



ŞİŞECAM

# 33. Şişecam Cam Sempozyumu

## SÜRDÜRÜLEBİLİR GELECEKTE CAM

The 33<sup>rd</sup> Şişecam Glass Symposium  
GLASS IN THE SUSTAINABLE FUTURE



**Bildiriler / Proceedings**

[www.camsempozyumu.com](http://www.camsempozyumu.com)







ŞİŞECAM

# 33. Şişecam Cam Sempozyumu

## The 33<sup>rd</sup> Şişecam Glass Symposium

2 Kasım 2018

2 November 2018

Türkiye İş Bankası

Tuzla Teknoloji ve Operasyon Merkezi

Tuzla / İstanbul

## Bildiriler Kitabı / Proceedings





## **Türkiye Şişe ve Cam Fabrikaları A.Ş.**

Araştırma ve Teknolojik Geliştirme Başkanlığı

### **Yayına Hazırlayanlar**

A.Semih İşevi

*sisevi@sisecam.com*

Dr. Seniz Türküz

*sturkuz@sisecam.com*

Seda Doğru

*sdogru@sisecam.com*

Melek Orhon

*meorhon@sisecam.com*

Ebru Çelebi

*ebcelebi@sisecam.com*

Kaan Gençceylan

*kgencceylan@sisecam.com*

### **Yapım ve Baskı**

Fabrighthouse

Tel: 0533 123 42 77

*www.fabrighthouse.com.tr*

**Copyright © 2019 Türkiye Şişe ve Cam Fabrikaları A.Ş.  
(Hizmete Özeldir) / Para ile Satılamaz - E-Yayın Olarak Hazırlanmıştır.**

## **Türkiye Şişe ve Cam Fabrikaları A.Ş.**

İçmeler Mahallesi, D-100 Karayolu Caddesi, No: 44A

34947 Tuzla/İSTANBUL

Tel: 0 850 206 55 50

Faks: 0 212 459 57 73

*http://www.sisecam.com.tr*

*http://www.camsempozyumu.com*

Kaynak göstermek kaydıyla alıntı yapılabilir.  
Bildirilerden yazarları sorumludur.



## Cam Sempozyumu Danışma Kurulu

Prof. Dr. Ahmet Kırman  
*Onursal Başkan*

### Üyeler

Dr. Reha Akçakaya  
Şengül Demircan  
Görkem Elverici  
T. Burhan Ergene  
Sabahattin Günceler  
Abdullah Kılınc  
Dr. Ateş Kut  
Prof. Dr. Şener Oktik  
Gökhan Öncü  
Aydın S. Önder  
Dr. Selma Öner  
Cemil Tokel  
Özlem Vergon  
Alev Yaraman  
Melek Orhon  
Dr. Hakan Sesigür  
Hande Sesigür  
Atilla Ünsal

## Cam Sempozyumu Yürütme Kurulu

### Başkan

Dr. Seniz Türküz

### Üyeler

İbrahim Bayındır  
H. Elif Ergün  
Gökmen Eriş  
Seçil Erman  
Nadiye Gür  
Çağatay Süner  
Hakan Şahin  
Necmi Tarık  
Emre Bozbeyli  
Atilla Çebi  
Dr. Tunç Görüney  
Burak İzmirlioğlu  
Dr. Adnan Karadağ  
Dr. Arca İyiel Orhan  
Tamer Öztürk  
Dr. İlkay Sökmen  
Tolga Uysal  
Habib Yıldırım

## Cam Sempozyumu Hakem Kurulu

### Sempozyum Sekreteryası

A. Semih İşevi  
Selin Bilgin  
Ebru Çelebi  
Ebru Arda  
Kaan Gençceylan

### Üniversite

Dr. Oya Akman  
Doç. Dr. Ebru Menşur Alkoy  
Prof. Dr. Süheyla Aydın  
Prof. Dr. Hilmi Volkan Demir  
Dr. Miray Çelikbilek Ersundu  
Dr. Ali Ercin Ersundu  
Dr. Adnan Veysel Ertemel  
Prof. Dr. Mehmet Ali Gülgün  
Doç. Dr. Oğuzhan Gürlü  
Prof. Dr. Fatih Ömer İlday  
Prof. Dr. Bekir Karasu  
Doç. Dr. Alp Osman Kodolbaş  
Prof. Dr. Selim Küsefoğlu  
Prof. Dr. Serdar Özgen  
Prof. Dr. Bulat Rameev  
Doç. Dr. Melek Erol Taygun  
Prof. Dr. Raşit Turan  
Prof. Dr. Mustafa Ürgen  
Doç. Dr. Recep Zan  
Prof. Dr. Esra Özkan Zayim

### Şişecam

Tamer Akköseoğlu  
İbrahim Bayındır  
Seçil Erman  
Dr. Nadiye Gür  
Dr. Vedat Sediroğlu  
Serkan Şahin  
Hakan Şahin

### Şişecam Bilim ve Teknoloji Merkezi

Melek Orhon  
Dr. Hakan Sesigür  
Hande Sesigür  
Atilla Ünsal  
Fehiman Akmaz  
Dadal Arıburnu  
Uğur Arıkan  
Neşet Arzan  
Emre Bozbeyli  
Atilla Çebi  
Banu Çopuroğlu  
Osman Haluk Erdem  
Dr. Tunç Görüney  
Dr. Burak İzmirlilioğlu  
Dr. Aref Javaherian  
Dr. Adnan Karadağ  
Dr. Levent Kılıç  
Dr. Mustafa Oran  
Dr. Arca İyiel Orhan  
Ali Ötken  
Anıl Özen  
Tamer Öztürk  
Dr. İlkay Sökmen  
Dr. Seniz Türküz  
Tolga Uysal  
Habib Yıldırım



