

Differences in values of investigated quality traits of the present study from the ones reported in previous literature may be due to differences in flock ages, egg storage durations, season, housing and feeding conditions. It was reported in several studies dealing with egg quality that egg yield and egg weight increased proportional to age and consequently improvements were observed in internal and external quality traits. However, after a certain age, together with decrease in egg yields, deteriorations are observed in some internal and external egg quality traits [6,17,20,21,32].

In present study, investigating the changes in internal and external egg quality traits of different breeder age groups (8-12, 16-20 and 32-36 weeks), increasing egg quality was observed with the progress of aging, but quality decreases were observed after a certain age. Therefore, producers should determine their breeder flocks by taking entire care-feeding conditions into consideration, and they should rejuvenate their flocks after a certain age.

#### References

- [1] Nazlıgül, A., Türkyılmaz, K., Bardakçıoğlu, E. H. Japon Bildircinlerinde (Coturnix coturnix japonica) Bazı Verim ve Yumurta Kalite Özellikleri Üzerine Bir Araştırma. Türk J. Vet. Anim. Sci. 25: 1007-1013, 2001.
- [2] Orhan, H., Erensayın, C., Aktan, S. Japon Bildircinlerinde (Coturnix coturnix japonica) Farklı Yaş Gruplarında Yumurta Kalite Özelliklerinin Belirlenmesi. Hayvansal Üretim Derg. 42(1): 44-49, 2001.
- [3] Altan, Ö., Oğuz, I., Akbaş, Y. Japon Bildircinlerinde (Coturnix coturnix japonica) Canlı Ağırlık Yönünde

Yapılan Seleksiyonun ve Yaşın Yumurta Özelliklerine Etkileri. Tr. J. of Veterinary and Animal Sciences. 22: 467-473, 1998.

- [4] Nacar, H., Uluocak, A. N. Etlik Bildircin Üretiminde Anaç Yaşının Etkileri. Uluslararası Tavukçuluk Fuarı ve Konferansı. 24-27 Mayıs 1995, 81-89, İstanbul, 1995.
- [5] Söğüt, B., Sarı, M., Bildircinlerde (Coturnix coturnix japonica) Anaç Yaşının ve Yumurtlama Zamanının Yumurta Özellikleri Üzerine Etkisi: 2. Yumurta İç Kalite Özellikleri Üzerine Etkisi. YYU Veteriner Fakültesi Dergisi, 20(2): 49-53, ISSN: 1017-8422; e-ISSN: 1308-3651, 2009.
- [6] Şeker, İ., Kul, S., Bayraktar, M., Yıldırım, Ö. Japon Bildircinlerinde (Coturnix coturnix japonica) Yumurta Verimi ve Bazı Yumurta Kalite Özelliklerine Yaşın Etkisi. İstanbul Üniv. Vet. Fak. Dergisi. 31(1): 129-138, 2005.
- [7] Dere, S., İnal, S., Çağlayan, T., Garip, M., Tilki, M. The Effects of Parental Age, Egg Weight, Storage Length and Temperature on Fertility and Hatchability Japanese Quails (Coturnix coturnix japonica) Eggs. Journal of Anim. and Veterinary Adv. 8(7):1289-1291, 2009.
- [8] Özdemir, G., İnci, H. The Effect of Live Weight of Japanese Quail on the Characteristics of Interior and Exterior Quality of Eggs. Jour. of Ani. and Vet. Adv. 11(10): 1666-1668, 2012.
- [9] Şeker, İ., Kul, S., Bayraktar, M. Effects of Parental Age and Hatching Egg Weight of Japanese Quails on Hatchability and Chick Weight. International Journal of Poultry Science. 3(4):259-265, 2004.
- [10] İpek, A., Şahan, Ü., Yılmaz, B. Japon Bildircinlerinde (Coturnix coturnix japonica) Canlı Ağırlık, Erkek Dişi Oranı ve Anaç Yaşının Yumurta Ağırlığı ve Kuluçka Sonuçlarına Etkisi. Uludağ Üniv. Zir. Fak. Derg., 17(1): 13-22, 2003.
- [11] Guibert, F., Richard-Yris, M. A., Lumineau, S., Kotrschal, K., Möstl, E., Houdelier, C. Yolk testosterone levels and offspring phenotype correlate with parental age in a precocial bird. Physiology & Behavior. 105: 242-250, 2012.
- [12] Sarı, M., Tilki, M., Saatçi, M., Işık, S., Önk, K. Japon Bildircinlerinde (Coturnix coturnix japonica) Ebeveyn Yaşı, Yumurta Ağırlığı ve Şekil İndeksinin Kuluçka Özellikleri ve Yaşama Gücü Üzerine Etkisi. F.Ü. Sağ. Bil. Vet. Derg. 24(2): 93-97, 2010.
- [13] Elibol, O., Türkoğlu, M., Erol, H. Bir Broiler Damızlık Sürüsünde Farklı Yaşlarda Üretilen Yumurtalarda Yumurta Ağırlığı ve Kuluçka Yerleşim Düzeninin Kuluçka Sonuçlarına Etkisi. Tavukçuluk Araştırma Derg. 2(1): 17-24, 2000.
- [14] Yılmaz, A., Çağlayan, T. Farklı Tüy Rengine Sahip Japon Bildircinlerinde (Coturnix coturnix japonica) Yumurta Ağırlığı, Şekil İndeksi ve Çıkım Ağırlığı ile Bu Özellikler Arası İlişkiler. F. Ü. Sağ. Bil. Derg. 22 (1): 5-8, 2008.
- [15] Tilki, M., Saatçi, M. Effects of storage time on external and internal characteristics in partridge

- (*Alectoris graeca*) eggs. *Revue Méd. Vét.*, 155(11): 561-564, 2004.
- [16] Kırıkçı, K., Günlü, A., Çağlayan, T., Garip, M. Ebeveyn Yaşının Kekliklerde (*A. Graeca*) Bazı Verim Özelliklerine Etkisi. *Atatürk Üniversitesi, Vet. Bil. Derg.*, 1(3-4): 51-54, 2006.
- [17] Erensayın, C. *Bilimsel Teknik Pratik Tavukçuluk*, Cilt – III. Nobel Yayınevi, Ankara, 2001.
- [18] Türkoğlu, M., Arda, M., Yetişir, R., Sarıca, M., Erensayın, C. *Tavukçuluk Bilimi (Yetiştirme ve Hastalıklar)*, Otak Form-Ofset, Samsun, 1997.
- [19] Özçelik, M. Japon Bildircını Yumurtalarında Bazı İç ve Dış Kalite Özellikleri Arasındaki Fenotipik Korelasyonlar. *Ankara Üni. Vet. Fak. Derg.* 49: 67-72, 2002.
- [20] SAS. *SAS User's Guide Statistics*. 1998 Edit. SAS Institute, Inc., Carry, N.C., 1998.
- [21] Akbaş, Y., Altan, Ö., Koçak, Ç. Tavuk Yaşının Tavuk Yumurtasının İç ve Dış Kalite Özellikleri Üzerine Etkileri. *Türk J. Vet. Anim. Sci.* 20:455-460, 1996.
- [22] Yılmaz, A. A., Bozkurt, Z. Ana Yaşı, Depolama Süresi ve Streç Filmle Paketlemenin Sofralık Yumurtaların İç ve Dış Kalite Özelliklerine Etkisi. *Lalahan Hay. Araşt. Enst. Derg.*, 48(2):81 – 91, 2006.
- [23] González, M. Influence of age on physical traits of Japanese quail (*Coturnix coturnix japonica*) eggs. *Ann Zootech.*44:307- 312, 1995.
- [24] Nagarajan, S., Narahari, D., Jayaprasad, A. I., Thyagarajan, D. Influence of stocking density and layer age on production traits and egg quality in Japanese quail. *British Poultry Science*, 32(2):243-248. DOI: 10.1080/00071669108417347, 1991.
- [25] Erensayın, C., Akdağ, H. İ., Özsoy, A. N., Koşkan, Ö., Aktan, S. Japon bildircınlarında Ebeveyn Yaşının Verim Özelliklerine Etkisi. *S.D.Ü. Fen Bil. Enst. Derg.*, 6(2):34-40, 2002.
- [26] Alsobayel, A. A., Almarshade, M. A., Albadry, M. A. Effect of breed, age and storage period on egg weight, egg weight loss and chick weight of commercial broiler breeders raised in Saudi Arabia. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 12, 53–57, 2013.
- [27] Poyraz, Ö., Akıncı, Z., Erdoğan, M., Gürler, S. Bildircınlarda Cinsel Olgunluk Mevsiminin Bazı Yumurta Kalite Özelliklerine Etkisi. *Lalahan Hay. Araşt. Enst. Derg.*,42(1): 45-58, 2002.
- [28] Nowaczewski, S., Kontecka, H., Rosinski, A., Koberling, S., Koronowski, P. Egg Quality of Japanese Quail Depends on Layer Age and Storage Time. *Folia biologica (Kraków)*, 58 (3-4): 201-207. doi:10.3409/fb58\_3-4.201-207, 2010.
- [29] Sarıca, M., Yamak, U. S., Boz, M. A. Dış Kaynaklı ve Yerli Yumurtacı Hibritlerde Yumurta Kalitesinin Yaşa Bağlı Değişimi. *Tavukçuluk Araş. Derg.*, 9(1):11-17, 2010.
- [30] Dikmen, B. Y., Şahan, Ü. Etlik Damızlıklarda Farklı Yaş ve Yumurta Ağırlığı ile Yumurta Kalitesi, Lipit Kompozisyonu ve Kuluçka Sonuçları Arasındaki İlişkiler. *Uludağ Üni. Fen Bil. Ents.*, (Doktora Tezi) Bursa, 2007.
- [31] Bozkurt Z., Tekerli M. The Effects of Hen Age, Genotype, Period and Temperature of Storage on Egg Quality. *Kafkas Univ Vet Fak Derg.*, 15(4): 517-524, 2009.
- [32] Yannakopoulos, A. L., Tserveni-Gousi, A. S. Quality Characteristics of Quail Eggs. *Bri. Poultry Sci.* 27:171-176, 1986.