# İÇİNDEKİLER

## 21 - ÖZETLER

- 22 - DIGITAL DISRUPTION HOW AI WILL TRANSFORM OUR COMPANIES
- 29 - DIGITAL & ANALYTICS TRENDS IN GLASS AND OTHER PROCESS INDUSTRIES
- 30 - YAPAY ZEKÂ
- 31 - CAM ENDÜSTRİSİNDE DİJİTAL DÖNÜŞÜME KATILAN AKIL: YAPAY ZEKÂ
- 36 - ISIL İŞLEMİN OPTİK SPEKTRAYA ETKİSİNİN YAPAY ÖĞRENME İLE MATEMATİKSEL MODELLENMESİ
- 37 - DİJİTALLEŞEN DÜNYADA SAĞ BEYNİN YÜKSELİŞİ VE MÜŞTERİLERLE ETKİLEŞİM İÇİN YENİ STRATEJİLER
- 38 - A SMART ALGORITHM FOR ENERGY MANAGEMENT SYSTEM AND ITS ENGINEERING APPLICATION IN GLASS INDUSTRY
- 39 - ENDÜSTRİYEL CAM ÜRETİM TESİSLERİNDE ENERJİ VERİMLİLİĞİ
- 40 - ENERJİ İZLEME SİSTEMİNDEKİ KOMPRESÖRLER ÜZERİNE ADAPTİF BİR MÜHENDİSLİK ANALİZİ
- 41 - ÖZ YAZILIMLA ÜRETİM PARAMETRELERİNİN KONTROLÜNÜN GELİŞTİRİLMESİ
- 42 - ANADOLU CAM'DA YALIN 6 SİGMA UYGULAMALARI
- 43 - KARBON ÜRETEEN GAZLARIN TÜKETİM NOKTALARININ ANALİZİ
- 44 - YENİLİKÇİ MÜHENDİSLİK ÇÖZÜMLERİ İLE DEĞER YARATMAK
- 45 - FURNACE ENERGY COST OPTIMIZATION
- 46 - ŞİŞECAM ENERJİ YÖNETİM SİSTEMİNDE ENDÜSTRİ 4.0 VE NESNELERİN İNTERNETİ UYGULAMASI
- 47 - CAM FIRINLARINDA OPTİMUM SİSTEM PARAMETRELERİNİN SAPTANMASI
- 54 - CAMIN ELEKTRİKSEL ERGİTMESİ ÜZERİNE MÜHENDİSLİK ANALİZİ
- 55 - PLASTIC TO GLASS REPLACEMENT OF B-PILLAR COVERS ON CARS
- 58 - OTOMOTİV CAMLARI BUZ ÇÖZME TESTİ
- 64 - KAPLAMALI ve İSİTMALİ OTOMOTİV ÖN CAMLARI
- 71 - HUD ÖZELLİKLİ OTOMOTİV ÖN CAMLARI
- 72 - YENİ TİP TABAK BASKI MAKİNESİ
- 73 - DERİN GRAVÜRLÜ PRES ÜFLEME ÜRETİMİ
- 76 - CAM EV EŞYASI PRES ÜRETİM MAKİNALARINDA YENİ ÜRETİM TEKNİKLERİ GELİŞTİRİLEREK ÜRÜN ÇEŞİTLİLİĞİNİN ARTTIRILMASI
- 86 - ÜRÜN KALİTE KONTROLÜNDE GÖRSEL KONTROL SİSTEM ANALİZİ (GSA)
- 92 - CAMIN GEÇMİŞ ÇAĞLARINDAN GELECEĞE; İNSANLIĞIN MARS'A DOĞRU SEYAHAT HAYALLERİNİ HARMANLAYAN BİR SUNUM
- 93 - PAŞABAĞÇE'DE CAM TASARIM SÜRECİ: DÜNÜ, BUGÜNÜ VE GELECEĞİ
- 101 - GRAFEN TABANLI TRANSPARAN İSİTİCİLER
- 102 - FOSFOR (YAG:CE) TABAKASINA EKLENEN FARKLI YAPILARDAKİ CAMSİ PARÇACIKLARIN FOSFOR DÖNÜŞÜMLÜ BEYAZ LED'LERİN VERİMİ ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ
- 103 - OYUK KATOT PLAZMA DESTEKLİ ATOMİK KATMAN BİRİKTİRME YÖNTEMİ İLE SAFİR ÜZERİNE BÜYÜTÜLEN GAN'IN RAMAN SAÇILMA ÖZELLİKLERİ
- 104 - INVESTIGATING STRUCTURAL PROPERTIES OF YTTRIUM IRON GARNET FILMS DEPENDING ON GROWTH PARAMETERS

- 107 - PEROVSKİT TABANLI BEYAZ LED ÜRETİMİ VE KARAKTERİZASYONU  
108 - DOĞADAN ESİNLENİLMİŞ SİLİKA BAZLI İNOVATİF KOMPOZİTLER  
110 - SODA CAMI ÜZERİNE METAL KATKILANMIŞ  $TiO_2$  İNCE FİMLERİN FOTOKATALİTİK ÖZELLİKLERİ; KENDİNİ TEMİZLEYEN VE YANSITMASIZ KAPLAMALAR  
111 - MİMARİDE YENİLİKÇİ BİR ÇÖZÜM: ŞİŞECAM TEMPERLENEBİLİR BOYALI CAM  
113 - ULTRAHIZLI LAZER VE SOL-JEL UYGULAMASIYLA CAM YÜZEYİNE HİDROFOBİK VE SÜPERHİDROFOBİK ÖZELLİKLER KAZANDIRILMASI  
114 - KOLLOİDAL SİLİKA TEMELLİ MEKANİK ETKİLERE DUYARLI NANO FİLM ÜRETİMİ  
115 - SOL-JEL YÖNTEMİ İLE GZO ALTLIKLAR ÜZERİNDE ÜRETİLEN PZT VE PLZT İNCE FİMLERİN ELEKTRİKSEL VE OPTİK ÖZELLİKLERİ  
116 - AYNA ÜRETİM MALİYETLERİNİN DÜŞÜRÜLMESİ  
122 - BAZIK KROM SÜLFAT KALİTESİNİN İNCELENMESİ İÇİN DERİ TOZU SEPİLEME YÖNTEMİ GELİŞTİRİLMESİ  
123 - AN EXPLORATION OF THE RELATIONSHIP OF THE CHEMICAL AND PHYSICAL PARAMETERS WHICH DETERMINE THE INTERFACIAL STRENGTH IN GLASS FIBRE COMPOSITES  
125 - NANO-MALZEME TAKVİYELİ CAM ELYAF ÜRÜNLERİ GELİŞTİRME  
126 - RESONATORS AND WAVEGUIDES IN FIBER OPTICS AND INTEGRATED PHOTONICS  
127 - THZ REGION ELASTIC SCATTERING FROM GLASS MICROSPHERES  
128 - KATIHAL AYDINLATMA UYGULAMALARI İÇİN NADİR TOPRAK İYONU KATKILI CAMLAR  
129 - APPLICATION OF ADVANCED SENSORS IN THE GLASS INDUSTRY  
130 - HOW LIQUID-LIKE IS OUR GLASS  
131 - BEYAZ IŞIK YAYAN LED'LER İÇİN NADİR TOPRAK İYONU KATKILI YENİ NESİL CAMLARIN GELİŞTİRİLMESİ  
132 - FÜME PRIVACY CAM ÜRETİMİNDE BAŞLANGIÇTAN BUGÜNE  
133 - METAL OKSİT KATKILAR KULLANILARAK BAL RENKLİ CAMIN RENKSİZLEŞTİRİLMESİ  
134 - CAM SANATINDA TAVLAMA İŞLEMİ VE TAVLAMA KONTROLÜ  
135 - FRIT, PUDRA, GRANÜL VB. YARDIMCI MALZEME ÜRETİMİ  
141 - FARKLI OKSİDASYON SEVİYESİNE SAHİP DEMİR OKSİT HAMMADDE KAYNAKLARININ CAM RENGİNE ETKİLERİ  
147 - RENKSİZ DÜZCAM ÜRÜNLERİNDE RENK TONUNUN AÇILMASI  
154 - DÜŞÜK  $B_2O_3$  İÇEREN CAMLARDA ALTERNATİF ANALİZ YÖNTEMLERİ  
162 - SIVI KRİSTAL TABANLI AKILLI CAMLARIN GELİŞTİRİLMESİ  
163 - RF MAGNETRON PLAZMA GÜCÜNÜN VE OKSİJEN KISMİ BASINCININ NİKEL OKSİTİN ELEKTROKROMİK ÖZELLİKLERİNE ETKİSİ  
164 - MAGNETRON SIÇRATMA KAPLAMA BASINCI VE OKSİJEN KISMİ BASINCININ  $WO_3$  FİMLERİNİN ELEKTROKROMİK ÖZELLİKLERİNE ETKİSİ  
165 - POLYANİLİNE İNCE FİLM KAPLAMA VE ELEKTROKROMİK ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ  
166 - CAM UYGULAMALARINA YÖNELİK FOTOKROMİK VE TERMOKROMİK ETKİLİ KAPLAMALAR  
168 - HIPIMS APPLICATION ON GLASS



- 169 - MİMARİ, OTOMOTİV VE BEYAZ EŞYA UYGULAMALARI İÇİN İNDİYUM KALAY OKSİT KAPLAMALAR
- 170 - ENABLING GLASS FOR FUTURE APPLICATIONS BY INTELLIGENT COATING PROCESSES
- 171 - DESIGN AND FABRICATION OF METAL MESH FILTERS FROM ITO/AU/ITO MULTILAYER THIN FILMS ON GLASS
- 173- EFFECT OF DEPOSITION PARAMETERS ON MECHANICAL RESISTANCE OF AL- DOPED ZNO FILMS ON GLASS DEPOSITED Fabrikaları A.Ş. BY RF MAGNETRON SPUTTERING
- 174 - PEROVSKİT GÜNEŞ HÜCRELERİ İÇİN BOŞLUK TAŞIYICI KATMAN OLARAK SPİN KAPLAMA İLE OLUŞTURULMUŞ BAKIR TİYOSİYANAT
- 175 - DIRECTIONAL SELF ASSEMBLY OF NANOFILAKES ON THE SURFACE OF CZTSSe THIN FILMS ON GLASS SUBSTRATES: GROWTH AND CHARACTERIZATION
- 176 - STATUS OF TRANSPARENT AND SEMI-TRANSPARENT SOLAR CELLS FOR BUILDING INTEGRATED PHOTOVOLTAICS (BIPV): OVERVIEW AND PROPOSAL
- 178 - FOTOVOLTAİK CAM PANELLERİNE YÖNELİK ANTİREFLEKTE KAPLAMALAR VE KAPALI GÖZENEK YAPISININ KARAKTERİZASYONU
- 186 - MECHANICAL AND TRIBOLOGICAL PROPERTIES OF SILICATE GLASS IN AMBIENT AIR
- 187 - YAŞLANDIRMA SÜRECİNİN KİMYASAL TEMPERLEME TEKNOLOJİSİ İLE GÜÇLENDİRİLMİŞ FARKLI CAM KOMPOZİSYONUNA SAHİP İNCE DÜZCAMLARA OLAN ETKİSİ
- 188 - DESENLİ İNCE DÜZ CAMIN KİMYASAL TEMPERLEME YOLU İLE GÜÇLENDİRİLMESİ
- 190 - KİMYASAL TEMPERLEME TEKNOLOJİSİ İLE GÜÇLENDİRİLMİŞ FARKLI CAM KOMPOZİSYONUNA SAHİP İNCE DÜZCAMLARIN ASİT, ALKALİ ve HİDROLİTİK DAYANIMI
- 191 - ACOUSTIC EMISSION AS A TOOL FOR EXTENDED TRIBO-MECHANICAL CHARACTERIZATION AT NANO/MICRO SCALE - APPLICATION TO NANOINDENTATION AND SCRATCH TEST
- 197 - CAMIN İNCE, HAFİF VE GÜÇLÜ HALİ: STEMZERO
- 198 - FARKLI CAM KESME TEKNİKLERİNİN KİMYASAL TEMPERLİ İNCE DÜZCAMIN MEKANİK MUKAVEMETİNE ETKİLERİ
- 200- 500 TON/GÜN KAPASİTELİ CAM AMBALAJ FIRININDA DÜŞÜK CAM KIRIĞI KULLANIMI İÇİN FIRIN TASARIM VE İŞLETME KRİTERLERİNİN BELİRLENMESİ
- 201 - REDUCING THE COMPUTATIONAL COST OF SOLVING FOR THERMAL RADIATION EFFECTS
- 202- VERİ BAZLI PROSES ANALİTİĞİ İLE KROMİK ASİT ÜRÜN KALİTESİNİN TAHMİNİ VE İYİLEŞTİRİLMESİ
- 208- TB1 FIRIN VE BANYO BÖLÜMLERİ İDAME ETTİRME ÇALIŞMALARI
- 217 - **POSTER BİLDİRİLER**
- 218 - PREDICTING THE EFFICIENCY OF SUN TRACKING SYSTEMS OVER FIXED PANELS BY MAKING USE OF A SIMULATION  
DRIVEN BY A CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK AND GENETIC ALGORITHM
- 228 - RAFİNE SODYUM BİKARBONAT KRİSTALLERİNİN Ca İYONU VARLIĞINDA İRİLEŞTİRİLMESİ VE ÜRETİM ARTIŞI

**Prof. Dr. Şener OKTİK**

Türkiye Şişe ve Cam Fabrikaları A.Ş.  
Araştırma ve Teknolojik Geliştirme Başkanı

## AMAÇ ve KAPSAM

Ülkemizin temel cam ürünleri ihtiyacını karşılamak amacı ile 1935 yılında Atatürk'ün direktifleriyle kurulan Şişecam, cam sektöründe bilgi, beceri yetkinlikleri yanında cam teknolojilerinde, ürünlerinde ve etkin olduğu coğrafyada sınırlarını sürekli genişletmektedir. 2018 yılında Şişecam üç kıtada, 13 ülkeye yayılmış üretim faaliyetleri, 150 ülkeyi aşan satışları ve 22 bine yakın çalışanıyla küresel bir güce sahiptir. Bilim, teknoloji ve sanayi üçlemesinde Şişecam'ın itici gücü; kurumsal bir çatı altında bilginin üretildiği, temel bilim araştırmalarından, bilginin yeni teknolojiye ve yeni ürüne evrildiği, geliştirme çalışmalarına kadar giden Araştırma, Teknolojik Geliştirme (ArTeGe) ve Tasarım faaliyetlerinin her halkasında 1976 yılından başlayan ulusal ölçekteki öncülüğü ve uluslararası ölçekte artan etkinliğidir.