## Weakly Extreme Points in Ordered Banach Algebras

Ziyattin TAŞ<sup>\*1</sup>

### Abstract

In this study, we will show that a multiplicative Schwarz map is an weakly extreme point of  $S_A$ . If  $A$  is a real Banach algebra with a cone satisfying the conditions (1) and (2), also we will show that the weakly extreme point of  $S_{A^+}$  is exactly the positive multiplicative functional.

**Keywords:** Weakly extreme point, multiplicative Schwarz map

## Sıralı Banach Cebirlerinde Zayıf Ekstrem Noktaları

### Özet

Bu çalışmada, çarpımsal bir Schwarz dönüşümünün  $S_A$  cümlesinde zayıf bir ekstrem noktası olduğunu göstereceğiz. Eğer  $A$  Banach cebiri koninin bir ve iki şartını sağlıyorsa  $S_{A^+}$  nın zayıf bir ekstrem noktası tam çarpımsal bir pozitif fonksiyonel olduğunu göstereceğiz.

**Anahtar Kelimeler:** Zayıf ekstrem noktası, çarpımsal Schwarz dönüşümü

### 1. Introduction

Jong [1] considered the problem of characterizing a multiplicative Schwarz map is an extreme point of  $S_A$ . In this paper, the problem of characterizing a multiplicative Schwarz map is an extreme point of  $S_A$  is considered.

We will be show that a multiplicative Schwarz map is an weakly extreme point of  $S_A$ . If  $A$  is a real Banach algebra with a cone satisfying the conditions (1) and (2), then we will be shown that the weakly extreme point of  $S_{A^+}$  are exactly the positive multiplicative functionals.

Recall, H. Raubenheimer and S. Rode [2] consider an algebra cone  $C$  of a real or complex Banach algebra  $A$  and show that  $C$  induces on  $A$  ordering which is compatible with the algebraic structure of  $A$ . The Banach algebra  $A$  is then called an ordered Banach algebra. We about define certain additional properties of  $C$ . Let  $A$  be a Banach space. With  $A^*$  we denote the dual space of  $A$  and  $wk^*$  the weak- star topology of this space. We state a corollary of the Hahn-Banach Theorem. If  $A$  is a normed space and  $x \in A$ , then  $\|x\| = \sup\{f(x) : f \in A^*, \|f\| = 1\}$  and ball  $(X^*)$  is  $wk^*$  – compact in [3].

### 2. Preliminaries

**Definition 2.1:** Let  $A$  be a real or complex Banach algebra with unit 1. We call a nonempty subset  $C$  of  $A$  a cone if it satisfies the following: 1)  $C+C \subset C$  2)  $\lambda C \subset C$  for all  $\lambda \geq 0$ . If in addition  $C$  satisfies  $C \cap -C = \{0\}$ , then  $C$  is called a proper cone. Any cone  $C$  on  $A$  induces a relation ' $\leq$ ' on  $A$ , called an ordering, in the following way:  $a \leq b$  if and only if  $b - a \in C$ ,  $a, b \in A$ . It can be shown that for every  $a, b \in A$  this ordering satisfies 1)  $a \leq a$  2) If  $a \leq b$  and  $b \leq c$ , then  $a \leq c$ . Considering the ordering that  $C$  induces, we find that  $C = \{a \in A, a \geq 0\}$ , and therefore we call the elements of  $C$  positive.

**Definition 2.2:** A cone  $C$  of a Banach algebra  $A$  is called an algebra cone if  $C$  of  $A$  satisfier the following conditions: 1)  $C.C \subset C$  2)  $1 \in C$ .

**Definition 2.3:**  $A$  be a real or complex Banach algebra with unit 1 is called an ordered Banach algebra if  $A$  is ordered by a relation ' $\leq$ ' in such a manner that for every  $a, b, c \in A$  and  $\lambda \in C$  we have: 1)  $a, b \geq 0 \Leftrightarrow a + b \geq 0$ , 2)  $a \geq 0, \lambda \geq 0 \Rightarrow \lambda.a \geq 0$ , 3)  $a, b \geq 0 \Rightarrow ab \geq 0$ , 4)  $1 \geq 0$ . Therefore, if  $A$  is ordered by an algebra cone  $C$ , then  $A$ , or more specifically  $(A, C)$  is an ordered Banach algebra.

<sup>1</sup> Bingöl University, Faculty of Arts and Sciences, Department of Mathematics, 12000, Bingöl, TURKEY

\*Corresponding autor: ztas@bingol.edu.tr

Conversely, if  $A$  an ordered Banach algebra the  $C = \{a \in A, a \geq 0\}$  is an algebra cone that induces the ordering an  $A$ .

**Definition 2.4:** Let  $A$  be a real algebra. We call a functional  $f: A \rightarrow R$  a Schwarz map if it satisfies the Schwarz inequality  $f(a)^2 \leq f(a^2)$  for all  $a \in A$ . The set of all Schwarz maps is denoted by  $S_A$ . If  $A$  is ordered by an algebra cone  $C$ , we defined  $S_A^+$  to be subset of all functionals with  $f(C) \subset [0, \infty)$ .

**Lemma 2.1:**  $S_A$  and  $S_A^+$  are convex.

**Proof:** This is Lemma 4.7 in [1]. Let  $f \in S_A$ . If  $A$  is non-unital, we define the map  $S_A$  on  $A_e$  as follows:

$f(\bar{(a, \alpha)}) = f(a) + \alpha$  ( $a, \alpha \in A_e$ ). We have that  $f(\bar{(a, \alpha)})^2 = (f(a) + \alpha)^2 = f(a)^2 + 2\alpha f(a) + \alpha^2 \leq f(a^2) + 2\alpha f(a) + \alpha^2 = f(a^2 + 2\alpha a) + \alpha^2 = \bar{f}(a^2 + 2\alpha a) + \alpha^2 = \bar{f}(\bar{(a, \alpha)})^2$ , hence  $\bar{f}$  is a Schwarz map. If  $A$  is unital and we speak of  $\bar{f}$ , we just mean  $f$ . With the Schwarz inequality, we see that a Schwarz map is non-negative on the squares. Conversely we have.

**Proposition 2.1:** Let  $f$  be a bounded linear functional on a real Banach algebra  $A$ , possessing a bounded approximate identity with norm bound  $L$ , which is non-negative on the squares. Then  $f(a)^2 \leq \|f\|^2 L^2(a^2)$ ,  $\forall a \in A$ .