Ana faaliyet alanlarında dünyada ilk üçe girme hedefi doğrultusunda büyümesini sürdüren Şişecam Topluluğu Kurumsal ArTeGe ve tasarım faaliyetlerinde ortak anlayış, ortak yönetim ve ortak hafıza yaklaşımı benimsemiştir. 1985 yılında kurum içi üretilen bilgiyi, güçlenen beceriyi ve yetkinlikleri paylaştığımız Şişecam Cam Sempozyumları, son yıllarda önce ulusal ölçekte ve giderek uluslararası katkılarını artırdığı rekabet öncesi cam ve cama değer katan bütün alanlardaki gelişmeleri tartışan bilim insanlarının, teknokratların ve yöneticilerin bir araya geldiği bir platforma dönüşmüştür. Şişecam Cam Sempozyumlarının 33 yıldır süren karalı ve saygın çizgisinde Uluslararası Cam Komisyonu (International Commission on Glass, ICG) 1996 ve 2017 yıllık toplantısını ve konferansını Şişecam Sempozyumları ile birlikte İstanbul'da yapmıştır. 2017 yılında İstanbul'da 417 katılımcıyla 3 gün boyunca beş paralel oturum, üç panel, 26 konuşma ve 18'si poster olmak üzere toplam 171 sunum ile gerçekleşen bu büyük organizasyonda cam bilimi ve teknolojisi alanında heyecan verici yeni gelişmelerin yanında sektörün tüm oyuncularına Şişecam ve Türkiye etkin bir biçimde tanıtılmıştır.

Türkiye İş Bankası Tuzla Teknoloji ve Operasyon Merkezi'nde, 02 Kasım 2018 tarihinde gerçekleşecek 33. Şişecam Cam Sempozyumu'na 400 civarında katılımcı beklenmektedir. Açılış özel oturumu ile başlayıp 6 paralel oturumda, yurtdışından 8 yurtçinden 7 olmak üzere 15 davetli konuşmacı ile birlikte toplamda 79 bildiri sunulacaktır. Şişecam araştırmacıları ve çalışanları yanında ulusal ve uluslararası üniversite, araştırma kurumları ve şirketlerden artan ilgi ve katılım, 33 yıl önce çıkılan yolda atılan adımların doğru yönde olduğunun güçlü göstergeleridir. Yakın gelecekte Şişecam Cam Sempozyumlarının nitel ve nicel ölçekte artan içerik ve uluslararası katılımlarla bir günü aşan, daha geniş kapsamlı "ULUSLARARASI ŞİŞECAM CAM SEMPOZYUMU"na dönüşmesi 33 yıllık çabanın taçlandırılması olacaktır.

**Saygılarımla,**







ŞİŞECAM

# 33. Şişecam Cam Sempozyumu

## SÜRDÜRÜLEBİLİR GELECEKTE CAM

The 33<sup>rd</sup> Şişecam Glass Symposium  
GLASS IN THE SUSTAINABLE FUTURE



**Program / Program**

[www.camsempozyumu.com](http://www.camsempozyumu.com)

## ODİTORYUM

### OTURUM KONUSU Açılış Oturumu/Opening Session

OTURUM BAŞKANI / SESSION CHAIR **Prof.Dr. Şener Oktik**

08:00-09:00 **KAYIT ve KAHVE** / REGISTRATION and COFFEE

09:00-09:10 Saygı Duruşu, İstiklal Marşı ve Açılış Konuşmaları NATIONAL ANTHEM / OPENING SPEECHES

09:10-09:20 **Prof. Dr. Şener Oktik**

09:20-09:30 **Prof. Dr. Ahmet Kirman**

09:30-10:00 Konuşmacı / Invited

**Michael Vernon Robinson** Digital Disruption How AI will transform our companies

10:00 - 10:30 Konuşmacı / Invited

**Yermolai Solzhenitsyn** Digital & Analytics Trends in Glass and Other Process Industries

10:30 - 11:00 **Kahve Arası / Coffee Break**

### PARALEL OTURUMLAR / PARALLEL SESSIONS (2. OTURUM)

OTURUM KONUSU **CAM VE ÜRETİM TEKNOLOJİLERİNDE YAPAY ZEKA / ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN GLASS AND PRODUCTION TECHNOLOGIES**

OTURUM BAŞKANI / SESSION CHAIR **Dr. Adnan Karadağ**

11:00 - 11:20 Konuşmacı / Invited

**Prof. Dr. Eşref Adalı** Yapay Zeka

11:20 - 11:40 Konuşmacı / Invited

**Ömer Korkut** Cam Endüstrisinde Dijital Dönüşüme Katılan Akıl: Yapay Zeka

11:40 - 12:00 Konuşmacı / Invited

**Dr. Batuhan Gündoğdu**

Isıl İşlemin Optik Spektraya Etkisinin Yapay Öğrenme ile Matematiksel Modellenmesi

12:00 - 12:20 Konuşmacı / Invited

**Dr. Adnan Veysel Ertemel**

Dijitalleşen Dünyada Sağ Beynin Yükselişi ve Müşterilerle Etkileşim için Yeni Stratejiler

12:20 - 12:40 **Okan Sarıkayalar** (ENG)

A Smart Algorithm for Energy Management System and Its Engineering

Application in Glass Industry

12:40 - 14:00 **Öğlen Yemeği / Lunch**

### PARALEL OTURUMLAR / PARALLEL SESSIONS (3. OTURUM)

OTURUM KONUSU **ENERJİ VERİMLİLİĞİ VE ENDÜSTRİ 4.0 / ENERGY EFFICIENCY AND INDUSTRY 4.0**

OTURUM BAŞKANI / SESSION CHAIR **Dr. Tunç Görüney**

14:00 - 14:20 Konuşmacı / Invited

**Prof. Dr. Durmuş Kaya** Endüstriyel Cam Üretim Tesislerinde Enerji Verimliliği

14:20 - 14:40 **İbrahim Özcan**

Enerji İzleme Sistemindeki Kompresörler Üzerine Adaptif Bir Mühendislik Analizi

14:40 - 15:00 **Uğur Ergün** Öz Yazılımla Üretim Parametrelerinin Kontrolünün Geliştirilmesi

15:00 - 15:20 **Özgür Uçaroğlu, Cengizhan Göçer** Anadolu Cam'da Yalın 6 Sigma Uygulamaları

15:20 - 15:40 **Barış Gül** Karbon Üreten Gazların Tüketim Noktalarının Analizi

15:40 - 16:00 **Kahve Arası / Coffee Break**

### PARALEL OTURUMLAR / PARALLEL SESSIONS (4. OTURUM)

OTURUM KONUSU **ENERJİ VERİMLİLİĞİ VE ERGİTME TEKNOLOJİLERİ / ENERGY EFFICIENCY AND MELTING TECHNOLOGIES**

OTURUM BAŞKANI / SESSION CHAIR **Neset Arzan**

16:00 - 16:20 **A. Zeki Alimoğlu, Hakan Şahin** Yenilikçi Mühendislik Çözümleri ile Değer Yaratmak

16:20 - 16:40 **Nirmalendu Ghosh** (ENG) Furnace Energy Cost Optimization

16:40 - 17:00 **Dr. Levent Kılıç**

Şişecam Enerji Yönetim Sisteminde Endüstri 4.0 ve Nesnelerin İnterneti Uygulaması

17:00 - 17:20 **Ozan Fırat Özgül, Mehmet Ulaş Çakır, Emre Dumankaya**

Cam Fırınlarında Optimum Sistem Parametrelerinin Saptanması

17:20 - 17:40 **Ömer Bayraktar** Camın Elektriksel Ergitmesi Üzerine Mühendislik Analizi

17:40 - 19:00 **KOKTEYL / COCKTAIL**



## SALON C 108

### PARALEL OTURUMLAR / PARALLEL SESSIONS (2. OTURUM)

OTURUM KONUSU **OTOMOTİV CAMLARI / AUTOMOTIVE GLASSES**

OTURUM BAŞKANI / SESSION CHAIR **Çağatay Süner**

- 11:00 - 11:20 **Erwin Butsch**  
Plastic to glass replacement of B-pillar Covers on Cars
- 11:20 - 11:40 **Pervin Çalışan**  
Otomotiv Camları Buz Çözme Testi
- 11:40 - 12:00 **Dr. Selçuk Genç, Erwin Butsch, Çağatay Süner, Göktuğ Kuş**  
Kaplama ve Isıtmalı Otomotiv Ön Camları
- 12:00 - 12:20 **Göktuğ Kuş, Erwin Butsch, Çağatay Süner, Dr. Selçuk Genç**  
HUD Özellikli Otomotiv Ön Camları
- 12:40 - 14:00 **Öğlen Yemeği / Lunch**

### PARALEL OTURUMLAR / PARALLEL SESSIONS (3. OTURUM)

OTURUM KONUSU **CAM ÜRETİM TEKNOLOJİLERİ / GLASS PRODUCTION TECHNOLOGIES**

OTURUM BAŞKANI / SESSION CHAIR **Hakan Şahin**

- 14:00 - 14:20 **Deniz Gürbüz**  
Yeni Tip Tabak Baskı Makinesi
- 14:20 - 14:40 **İsmail Bozoluk, Sadettin Ege Artun**  
Derin Gravürlü Pres Üfleme Üretimi
- 14:40 - 15:00 **Özgür Kapkaç**  
Cam Ev Eşyası Pres Üretim Makinalarında Yeni Üretim Teknikleri Geliştirilerek Ürün Çeşitliliğinin Arttırılması
- 15:00 - 15:20 **Somer Abeş, Hakan Erdil, İsmail Çandır**  
Ürün Kalite Kontrolünde Görsel Kontrol Sistem Analizi (GSA)
- 15:40 - 16:00 **Kahve Arası / Coffee Break**

### PARALEL OTURUMLAR / PARALLEL SESSIONS (4. OTURUM)

OTURUM KONUSU **TASARIM / DESIGN**

OTURUM BAŞKANI / SESSION CHAIR **Emre Bozbeyli**

- 16:00 - 16:20 Konuşmacı/Invited  
**Ali Bakova**  
Camin Geçmiş Çağlarından Geleceğe; İnsanlığın Mars'a Doğru Seyahat Hayallerini Harmanlayan Bir Sunum
- 16:20 - 16:40 **Sevgi Özalp**  
Paşabahçe Cam Tasarım Süreci: Dünü, Bugünü ve Geleceği
- 17:40 - 19:00 **KOKTEYL / COCKTAIL**

## SALON C 109

**PARALEL OTURUMLAR / PARALLEL SESSIONS (2. OTURUM)**  
OTURUM KONUSU **FONKSİYONEL YÜZEYLER VE KAPLAMALAR 1 /**  
**FUNCTIONAL SURFACES AND COATINGS 1**

OTURUM BAŞKANI / SESSION CHAIR **Dr. Vedat Sediroğlu**

- 11:00 - 11:20 **Cem Kınal, Umut Kanber, Oğuzhan Gürlü**  
Grafen Tabanlı Transparan Isıtıcılar
- 11:20 - 11:40 **Hürriyet Yüce, Tuğrul Güner, Sinan Balcı, Mustafa Demir**  
Fosfor (YAG:CE) Tabakasına Eklenen Farklı Yapılardaki Camı Parçacıkların  
Fosfor Dönüşümlü Beyaz LED'Lerin Verimi Üzerindeki Etkileri
- 11:40 - 12:00 **Neşe Güngör, Mustafa Alevli**  
Oyuk Katot Plazma Destekli Atomik Katman Biriktirme Yöntemi ile Safir üzerine  
Büyütülen GaN'ın Raman Saçılma Özellikleri
- 12:00 - 12:20 **Zürbiye Çapku, Perihan Aksu, Alperen Boncuk, Doç.Dr. Fikret Yıldız (ENG)**  
Investigating Structural Properties of Yttrium Iron Garnet Films Depending on  
Growth Parameters
- 12:20 - 12:40 **Yenal Yalçinkaya, Hürriyet Yüce, Gökhan Topçu, Tuğrul Güner, M. Mustafa Demir**  
Perovskit Tabanlı Beyaz LED Üretimi ve Karakterizasyonu
- 12:40 - 14:00 **Öğlen Yemeği / Lunch**

**PARALEL OTURUMLAR / PARALLEL SESSIONS (3. OTURUM)**  
OTURUM KONUSU **FONKSİYONEL YÜZEYLER VE KAPLAMALAR 2 /**  
**FUNCTIONAL SURFACES AND COATINGS 2**

OTURUM BAŞKANI / SESSION CHAIR **Seçil Erman**

- 14:00 - 14:20 Konuşmacı/Invited  
**Prof. Dr. Arcan Dericioğlu**  
Doğadan Esinlenilmiş Silika Bazlı İnovatif Kompozitler
- 14:20 - 14:40 **Dr. Mehtap Özdemir Köklü, Yeşim Alduran, Prof.Dr. Gülnur Aygün, Prof.Dr. Lütfi Özyüzer**  
Soda Camı Üzerine Metal Katkılanmış TiO<sub>2</sub> İnce Filmlerin Fotokatalitik Özellikleri:  
Kendini Temizleyen ve Yansıtmasız Kaplamalar
- 14:40 - 15:00 **Anil Özen, Melih Üstün, Gökçer Ercan, Aytaç Öztürk, Seçil Erman, Duygu Çemişkezek, Sinan Ulcan, Onur Yavaş**  
Mimaride Yenilikçi Bir Çözüm: Şişecam Temperlenebilir Boyalı Cam
- 15:00 - 15:20 **Türkay Yıldız, Dadal Arıburnu, Dr. Refika Budakoğlu, Dr. Aref Cevahir, Lukáš Šimurka**  
Ultrahızlı Lazer ve Sol-Jel Uygulamasıyla Cam Yüzeyine Hidrofobik ve Süperhidrofobik  
Özellikler Kazandırılması
- 15:40 - 16:00 **Kahve Arası / Coffee Break**

**PARALEL OTURUMLAR / PARALLEL SESSIONS (4. OTURUM)**  
OTURUM KONUSU **FONKSİYONEL YÜZEYLER VE KAPLAMALAR 3 /**  
**FUNCTIONAL SURFACES AND COATINGS 3**