**Proof:** This is Proposition 4.7 in [1].

**Collolary 2.1 :** Let  $f$  be a bounded positive linear functional on an unital Banach algebra  $A$  with  $f(1) \leq 1$  which is no-negative on the squares. Then  $f$  is a positive Schwarz map on  $A$ .

**Lemma 2.2:** Let  $A$  be a real Banach algebra, not necessarily unital. Then every Schwarz map is continuous and satisfies  $|f(a)| \leq r(a)$  for all  $a \in A$ .

**Proof:** This is Lemma 4.9 in [1]. We will denote  $ball(A^*)$  with  $\Sigma$  so  $\Sigma = \{f \in A^* : \|f\| \leq 1\}$ . It follows from Proposition 1 that, if  $A$  possesses a bounded approximate identity with norm bound 1 and  $C$  contains all squares, then  $\Sigma^+ \subset S_{A^+}$ , thus  $\Sigma^+ = S_{A^+}$ . Let  $A^*$  be the Banach dual space of  $A$ , with dual cone  $C^*$  defined by  $C^* = \{f \in A^* : f(a) \geq 0, \forall a \in C\}$ . Let  $\Sigma^+ = \Sigma \cap C^*$ . Then  $\Sigma^+$  are  $w^*$ -compact and  $\Sigma^+$  is convex.

**Definition 2.5:** Let  $M$  denote the set of positive multiplicative functionals  $M = \{f \in \Sigma^+ : f(ab) = f(a)f(b), \forall a, b \in A\}$ .

**Lemma 2.3:**  $M$  is  $w^*$ -compact.

**Proof:** This is Lemma 4.12 in [1].

**Lemma 2.4:**  $A$  Schwarz map is an extreme point of  $S_A$ .

**Proof :** This is Lemma 4.13 in [1].

**Collolary 2.2:** A multiplicative Schwarz map is an weakly extreme point of  $S_A$ .

**Proof:** Suppose  $f \in S_A$  is a weakly extreme point. Let  $(f_n)$  and  $(g_n)$  be two sequences in  $S_A$  such that  $f = \frac{f_n + g_n}{2}$  and  $f$  be a multiplicative Schwarz map.

Clearly  $f = \frac{f_n + g_n}{2}$  and since  $f$  is a weakly extreme point of  $S_A$ ,  $f_n - g_n \rightarrow 0$ . Then we have  $f_n(a)^2 \leq f_n(a^2)$ ,  $g_n(a)^2 \leq g_n(a^2)$  and  $f(a)^2 \leq f(a^2)$ . Since  $f$  is a multiplicative, we also have  $f_n(a)^2 = f_n(a^2)$ ,  $g_n(a)^2 \leq g_n(a^2)$  and  $f(a^2) = f(a)^2$ , which leads to,  $\frac{1}{2}(f_n(a)^2 + g_n(a)^2) \leq f(a^2) = f(a)^2 = \frac{1}{4}(f_n(a)^2 + 2f_n(a)g_n(a) + g_n(a)^2)$ .

From this inequality it follows that  $\frac{1}{2}(f_n(a)^2 + g_n(a)^2) - \frac{1}{4}(f_n(a)^2 + 2f_n(a)g_n(a) + g_n(a)^2) \leq 0$ .  $(\frac{1}{2}(f_n(a) - g_n(a))^2) \leq 0 \Rightarrow (f_n(a) - g_n(a))^2 \leq 0$ , so  $((f_n(a) - g_n(a))^2 \rightarrow 0 \Rightarrow (f_n(a) - g_n(a)) \rightarrow 0$ . Therefore  $f$  is a weakly extreme point of  $S_A$ .

Now we consider the following two conditions:

- 1)  $f(x^2a^2) \geq 0$  for every  $f \in S_{A^+}$  and for all  $x, a \in A_e$ .
- 2)  $x^2a \in C$  for all  $x \in A_e$  and all  $a \in C$

**Definition 2.6:** Let  $F$  denote the set of extreme points of  $f \in S_A^+$ .

**Theorem 2.1:** Let  $A$  be a real Banach algebra with a cone satisfying the conditions (1) and (2). Then the extreme points of  $S_A^+$  are exactly the positive multiplicative functionals, i.e.  $F = M$ .

**Proof:** This is Theorem 4.15 in [1].

**Definition 2.7:** Let  $wk-ext(F)$  denote the set of weakly extreme point of  $f \in S_A^+$ .

**Corollary 2.3:** Let  $A$  be a real Banach algebra with a cone satisfying the conditions (1) and (2). Then the weakly extreme points of  $S_A^+$  are exactly the positive multiplicative functionals, i.e.  $wk-ext(F) = M$ .

**Proof:** Let  $f \in S_A^+$  be weakly extreme. From Theorem 4.15 in [1], if  $A$  possesses a unit element put  $\bar{f} = f$ ,

otherwise consider  $\bar{f}: A_e \rightarrow R$ . For  $x \in A_e$  with  $r(x) \langle 1$  define  $S_{x^2}: A_e \rightarrow R$  by  $S_{x^2}(a) = \bar{f}(x^2 a) - \bar{f}(x^2) \bar{f}(a)$ . We show that  $f_n = g_n = f_{\pm} = \bar{f} \pm S_{x^2}$  is non-negative on squares and positive. We have  $f_n(a) = f_+(a) = \bar{f}(a) + \bar{f}(x^2 a) - \bar{f}(x^2) \bar{f}(a) = (1 - \bar{f}(x^2)) \bar{f}(a) + \bar{f}(x^2 a)$ . From Lemma 4.9 and Theorem 4.15 in [1] it follows that  $\bar{f}(x^2) \leq r(x^2) = r(x)^2 \langle 1$ . Therefore we have  $1 - \bar{f}(x^2) \rangle 0$ . Thus  $f_n = f_+$  is positive by condition (2) and non-negative on squares of  $A_e$  by condition (1). We know that  $1 - x^2 = b^2$  of some  $b \in A_e$ , so  $g_n(a) = f_-(a) = \bar{f}(a) - \bar{f}(x^2 a) + \bar{f}(x^2) \bar{f}(a) = \bar{f}(a - x^2 a) + \bar{f}(x^2) \bar{f}(a) = \bar{f}(b^2 a) + \bar{f}(x^2) \bar{f}(a)$  is positive and non-negative on squares of  $A_e$  by condition (1) and (2). Since  $1 - x^2 = b^2$  and  $\bar{f}$  linear, we have  $f_n(1) = f_+(1) = 1$  and  $g_n(1) = f_-(1) = 1$ . Therefore  $f_{\pm}$  are positiv Schwarz maps on  $A_e$  by Proposition 4.7, Theorem 4.15 in [1] and the restrictions of  $f_{\pm}$  to  $A$  are in  $S_A^+$ . We have  $f(a) = \frac{f_n(a) + g_n(a)}{2} = \frac{f_+(a) + f_-(a)}{2}$  for all  $a \in A$ , because  $f$  is weakly extreme, so  $f_n - g_n \rightarrow 0$  and  $S_{x^2}(a) = 0$ , for all  $a \in A$ . This implies that  $\bar{f}(x^2 a) - \bar{f}(x^2) \bar{f}(a)$  for all  $a \in A$  and for all  $x \in A_e$  and  $r(x) \langle 1$ , thus for all  $x \in A_e$  by the linearity of  $\bar{f}$ . Let  $a, b \in A$ . We may assume that  $\|b\| \langle 1$  because of the linearity of  $\bar{f}$ . Let  $1 - b^2 = x^2$  for all  $x \in A_e$  and  $(f_n)$  and  $(g_n)$  be two sequences such that  $f = \frac{f_n + g_n}{2}$  and  $f \in S_A^+$ . Then for all  $n$  we have  $(f_n(a) - f_n(ba)) - (g_n(a) - g_n(ba)) = (f_n(a - ba)) - (g_n(a - ba)) = (\bar{f}_n(a - ba)) - (\bar{g}_n(a - ba)) = (\bar{f}_n(1 - b)a) - (\bar{g}_n(1 - b)a) = (\bar{f}_n(x^2) \bar{f}_n(a)) - (\bar{g}_n(x^2) \bar{g}_n(a)) = (f_n(x^2) f_n(a)) - (g_n(x^2) g_n(a)) = (\bar{f}_n(x^2) \bar{f}_n(a)) - (\bar{g}_n(x^2) \bar{g}_n(a)) = (\bar{f}_n(1 - b) \bar{f}_n(a)) - (\bar{g}_n(1 - b) \bar{g}_n(a)) = ((1 - \bar{f}_n(b)) \bar{f}_n(a)) - ((1 - \bar{g}_n(b)) \bar{g}_n(a)) = (f_n(a) - f_n(b) f_n(a)) - (g_n(a) - g_n(b) g_n(a)) and  $f(a) - f(ba) = f(a - ba) = \bar{f}(a - ba) = \bar{f}(1 - b)a = \bar{f}(x^2 a) = f(x^2 a) = \bar{f}(x^2) \bar{f}(a) = f(1 - b) f(a) = (1 - f(b)) f(a) = f(a) - f(b) f(a)$ , from which it follows that  $f_n(ba) = g_n(ba) \Rightarrow f_n(b) f_n(a) = g_n(b) g_n(a) \Rightarrow f(ba) = f(b) f(a)$ . Thus, from Corollary 2 it follows that a multiplicative Schwarz map is always an weakly extreme point of  $S_A^+$  and we are done. Let  $wk-ext(F^+)$  be the set of all weakly extreme points of  $\Sigma^+$ . Then it follows from the Krein-$

Milman theorem that the  $\Sigma^+$  is the  $wk^*$ -closed convex hull of  $(F^+)$ .

**Lemma 2.5:** If  $f$  is a positive bounded linear functional on  $A$  and  $\{e_\lambda, \lambda \in \wedge, \leq\}$  the net of all positive elements with norm 1, then  $\|f\| = \lim f(e_\lambda)$ .

**Proof:** This is Theorem 4.26 in [1].

**Corollary 2.4:** Let  $f \in wk-ext(F^+)$ , if  $f_n(ab) = f_n(a) f_n(b)$  and  $g_n(ab) = g_n(a) g_n(b)$  for all  $a, b \in A$ , then  $f(ab) = f(a) f(b)$ .

**Proof:** Let  $f \in wk-ext(F^+)$ . If  $f = 0$ , clearly  $f$  is multiplicative. Suppose  $f \neq 0$ . We have  $0, \|f\|^{-1} f \in \Sigma^+$  and  $f_n = g_n = f = \|f\| (\|f\|^{-1} f) + (1 - \|f\|) (0)$ , so since  $f$  is an weakly extreme point of  $\Sigma^+$  it follows that  $\|f_n\| = \|g\| = \|f\| = 1$ . Next we show that for all  $a \in C$ ,  $f(ab) = f(a) f(b)$  for all  $b \in A$ . For  $a = 0$  the equatinon is trivial. Suppose  $a \neq 0$ . We assume that  $\|a\| = 1$ . Let

$f_n(b) = (f(b) + f(ab))(1 + f(a))^{-1}$ . Then  $f_n \geq 0$ . Also it follows from equations Lemma 4.25 in [1] and lemma 7 and the fact that  $f$  is continuous that  $\|f_n\| = \lim f_n(e_\lambda) = \lim (f(e_\lambda) + f(ae_\lambda))(1 + f(a))^{-1} = (\|f\| + f(a))(1 + f(a))^{-1} = 1$ . Therefore  $f_n \in \Sigma^+$ . Let  $g_n = 2f - f_n$ , so  $g_n(b) = (f(b) + 2f(a)f(b) - f(ab))(1 + f(a))^{-1}$ ,  $\forall b \in A$ . If  $b \geq 0$ , it follows from (2) in [1] that  $ab \leq b$  and because  $f$  is positive we have  $f(ab) \leq f(b)$ . So from  $g_n(b) = (f(b) + 2f(a)f(b) - f(ab))(1 + f(a))^{-1}$ , we see that  $g_n \geq 0$ , i.e.  $g_n$  is positive. Again, it follows from equations Lemma 4.25 in [1] and lemma 5 and the fact that  $f$  is continuous that  $\|g_n\| = \lim g_n(e_\lambda) = \lim (f(e_\lambda) + 2f(a)f(e_\lambda) - f(ae_\lambda))(1 + f(a))^{-1} = (\|f\| + 2f(a)\|f\| - f(a))(1 + f(a))^{-1} = 1$ . Therefore  $g_n \in \Sigma^+$ . Because  $f = \frac{f_n + g_n}{2}$  and since  $f$  is an

weakly extreme point of  $S_A^+$ , we have that  $f_n - g_n \rightarrow 0$ . So  $f(b) = (f(b) + f(ab))(1 + f(a))^{-1}$ , from which  $f(ab) = f(a) f(b)$  follows. Now let  $a \in A$ . From [1], we can write  $a = a_1 - a_2$  with  $a_1, a_2 \geq 0$ . and it follows from  $f_n(ab) = f_n(a) g_n(b)$  and  $g_n(ab) = g_n(a) g_n(b)$  for all  $a, b \in A$ , that  $f_n(a_i b) = f_n(a_i) f_n(b)$  and  $g_n(a_i b) = g_n(a_i) g_n(b)$  for all  $(i = 1, 2)$ . If we have  $f_n(ab) = f_n(a_1 b) - f_n(a_2 b) = f_n(a_1) f_n(b) - f_n(a_2) f_n(b) = f_n(a_1 - a_2) f_n(b) = f_n(a) f_n(b)$  and  $g_n(ab) = g_n(a_1 b) - g_n(a_2 b) = g_n(a_1) g_n(b) - g_n(a_2) g_n(b) = g_n(a_1 - a_2) g_n(b) = g_n(a) g_n(b)$ , then we obtain  $f(ab) = f(a_1 b) - f(a_2 b) = f(a_1) f(b) - f(a_2) f(b) = f(a_1 - a_2) f(b) = f(a) f(b)$ .

## References

- [1] Robbert de Jong, Ordered Banach Algebras, Mathematisch Instituut, Universiteit Leiden, Phd. Thesis, 2010.
- [2] H. Raubenheimer and S. Rode, "Cones in Banach algebras", Ind. Math. 7(1996),489-502.
- [3] J.B.Conway, "Functions of one complex variable, Springer-Verlag ", New York, 1978.



## Türk Doğa ve Fen Dergisi Turkish Journal of Nature and Science

<http://www.bingol.edu.tr/dergiler/turk-doga-ve-fen-dergisi.aspx>



## Yakıt Hücresi Teknolojisi ve Temellerine Genel Bakış

Hüseyin KAHRAMAN\*<sup>1</sup>, İsmet ÇEVİK<sup>2</sup>, Mehmet Akif KOÇ<sup>2</sup>

### Özet

Bu çalışma PEM tipi yakıt hücrelerinin tanımı, avantaj ve dezavantajları, kullanım alanları, çalışma mantığı, teorik ve gerçek analizi hakkında genel bir bakışı içermektedir. Yüksek verimleri, temiz bir enerji kaynağı olmaları gibi günümüzün önemli konuları hakkındaki karakteristiği dolayısıyla PEM yakıt pilleri geleceğin en önemli enerji dönüşüm cihazlarından olacaktır. Ancak yüksek maliyetleri, bileşenlerinin dayanıklılık problemi gibi konularda geliştirilmeleri gerekmektedir. Ticarileşme potansiyeli önündeki son engeller de kaldırılarak PEM yakıt hücreleri hayatımızın birçok alanında yakın gelecekte görülecektir.

**Anahtar Kelimeler:** Yakıt Hücresi, Hidrojen, PEM, Elektrolit, Anot, Katot, Elektrokimya

## An Overview of Fuel Cell Technology and Fundamentals

### Abstract

In this study reviews general description of PEM fuel cells, advantages and disadvantages, area of utilization, operation fundamentals and theoretical and practical analyses. High energy efficiency and being a clean energy source are the most important characteristics of PEM fuel cells. Therefore PEM fuel cells are the most promising candidates of the future in the energy sector. On the other hand cost of production and durability of the components must be developed for commercialization. After these researches and developments PEM fuel cells will be seen in many areas of our lives in the near future.