OTURUM BAŞKANI / SESSION CHAIR **Tamer Akköseoğlu**

- 16:00 - 16:20 **Ezgi İnci, Gökhan Topçu, Mustafa Muammer Demir**  
Kolloidal Silika Temelli Mekanik Etkilere Duyarlı Nano Film Üretimi
- 16:20 - 16:40 **Mustafa Çağrı Bayır, Doç.Dr. Ebru Mensur Alkoy**  
Sol-Jel Yöntemi ile GZO Altıklıklar Üzerinde Üretilen PZT ve PLZT İnce  
Filmlerin Elektriksel ve Optik Özellikleri
- 16:40 - 17:00 **Senem Helvacı, Erhan Sarıca, Ali Doğan, Ergün Tekin, Mehmet Ali Can, Zafer Demirel**  
Ayna Üretim Maliyetlerinin Düşürülmesi
- 17:00 - 17:20 **Altuğ Bayram**  
Bazık Krom Sülfat Kalitesinin İncelenmesi için Deri Tozu Sepileme Yöntemi Geliştirilmesi
- 17:40 - 19:00 **KOKTEYL / COCKTAIL**

## SALON C 110

### PARALEL OTURUMLAR / PARALLEL SESSIONS (2. OTURUM)

OTURUM KONUSU **ELYAF TEKNOLOJİLERİ / FIBER TECHNOLOGIES**

OTURUM BAŞKANI / SESSION CHAIR **Dr. Aref Cevahir**

11:00 - 11:20 Konuşmacı / *Invited*

**Prof. Dr. James L. Thomason**

An Exploration of the Relationship of the Chemical and Physical Parameters which Determine the Interfacial Strength in Glass Fibre Composites

11:20 - 11:40 **Sultan Telli, Dr. Aref Cevahir, Gülşah Kahraman**

Nano-Malzeme Takviyeli Cam Elyaf Ürünleri Geliştirme

11:40 - 12:00 **Prof.Dr. Ali Serpengüzel (ENG)**

Resonators and Waveguides In Fiber Optics And Integrated Photonics

12:00 - 12:20 **Suat Kurt, Nur Peri Yavuz, Syed Sultan Shah Bukhari, Prof.Dr. Ali Serpengüzel (ENG)**

THZ Region Elastic Scattering From Glass Microspheres

12:20 - 12:40 **Deniz Koçyiğit, Melis Gökçe, Aytaç Gürhan Gökçe**

Kathal Aydınlatma Uygulamaları İçin Nadir Toprak İyonu Katkılı Camlar

12:40 - 14:00 **Öğlen Yemeği / Lunch**

### PARALEL OTURUMLAR / PARALLEL SESSIONS (3. OTURUM)

OTURUM KONUSU **CAM TEKNOLOJİSİ 1 / GLASS TECHNOLOGY 1**

OTURUM BAŞKANI / SESSION CHAIR **Dadal Arıburnu**

14:00 - 14:20 Konuşmacı / *Invited*

**Dr. Ann Jans Faber**

Application of Advanced Sensors In The Glass Industry

14:20 - 14:40 **Prof. Dr. Mehmet Ali Gülgün, Shalima Shawuti, Ahmet D. Benli (ENG)**

How Liquid-Like is Our Glass

14:40 - 15:00 **Orhan Kıbrıslı, Dr. Miray Çelikbilek Ersundu, Dr. Ali Erçin Ersundu**

Beyaz Işık Yayan LED'ler İçin Nadir Toprak İyonu Katkılı Yeni Nesil Camların Geliştirilmesi

15:00 - 15:20 **Gürkan Yiğiter, Kaan Ertaş, Emrah Can, Faruk Erkal, Fehiman Akmaz, Duygu Güldiren,**

**Merve Akdemir Kutluğ**

Füme Privacy Cam Üretiminde Başlangıçtan Bugüne

15:20 - 15:40 **Bilgen Aktas, Duygu Güldiren, Merve Akdemir Kutluğ, Fehiman Akmaz, Melek Erol Taygun**

Metal Oksit Katkılar Kullanılarak Bal Renkli Camın Renksizleştirilmesi

15:40 - 16:00 **Kahve Arası / Coffee Break**

### PARALEL OTURUMLAR / PARALLEL SESSIONS (4. OTURUM)

OTURUM KONUSU **CAM TEKNOLOJİSİ 2 / GLASS TECHNOLOGY 2**

OTURUM BAŞKANI / SESSION CHAIR **Dr. Arca İyiel**

16:00 - 16:20 **Dr. Göktuğ Günkaya, Ecem Yılmaz**

Cam Sanatında Tavlama İşlemi ve Tavlama Kontrolü

16:20 - 16:40 **Süleyman Görpınar, Samet Erdem, Mehmet Bolu**

Frit, Pudra, Granül vb. Yardımcı Malzeme Üretimi

16:40 - 17:00 **Pelin Akkaya, Ayşegül Yörür Yıldız, Şener Yılmaz, Merve Akdemir Kutluğ**

Farklı Oksidasyon Seviyesine Sahip Demir Oksit Hammadde Kaynaklarının Cam Rengine Etkileri

17:00 - 17:20 **Ayhan Aydemir, Seçil Erman, Barış Keser, Tuncay Aydın, Fehiman Akmaz, Ahmet Bay**

Renksiz Düzcam Ürünlerinde Renk Tonunun Açılması

17:20 - 17:40 **Ayşegül Yörür Yıldız, Dr. Fulya Elgin**

Düşük B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> İçeren Camlarda Alternatif Analiz Yöntemleri

17:40 - 19:00 **KOKTEYL / COCKTAIL**

## SALON C 111

### PARALEL OTURUMLAR / PARALLEL SESSIONS (2. OTURUM) OTURUM KONUSU KROMİK KAPLAMALAR / CHROMIC COATINGS OTURUM BAŞKANI / SESSION CHAIR Serkan Şahin

- 11:00 - 11:20 **Ahmet Umut Söyler**  
Sıvı Kristal Tabanlı Akıllı Camların Geliştirilmesi
- 11:20 - 11:40 **Ece Kurt, Dr. Öcal Tuna, Duygu Kalkan, Melih Üstün, Lukáš Šimurka, Dr. Seniz Türküz**  
RF Magnetron Plazma Gücünün ve Oksijen Kısmi Basıncının Nikel Oksitini Elektrokromik Özelliklerine Etkisi
- 11:40 - 12:00 **Duygu Kalkan, Ece Kurt, Dr. Öcal Tuna, Melih Üstün, Lukáš Šimurka, Ezgi Biçer, Dr. Seniz Türküz**  
Magnetron Siçratma Kaplama Basıncı ve Oksijen Kısmi Basıncının WO<sub>3</sub> Filmlerinin Elektrokromik Özelliklerine Etkisi
- 12:00 - 12:20 **İsmail Bütün, Prof.Dr. Esra Özkan Zayim**  
Polyaniline İnce Film Kaplama ve Elektrokromik Özelliklerinin İncelenmesi
- 12:20 - 12:40 **Gülşah Kahraman, Umut Enkara, Ferdi Keskin, Semin Atılğan, Dr. Burcu Öğüt, Haluk Erdem**  
Cam Uygulamalarına Yönelik Fotokromik ve Termokromik Etkili Kaplamalar
- 12:40 - 14:00 **Öğlen Yemeği / Lunch**