**Keywords:** Fuel cell, Hydrogen, PEM, Electrolyte, Cathode, Anode, Electrochemistry

### 1. Giriş

Enerji tüketimi, nüfus artışına, sanayileşmeye ve teknolojik gelişmelere bağlı olarak hızla artmaktadır. Artan enerji talebinin yanı sıra fosil enerji kaynaklarının rezervleri de hızla azalmaktadır. Fosil yakıtların yakılması ile meydana gelen karbon dioksit, karbon monoksit, azot oksitler, metan, kükürt dioksit gibi gazların sürekli ortama yayılmasından dolayı meydana gelen küresel ısınma, iklim değişikliği ve sera etkisi gibi çevre sorunlarına yol açmaktadır [1].

Sera etkisi yenilenebilir enerji kaynaklarını gündeme taşıyan çevre sorunlarının başında yer almaktadır. Fosil yakıtların tüketiminin azaltılması, bu yakıtların yüksek verimle yanmalarının sağlanması, yanma sırasında oluşan CO<sub>2</sub>'in absorpsiyon gibi yöntemlerle tutulması ve karbon sayısı düşük veya hiç karbon içermeyen yakıtların kullanılması sera gazlarının etkisinin azaltılması için alınan bazı önlemlerdir. Emisyonların azaltılması için, ulaşım sektöründe yakıt tüketiminin azaltılması, alternatif yakıtların kullanılması, ulaşım planlaması, trafik düzenlenmesi gibi önlemler alınmaktadır [2].

Son yıllarda yakıt pili teknolojilerine olan ilgi gittikçe artmaktadır. Bağımsız ve günlük biçimde enerji üretimine

ülkemizde de giderek önem kazanacak ve geniş uygulama alanı sağlayan yakıt hücreleri, tüm dünyada olduğu gibi alanları (Şekil 1) bulacaktır. Yakıt hücresi yakıtın kimyasal enerjisini doğrudan elektrik enerjisine dönüştürmektedir. Isı makinelerinde söz konusu olan “yakıt kimyasal enerjisi-ısı enerjisi-mekanik enerji” dönüşümü yerini yakıt pilinde, “yakıt kimyasal enerjisi-elektrik enerjisi-mekanik enerji” dönüşümüne bırakmaktadır. Bu elektrik ise istenilen herhangi bir amaçla kullanılabilir. Örneğin bir elektrik motoru tahrik edilerek taşıta hareket sağlanması mümkündür. Yani yakıt pilinin taşıta kullanılması halinde mekanik enerji; krank-biyel mekanizması yerine, elektrik motoru ile sağlanarak; pek çok karmaşık ve günümüze göre hantal denilebilecek mekanizma ortadan kalkmaktadır. Bu mekanizmaların yol açtığı titreşim, gürültü, mekanik kayıplar, karışık yapı, yüksek sıcaklık ve zararlı emisyonlardan kurtulmak mümkün olabilmektedir [3].

PEM yakıt pilleri; düşük çalışma sıcaklıkları, yüksek güç yoğunlukları ve yüksek enerji dönüşüm verimlerinden dolayı otomobiller ve sabit uygulamalar için potansiyel bir güç kaynağı olarak oldukça dikkat çekmektedir [4]. Polimer elektrolit membran (PEM) veya proton dönüşüm zar yakıt hücresi Polimer elektrolitik membran yakıt pilleri taşıtır uygulamalarda U.S. Department of Energy (DOE) tarafından içten yanmalı motorların yerine geçebilecek en önemli aday olarak kabul edilmiştir. Yine de PEM yakıt hücreleri, bileşenlerinin dayanıklılığını arttırmak ve maliyeti

<sup>1</sup> Sakarya Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi, Makina Eğitimi Bölümü, 54187, Sakarya, TÜRKİYE

<sup>2</sup> Sakarya Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Makina Mühendisliği Bölümü, 54187, Sakarya, TÜRKİYE

\*Sorumlu yazar eposta: huseyink@sakarya.edu.tr

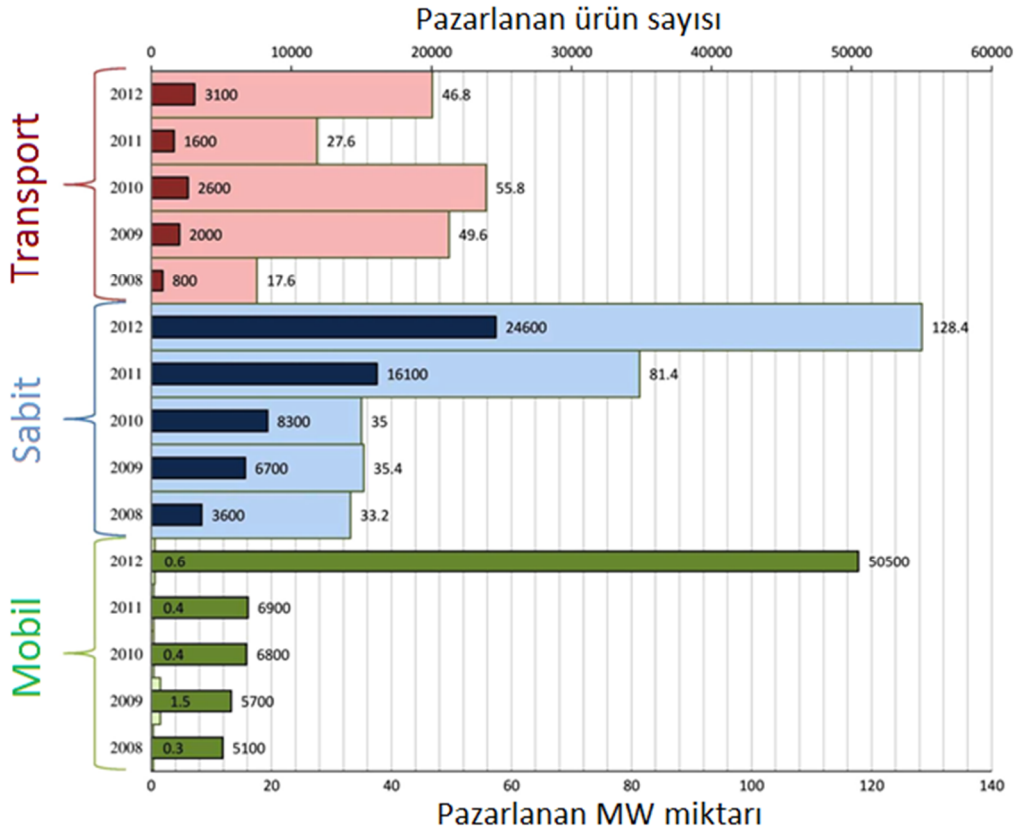
azaltmak için daha çok araştırma ve geliştirmeye ihtiyaç duymaktadır.

Yakıt hücreleri hakkında yapılan çalışmalar büyük bir hızla devam etmektedir. Şekil 2’de pazara sunulan ürün miktarına bakıldığında yakın gelecekte hayatımızın birçok alanında yakıt hücreleri ile enerji ihtiyacını karşılayan sistem ve ürünleri göreceğimiz kaçınılmazdır. Şekil 3’te ise 2002-2012 yılları arasında enerji sektöründe alınan patentler görülmektedir. Yakıt hücresi sektörü Temiz Enerji Büyüme

İndeksine (Clean Energy Patent Growth Index) göre 1024 patent ile en üst sırada yer almaktadır. Bu verilere dayanarak gelecekte enerji alanında bahsedildiğinde yakıt hücreleri ilk akla gelecek enerji üretim sistemi olacağı söylenebilir [5]. Otomotiv sektöründeki gelişmeler oldukça heyecan vericidir. Aşağıda son beş yılda piyasaya sürülen yakıt hücresel otomobil modelleri yer almaktadır. Otobüs, motosiklet, forklift, uçaklar, deniz altları da yakıt hücresinden enerji elde ederek tahrik edilebilmektedir [6].

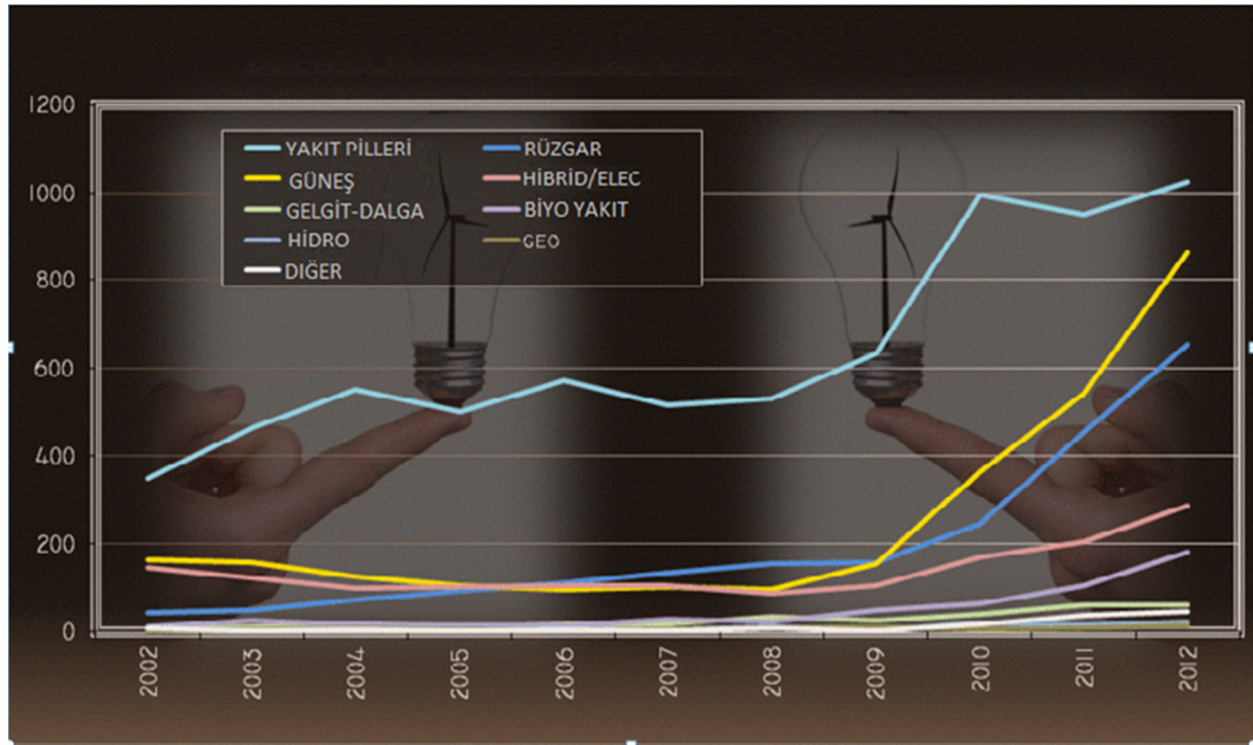


Şekil 1. Yakıt hücresi uygulamaları



Şekil 2. 2008-2012 yılları arasında satışı gerçekleşen birim (küçük barlar) ve MW (geniş barlar) cinsinden yakıt hücresi endüstrisindeki büyüme.





Şekil 3. Enerji sektöründe 2002-2012 yılları arasında alınan patentler.

Hyundai Tucson Fuel Cell 2015  
 Honda FCX Clarity Fuel Cell Electric Vehicle  
 Toyota Mirai FCV 2014  
 Audi A-7 h-tron  
 Volkswagen Golf Sport Wagen HyMotion  
 BMW 1 Serisi, Yakıt hücresi-hibrid  
 Mercedes-Benz-F800-(2010)  
 Mazda 5 Hidrojen RE Hibrid (2009)  
 Fiat Panda-HyTRAN (2009)  
 Audi Q5-FCEV (2009)  
 Nissan X-Trail-FCV (2009)  
 Volkswagen Caddy-Maxi HyMotion (2009)  
 Mercedes-Benz B-Class-F-Cell (2009)

Yakıt hücreleri ile ilgili patentlerde ABD birinci, Japonya ve Kore ise daha sonraki sıraları almıştır. Ülkemizin bu yarışta yer alması için yakıt hücresi konusunda acilen çalışmaların yapılması gerektiği bir gerçektir. Birleşmiş Milletler Enerji Departmanının 2013 raporunda: büyük yakıt hücresi üretici firmaları, önemli bileşenlerin tedarikçileri, ileri teknolojiye sahip üniversitelerin araştırmaları ve bu kurumların iş birliği ile yakıt hücrelerinin ticarileştirilmesi konusunda, Birleşmiş Milletlerin dünyada liderliği elinde tuttuğu ifade edilmektedir. Ülke genelinde yakıt hücrelerinin yaygınlaşmasına yönelik politikalar izlendiği, sadece 2012-2013 yılları arasında toplam 76 MW gücünde sabit yakıt hücresi istasyonu, 1000 adet yakıt hücreli forklift, 49 adet yakıt hücreli otobüsün kullanılmaya başladığı belirtilmektedir. Konuyu daha fazla uzatmamak amacıyla aşağıda sadece Connecticut eyaletindeki yakıt hücreleri ile ilgili bilgiler verilecektir. Bu eyalette 2007 yılından bu yana yakıt hücreli otomobil ve otobüsler kullanılmakta, Connecticut Düşük Emisyon Yenilenebilir Enerji Kredisini (LREC) programı dâhilinde yakıt hücreleri ile ilgili projelere 52 milyonluk destek verilmiştir.

## 2. Yapısı ve Çalışması

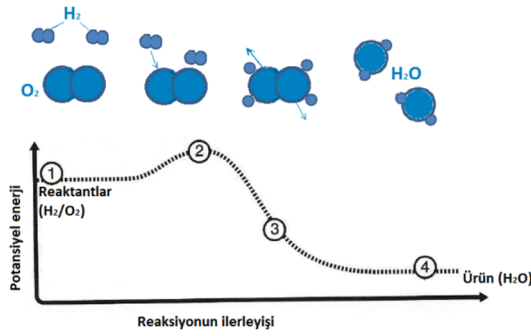
Yakıt hücresi yakıtı alıp elektrik ürününü veren bir "fabrika" olarak düşünülebilir. Bir fabrika gibi yakıt hücresine yakıt sağlandığı sürece elektrik üretmeye devam

etmektedir. Bu yakıt hücresini pillerden ayıran en belirgin özelliğidir. Yakıt içindeki depo edilmiş kimyasal enerjiyi doğrudan elektrik enerjisine dönüştürmektedir. Bu açıdan bakıldığında içten yanmalı motorlar da bir fabrika olarak kabul edilebilir. İçten yanmalı motorlar da benzer şekilde yakıtın kimyasal enerjisini faydalı mekanik enerjiye veya daha sonrasında elektrik enerjisine dönüştürmektedir. Geleneksel bir yanmalı motorda yakıt yakılır ve ısı salınımı gerçekleşir. Basit bir örnek olarak hidrojenin yanma denklemi;



Atomik ölçekteki mesafelerde piko saniyeler içinde hidrojen-hidrojen ve oksijen-oksijen bağları kırılırken, hidrojen-oksijen bağları oluşmaktadır. Bu bağlar moleküller arasında geçiş yapan elektronlar vasıtasıyla oluşup kırılmaktadır. Oluşan suyun bağlanma düzenlemesinin enerji seviyesi başlangıçtaki oksijen ve hidrojen gazlarının bağlanma düzenlemesi enerji seviyesinden düşüktür. Bu enerji farkı ısı olarak salınmaktadır. Başlangıç ve son haldeki enerji farkından dolayı elektronlar bir bağdan diğerine hareket etmektedir. Bu enerji ise sadece ısı olarak geri kazanılabilir çünkü atom altı ölçekte bağların yeniden yapılması piko saniyeler içinde gerçekleşmektedir (Şekil 4). Elektrik üretimi için bu ısının önce mekanik enerjiye dönüştürülmesi, ardından bu mekanik enerjinin elektrik enerjisine dönüştürülmesi gerekmektedir. Tüm bu adımlar ise karmaşık ve verimsiz olacaktır.