### PARALEL OTURUMLAR / PARALLEL SESSIONS (3. OTURUM) OTURUM KONUSU VAKUM KAPLAMALAR / VACUUM COATINGS OTURUM BAŞKANI / SESSION CHAIR Dr. Seniz Türküz

- 14:00 - 14:20 Konuşmacı / Invited  
**Dr. Holger Gerdas, R. Bandorf, V. Sittinger, G. Bräuer**  
HIPIMS Application on Glass
- 14:20 - 14:40 **Dr. Tuncay Turutoğlu, Alperen Sezgin, Dr.Erdem Arpat, Melih Üstün, Lukáš Šimurka, Anna Oniszczuk, Piotr Rozanski, Bernd Szyszka**  
Mimari, Otomotiv ve Bezay Eşya Uygulamaları için İndiyum Kalay Oksit Kaplamalar
- 14:40 - 15:00 Konuşmacı / Invited  
**Dr. Wilmert De Bosscher**  
Enabling Glass for Future Applications by Intelligent Coating Processes
- 15:00 - 15:20 **Prof.Dr. Lütfi Özyüzer, Yasemin Demirhan, Bengü Ata, Dr. Mehtap Özdemir Köklü, Prof.Dr. Gülnur Aygün (ENG)**  
Design and Fabrication of Metal Mesh Filters From ITO/AU/ITO Multilayer Thin Films on Glass
- 15:20 - 15:40 **Lukáš Šimurka, Cansu Teber, Dr. Öcal Tuna, Tomáš Roch, Radim Čvrtlík (ENG)**  
Effect of Deposition Parameters on Mechanical Resistance of Al-Doped ZnO Films on Glass Deposited By RF Magnetron Sputtering
- 15:40 - 16:00 **Kahve Arası / Coffee Break**

### PARALEL OTURUMLAR / PARALLEL SESSIONS (4. OTURUM) OTURUM KONUSU FOTOVOLTAİK UYGULAMALAR / PHOTOVOLTAIC APPLICATIONS OTURUM BAŞKANI / SESSION CHAIR Anil Özen

- 16:00 - 16:20 **Prof.Dr. A. Macit Özenbaş, Utku Er**  
Perovskit Güneş Hücreleri için Boşluk Taşıyıcı Katman Olarak Spin Kaplama ile Oluşturulmuş Bakır Tiyoşiyanat
- 16:20 - 16:40 **Makbule Terlemezoğlu, Özge Bayraklı Sürücü, Tahir Çolakoğlu, Hasan Hüseyin Güllü, Musa Kurtuluş Abak, Çiğdem Ercelebi, Mehmet Parlak (ENG)**  
Directional Self Assembly of Nanoflakes On The Surface of Cztss Thin Films on Glass Substrates: Growth and Characterization
- 16:40 - 17:00 **Prof.Dr. Gülnur Aygün, Ayten Cantaş, Fulya Türkoğlu, Mehtap Özdemir, Prof. Dr. Lütfi Özyüzer (ENG)**  
Status of Transparent and Semi-Transparent Solar Cells For Building Integrated Photovoltaics (BIPV): Overview and Proposal
- 17:00 - 17:20 **Dr. Refika Budakoğlu, Ayten Cantaş, Fulya Türkoğlu, Mehtap Özdemir, Prof. Dr. Lütfi Özyüzer Uğur Yaşlı, Cumali Tav, Dr. Burcu Öğüt, Ersin Gökçen, Mehmet Cum, Dr. Osman Burak Okan**  
Fotovoltaik Cam Panellerine Yönelik Antireflekta Kaplamalar ve Kapalı Gözenek Yapısının Karakterizasyonu
- 17:40 - 19:00 **KOKTEYL / COCKTAIL**

## SALON C 112

### PARALEL OTURUMLAR / PARALLEL SESSIONS (2. OTURUM)

OTURUM KONUSU KİMYASAL TEMPERLEME / CHEMICAL TEMPERING

OTURUM BAŞKANI / SESSION CHAIR **Dr. İlkey Sökmen**

- 11:00 – 11:20 Konuşmacı / *Invited*  
**Prof. Dr. Seong Kim**  
Mechanical and Tribological Properties of Silicate Glass in Ambient Air
- 11:20 – 11:40 **Ateş Gösterişlioğlu, Bengü Güldalı, Gülcan Terzi, Nahide Özben, Lukáš Šimurka, Ali Erçin Ersundu, Miray Çelikkbilek Ersundu, Dr. İlkey Sökmen**  
Yaşlandırma Sürecinin Kimyasal Temperli İnce Düzcamlara Olan Etkileri
- 11:40 – 12:00 **Gülcan Terzi, Dr. Burcu Öğüt, Türkey Yıldız, Ersin Gökçen, Doç.Dr. Miray Çelikkbilek Ersundu, Doç.Dr. Ali Erçin Ersundu, Dr. İlkey Sökmen**  
Desenli İnce Düzcamın Kimyasal Temperleme Yolu ile Güçlendirilmesi
- 12:00 – 12:20 **Bengü Güldalı, Semin Atılğan, Sedat Alkoy, Dr. İlkey Sökmen**  
Kimyasal Temperleme Teknolojisi ile Güçlendirilmiş Farklı Cam Kompozisyonuna Sahip İnce Düzcamların Asit, Alkali ve Hidrolik Dayanımı
- 12:40 – 14:00 **Öğlen Yemeği / Lunch**

### PARALEL OTURUMLAR / PARALLEL SESSIONS (3. OTURUM)

OTURUM KONUSU CAM YÜZEY ÖZELLİKLERİ VE KARAKTERİZASYON /

GLASS SURFACE PROPERTIES AND CHARACTERIZATION

OTURUM BAŞKANI / SESSION CHAIR **Zeki Alimoğlu**

- 14:00 – 14:20 Konuşmacı / *Invited*  
**Radim Ctvrtlik**  
Acoustic Emission as a Tool for Extended Tribo-mechanical Characterization at Nano/micro scale – application to Nanoindentation and Scratch Test
- 14:20 – 14:40 **Dr. İlkey Sökmen, Ezgi Deniz Kaçar, Semin Atılğan, Emel Mercan, Dr. Osman Burak Okan, Duygu Güldiren, Zeki Alimoğlu**  
Camın İnce, Hafif ve Güçlü Hali; STEMZERO
- 14:40 – 15:00 **Burcu Öğüt, Dr. Osman Burak Okan, Ateş Gösterişlioğlu, Berkel Kayacan, Gülcan Terzi, Ezgi Deniz Kaçar, Doç. Dr. Miray Çelikkbilek Ersundu, Dr. İlkey Sökmen**  
Farklı Cam Kesme Tekniklerinin Kimyasal Temperli İnce Düzcamın Mekanik Mukavemetine Olan Etkileri
- 15:40 – 16:00 **Kahve Arası / Coffee Break**