Alternatif bir çözüm olarak yüksek enerjili reaktant bağlarından düşük enerjili ürünlerin bağlarına hareket eden elektronları faydalı hale getirmektedir. Aslında bir yakıt hücresi tam da bu işi yapmaktadır. Asıl soru ise atom altı ölçekli bir mesafede piko saniyeler içerisinde geçiş yapan elektronların nasıl kullanılacağıdır. Cevap ise hidrojen ve oksijen reaksiyonlarını ayırmak ve elektron transferini bağların yeniden yapılması için daha uzak mesafelerde geçişe zorlamaktır. Böylece elektronlar yakıt ürünlerinden oksidant ürünlerine transfer olurken elektrikselsel bir akım olarak kullanılabilir.



**Şekil 3.** H<sub>2</sub>-O<sub>2</sub> yanma reaksiyonunun şematik gösterimi. (1) H<sub>2</sub>-O<sub>2</sub> gazları ile reaksiyonun başlaması; (2) hidrojen-hidrojen ve oksijen-oksijen bağlarının kırılması ve verilen aktivasyon enerjisi; (3,4) hidrojen-oksijen bağlarının oluşmasından önce enerji salınımı.

Bir yakıt pili temel olarak anot, katot ve bunlarla temas halinde olan elektrolitten oluşur. Elektrotlar, yüksek gaz geçirgenliğine sahip gözenekli yapıdadır. Tipik bir yakıt pilinde, yakıt anoda (negatif elektrot), oksitleyici (oksijen/hava) ise katoda (pozitif elektrot) sürekli olarak beslenmektedir. Yakıt ile oksijen arasında indirgenme/yükseltgenme reaksiyonu olurken elektrik akımı ve ısı oluşmaktadır [7]. Şekil 5.'de görülen yakıt hücresinin şematik gösteriminde H<sub>2</sub> molekülü bipolar plaka akış kanalları vasıtasıyla anot aktif yüzeyine gelerek elektrokimyasal reaksiyona uğrar.



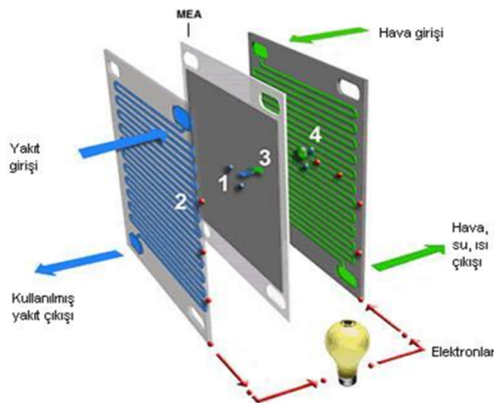
Ortaya çıkan H<sup>+</sup> iyonu elektrolit (polimer elektrolit membran) içinden karşıya geçerken, elektronlar ise bir dış hat vasıtasıyla katoda gelirler. Katotta birleşen elektronlar, iyonlar ve dışarıdan beslenen oksijen gazı reaksiyona girer ve su ürününün ortaya çıktığı (3) denklemini gerçekleştirir.



Yakıt hücresinin ısı, su ve elektrik üretildiği toplam reaksiyonu (4) aşağıdaki gibidir;



Reaksiyonun ürünlerinden olan sıvı su ve ısı yakıt hücresinden etkin bir şekilde dışarıya atılmalıdır. Su ve ısı yönetimi olarak adlandırılan bu iki konu yakıt hücresi tasarımı yaparken dikkat edilmesi gereken en önemli tasarım parametreleri olarak literatürde yerini almıştır.



**Şekil 4.** Yakıt pillerinin genel çalışma prensibi [8].

Elektrokimya ile ilgili bir olguyu anlayabilmek için öncelikle oksidasyon, redüksiyon, anot ve katot gibi terimlerin anlaşılması gerekmektedir.

- Oksidasyon (yükseltgenme) elektronların bir elemandan ayrılması işlemidir. Elektronlar bu reaksiyon ile serbest kalırlar.
- Redüksiyon (indirgenme) ise bir türe elektronun eklendiği işlemidir. Elektronlar reaksiyon tarafından tüketilir

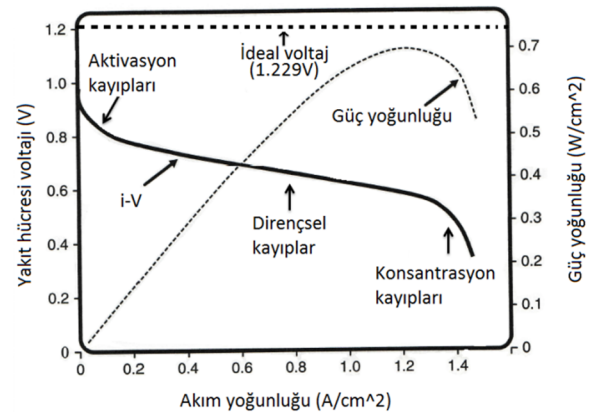
Mesela bir PEM yakıt hücresinde gerçekleşen yarım elektrokimyasal reaksiyonlar göz önüne alınırsa;



Hidrojenin reaksiyonu (5) bir oksidasyon reaksiyonudur. Çünkü elektronlar bu reaksiyon sonucunda serbest kalmaktadır. Oksijen reaksiyonu (6) ise redüksiyon reaksiyonudur, burada ise elektronlar reaksiyon tarafından tüketilmektedir. Yukarıdaki elektrokimyasal yarım reaksiyonlar hidrojen oksidasyon reaksiyonu (HOR) ve oksijen redüksiyon reaksiyonu (ORR) olarak bilinmektedir. Anot ise oksidasyonun vuku bulunduğu elektrottur. Genel olarak diyot veya rezistör gibi iki uçlu bir aygıtın anot tarafı elektronların dışarıya aktığı elektrottur.

### 3. Yakıt Hücresi Performansı

Bir yakıt hücresinin performansı o cihazın akım-voltaj (i-V) karakteristiği ile anlatılır. Bu grafik yakıt hücresinin çıkışındaki belirli bir voltaj değeri için akım değeri miktarını göstermektedir. Tipik bir (i-V) grafiği Şekil 6'te verilmiştir. Grafikteki akım ve güç değerleri santimetrekare başına düşen akım ve güç miktarıyla sınırlanmıştır. Daha geniş bir hücre daha fazla akım üretebilir, kıyas açısından birim alandaki (A/cm<sup>2</sup>) akım miktarı değerlendirilmektedir. Bir yakıt hücresinden elde edilen akım tüketilen yakıt miktarıyla doğru orantılıdır. Hücre voltajı azalursa yakıt miktarı başına üretilen elektrik gücü azalacaktır. Bu yönden baktığımızda voltaj yakıt hücresinin verim göstergesi olarak görülebilir [9].



**Şekil 5.** PEM yakıt hücresi için tipik bir i-V ve güç yoğunluğu eğrisi ve kayıplar.

#### 3.1. Teorik Yakıt Hücresi Analizi

Bir reaksiyonda toplam enerji, Gibbs serbest enerji değişimi ve toplam entropi değişiminden oluşur.  $\Delta H$

reaksiyon entalpi değişimi,  $\Delta G$  Gibbs serbest enerji değişimi,  $\Delta S$  reaksiyondaki entropi değişimini,  $T$  ise reaksiyon sıcaklığını göstermektedir [10].

$$\Delta H = \Delta G + T\Delta S \quad (7)$$

Gibbs serbest enerji değişimi; elektron hareketi ile yakıt pilinde yapılan işi (elektriksel iş) ve buna bağlı olarak elektriksel gerilimi ifade etmektedir. Buna göre yapılan iş ( $W_e$ ); reaksiyondaki elektron sayısı ( $n$ ), Faraday sabiti ve ideal elektriksel gerilime ( $E$ ) bağlı olarak ifade edilmektedir [10].

$$W_{\text{elektrik}} = \Delta g = -nFE \quad (8)$$

Gibbs serbest enerji değişimi standart şartlar için (25 °C ve 1 atm)  $\Delta g^0$  ile ifade edilir.

$$\Delta g^0 = -nFE^0 \quad (9)$$

Genel bir reaksiyon yazılırsa;



Reaksiyona ait Gibbs serbest enerji değişimi (11) denklemi ile tanımlanmaktadır [10].

$$\Delta g = \Delta g^0 + RT \ln \frac{p_A^a p_B^b}{p_C^c p_D^d} \quad (11)$$

Standart şartlardaki Gibbs enerji değişimine bağlı bu denklemde;  $R$  ideal gaz sabiti,  $p_A$ ,  $p_B$ ,  $p_C$  ve  $p_D$  reaksiyona giren ve çıkan gazların kısmi basınçlarıdır. (10) denkleminde (8) denklemi yerine yazılırsa;

$$E = E^0 + \frac{RT}{nF} \ln \frac{p_A^a p_B^b}{p_C^c p_D^d} \quad (12)$$

şeklini alır. (10) denkleminde itibaren denklemler PEM yakıt piline uyarlanırsa reaksiyon denklemi [11];



olur. Gibbs enerji denklemi ise [12];

$$\Delta g = \Delta g^0 + RT \ln \frac{p_{H_2} p_{O_2}^{1/2}}{p_{H_2O}} \quad (14)$$

Tersinir gerilim ifadesi ise [12];

$$E = E^0 + \frac{RT}{nF} \ln \frac{p_{H_2} p_{O_2}^{1/2}}{p_{H_2O}} \quad (15)$$

şeklinde olur. Yakıt pili teorik verimi ise [13];

$$\mu_{y,p,t} = \frac{\Delta G}{\Delta H} \quad (16)$$

ile tanımlanır.

### 3.2. Gerçek Yakıt Hücreleri Analizi

Daha önce de belirtildiği gibi yüksek akım yoğunluğu değerlerinde yüksek voltaj elde edilememek oldukça zor bir olaydır. Gerçek bir yakıt hücresinden elde edilen voltaj termodinamik olarak hesaplanan değerlerden çok daha azdır. Bunların üç sebebi bulunmaktadır.

- Aktivasyon kayıpları (elektrokimyasal reaksiyonlardan kaynaklanan kayıplar)
- Dirençsel kayıplar (elektronik ve iyonik iletim kayıpları)
- Konsantrasyon kayıpları (kütle transfer kayıpları)

Şekil 6.'da görülen kayıplar termodinamik olarak hesaplanan ideal voltajın (1,229V) hiçbir zaman elde edilemediğini, artan akım yoğunluğu bölgelerinde voltajın düştüğünü göstermektedir. Yakıt hücresinin gerçek voltajını tespit etmek için, termodinamik açıdan hesaplanan değerden yukarıdaki kayıpların sebep olduğu voltaj düşmeleri çıkarılmalıdır;

$$V = E_{\text{termo}} - \mu_{\text{aktivasyon}} - \mu_{\text{dirençsel}} - \mu_{\text{konsantrasyon}} \quad (17)$$

Sayıdığımız üç ana kaybın Şekil 6.'da görülen i-V eğrisinin karakteristiğinin bu şekilde olmasına büyük etkileri vardır. Elektrot yüzeylerinde gerçekleşen elektrokimyasal reaksiyonların hızlarına bağlı kayıplar aktivasyon kayıpları olarak adlandırılır. Elektrotlarda reaksiyonun oluşabilmesi için belirli bir enerjiye ihtiyaç duyulur. Bu enerji seviyesine ulaşılması halinde reaksiyon gerçekleşebilir. Direnç kayıpları, hidrojen iyonlarının hareketine karşı membran ve elektrotlardaki dirençlerden meydana gelir. Önemli direnç kaybının olduğu membranda; iyonik iletkenliğin artırılması (yüksek iletkenlikte malzeme kullanımı) ve membran kalınlığının azaltılması direnç kayıplarını da azaltacaktır. Aynı şekilde bipolar plakalarda önemli direnç kayıplarının olduğu noktalar vardır. Buralarda da benzer önlemlerle direnç kayıpları azaltılabilir. PEM yakıt pilinde elektrotlardaki hidrojen ve oksijenin kullanımı sırasında derişim farklılıkları ortaya çıkmakta bu ise o bölgelerdeki kısmi basınçların azalmasına ve buna bağlı olarak da gerilim düşüşlerine yani kayıplara neden olmaktadır. Sistemden çekilen akım miktarının artması, bu kayıplarında artışına neden olmaktadır [14].

### 4. Sonuçlar

Bu çalışma PEM tipi yakıt hücrelerinin tanımı, avantaj ve dezavantajları, kullanım alanları, çalışma mantığı, teorik ve gerçek analizi hakkında genel bir bakışı içermektedir. Yakıt hücreleri yüksek verimleri ve çevreci yapılarından dolayı, petrol rezervlerinin azaldığı ve fosil yakıtların sebep olduğu küresel ısınmanın hissedildiği dünyamızda, gelecek için umut vaat etmektedir. Ancak fiyat ve dayanıklılık açısından geliştirme çalışmaları devam etmeli ve ticarileşmesinin önündeki engeller kaldırılmalıdır. Günümüze kadar bu sorunların çözülememiş olmasının asıl sebebi geçmişteki enerji ihtiyacının motorlar, ısı makineleri, bataryalar ve benzer cihazlarla çözülüp, yakıt hücrelerinin bu güç kaynaklarının gölgesinde kalmasıdır. Ancak 1990'lardan itibaren yukarıda bahsettiğimiz sorunlar nedeniyle, geç de olsa yakıt hücreleri hakkındaki çalışmalar hız kazanmıştır. Bu konudaki akademik faaliyetler, özel sektör girişimleri ve devlet destekleri ile hidrojen enerjisinin tam potansiyel ile hayata geçirilmesine hızla yaklaşılmaktadır.

### Kaynaklar

- [1] Kahraman H., Çevik İ., 6th International Advanced Technologies Symposium (IATS'11), 16-18 May 2011, Elazığ, Turkey.
- [2] Çetinkaya, M., Karaosmanoğlu, F., "21. Yüzyılın Enerjisi; Hidrojen Enerji Sistemi", IV. Güneş ve Diğer Yenilenebilir Enerjiler Sergisi ve Sempozyumu, İzmir, 1-3, 2003.

- [3] Hentall P, Lakeman J, Mepsted G, Adcoc P, Moore J, New materials for polymer electrolyte membrane fuel cell current collectors, *Journal of Power Sources* 1999; 80; 235-41.
- [4] Kordesch, K., Simader, G., *Fuel Cells and Their Applications*, John Wiley & Sons, Inc., 1996.
- [5] Farley H.R., & Mesiti P.C., Clean Energy Patent Growth Index 2012 Year in Review, • [http://cepgi.typepad.com/heslin\\_rothenberg\\_farley\\_/2013/03/clean-energy-patent-growth-index-2011-year-in-review.html](http://cepgi.typepad.com/heslin_rothenberg_farley_/2013/03/clean-energy-patent-growth-index-2011-year-in-review.html) .
- [6] İnternet: [http://en.wikipedia.org/wiki/Fuel\\_cell\\_vehicle](http://en.wikipedia.org/wiki/Fuel_cell_vehicle) Son ulaşım tarihi: 25.11.2014.
- [7] San, F., Özdemir, S., Örs, N., Kalafatoğlu, E., Bahar, T., *Hidrojen Yakıt Pilleri: Otomotiv Endüstrisindeki Uygulamalar ve Geleceği*, TÜBİTAK 2001.
- [8] İnternet, <http://www.alternative-energy-news.info/technology/fuel-cells/> (Son ulaşım: 29.09.2014).
- [9] Kahraman H., Çevik İ., "Çalışma Koşullarının PEM Yakıt Pili Performansına Etkisinin İncelenmesi" ,7th International Advanced Technologies Symposium (IATS'13), 30 Ekim- 1 Kasım,2013,Yıldız Teknik Üniversitesi.
- [10] EG&G Technical Services, Inc. Science Applications International Corporation, *Fuel Cell Handbook* (Sixth Edition), West Virginia, 2002.
- [11] Paulus U. A., *Electrocatalysis for Polymer Electrolyte Fuel Cells: Metal Alloys and Model Systems*, Doctoral Thesis, Swiss Federal Institute of Technology, Germany, 2002.
- [12] Haile S. M., *Fuel cell materials and components*, *Acta Materialia*, *Acta Materialia* 51 (2003) 5981–6000.
- [13] J.E. Larminie, A. Dicks, *Fuel Cell Systems Explained*, John Wiley & Sons, Chichester, England, 2000.
- [14] O'hayre R., Suk-Won C., Whitney C.F., Prinz B., *Fuel Cell Fundamentals*, Second Edition John Wiley & Sons, Inc., 2009.