### PARALEL OTURUMLAR / PARALLEL SESSIONS (4. OTURUM)

OTURUM KONUSU ERGİTME TEKNOLOJİLERİ VE MODELLEME /

MELTING TECHNOLOGIES AND MODELLING

OTURUM BAŞKANI / SESSION CHAIR **Tolga Uysal**

- 16:00 – 16:20 **Burçin Gül, Dr. Adnan Karadağ**  
500 Ton/Gün Kapasiteli Cam Ambalaj Fırınında Düşük Cam Kırığı Kullanımı için Fırın Tasarım ve İşletme Kriterlerinin Belirlenmesi
- 16:20 – 16:40 **Altuğ Melik Başol, Kaan Menekşe Dağ, Faizan Pervez Siddiqui, Prof. Dr. M. Pınar Mengüç (ENG)**  
Reducing the Computational Cost of Solving for Thermal Radiation Effects
- 16:40 – 17:00 **Özkan Gül, Dr. Adnan Karadağ**  
Veri Bazlı Proses Analitiği ile Kromik Asit Ürün Kalitesinin Tahmini ve İyileştirilmesi
- 17:00 – 17:20 **Erkul Seyfulov, Onur Ayaz, Tolga Eroğlu, Yalçın Mehmed, Dzhengiz Mehmedov**  
TBI Fırın ve Banyo Bölümleri İdame Ettirme Çalışmaları
- 17:40 – 19:00 **KOKTEYL / COCKTAIL**

## POSTER BİLDİRİLER

**Dr. ZUHAL ER, DEFNE ERYILMAZ, KEREM HORZUM**

PREDICTING THE EFFICIENCY OF SUN TRACKING SYSTEMS OVER FIXED PANELS BY MAKING USE OF A SIMULATION DRIVEN BY A CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK AND GENETIC ALGORITHM

*Sınıf Fuaye*

**MİKAİL DEMİR, ÖMER ÜNAL**

RAFİNE SODYUM BİKARBONAT KRİSTALLERİNİN  
Ca İYONU VARLIĞINDA İRİLEŞTİRİLMESİ ve ÜRETİM ARTIŞI

*Sınıf Fuaye*





ŞİŞECAM

# 33. Şişecam Cam Sempozyumu

## SÜRDÜRÜLEBİLİR GELECEKTE CAM

The 33<sup>rd</sup> Şişecam Glass Symposium  
GLASS IN THE SUSTAINABLE FUTURE



**Bildiriler / Proceedings**

[www.camsempozyumu.com](http://www.camsempozyumu.com)

**Michael Vernon Robinson**  
Freelance  
michael.robinson@libero.it

Oditoryum  
09:30-10:00

# DIGITAL DISRUPTION HOW AI WILL TRANSFORM OUR COMPANIES

## *Biography*

Michael Robinson is an American automobile designer. In January 2014 he left the position of Brand and Design Director of Gruppo Bertone after its financial crises became obvious, to become the chief executive officer and design director of ED Design in Turin, Italy.[1]

Previously, Robinson held the position of Design Director at Fiat and Lancia, and worked as a designer with Ford in Dearborn, Volvo in Gothenborg, Sweden, Open Design, Ghia, and Fiat in Torino, Italy. Several of his more prominent styling contributions have been the Ghia TSX-4 concept car, the Fiat Bravo/Brava, (1995 European Car of the Year), the Lancia Dialogos Concept Car, the Lancia Giubileo (Pope's personal limousine based on a stretch Thesis), the Lancia Thesis, the Lancia Nea Concept Car, the Lancia Ypsilon, the Fiat Ducato, the Bertone Alfa Romeo Pandion Concept Car, and the Bertone Jaguar B99 - B99 GT concept cars, the Bertone Nuccio concept car, the SUV BAIC C51X concept, the Aston Martin Jet 2 +2 One-off prototype, FAW Besturn X80 SUV (in production), BAIC Senova D50 sedan production, and BAIC Senova D60 Aero concept car. In addition, Robinson designed the Project Zero for AgustaWestland, which has made the first test flight in 2011, presented to the public in 2013 at the Le Bourget Air Show. Project Zero is a tiltrotor helicopter with dual rotors turning 90 degrees to create the world's most innovative VTOL. The aircraft is 100% electric, totally devoid of hydraulic components. Robinson's creative team in Bertone also designed the exterior and interior of the Frecciarossa 1000, the high-speed train for Trenitalia, built by Ansaldo Breda and Bombardier. It has a maximum speed of 400 km/h and will enter service in 2015.

## *Abstract*

The Digital Era is inviting every company, manager, and employee, to act faster and smarter, in order to avoid becoming obsolete. Whether or not your company is presently practicing this new digital approach today doesn't matter, as many companies are just now considering adopting Artificial Intelligence (AI) for the very first time. AI is still immature, with few practical applications available today, so this is the best time to begin experimenting. Early AI adopters will obtain great advantages in the long run, thanks to plenty of backroom testing before being forced to apply them directly to their core business. The goal of this paper is to help executives evaluate where and how they can apply AI to specific business opportunities across their daily operations.

**Keywords:** *Artificial Intelligence, Design Thinking, Digital Era, Client-Oriented Teamwork*

## **1. INTRODUCTION**

There are four major areas in every company that will be heavily disrupted by the Digital Era transformation, thanks to the introduction of Artificial Intelligence (AI).





Figure 1. Four areas of Digital Disruption in Corporations, Michael Robinson

## 1. Digital Management - AI in Design-Thinking

Time is a critical factor in an ever-increasing industrial acceleration; therefore employees must be empowered to find more solutions faster, using previously excluded emotions (considered useless because they are not rational) & previously ignored customer data (only aftersales info is collected). These new AI based Design Thinking methods enable two important aspects of new school digital management: 1) they get people together, with greater diversity, creating a highly proactive working environment, and 2) they focus teams on client database development, producing deeper knowledge of constantly evolving customer needs, at all levels of the company. AI in Design Thinking will raise employee involvement and client awareness to unprecedented levels.

## 2. Digital Innovation - AI in R&D

Here the goal is to take the responsibility for innovation in the company out of the hands of a few individuals, and delegate it to every employee in the company. AI will provide deep information analytics to help all employees experiment with cutting edge innovations: building rough working prototypes rapidly, putting them directly into client's hands for real-time feedback, opening new business opportunities with innovative AI applications in your industry. The "fast fashion" industry is already using AI design software to analyze hundreds of thousand of runway images, and select those that are new trends, proposing variations on those themes [6]. A human design director then chooses which proposals he or she prefers, and moves them on to production. This process transforms a six-month sketch-to-store lead-time down to a six-week lead-time! User Experience (UX) needs are often overlooked indicators for product or service innovations, because most innovations are technology-centric instead of human-centric. Making our users happy creates human wellbeing, which generates brand fidelity, but this important aspect of innovation requires

added AI-driven user data collection and analysis in order to properly evaluate UX opportunities. AI in R&D will reduce lead-times and increase human wellbeing to unprecedented levels.

### 3. Digital Manufacturing - AI in the Factory

Industry 4.0 offers cyber-physical systems, where factory robots will be converging with factory workers rather than replacing them. It also offers IoT networks, which translates into AI-driven virtual assistants watching over the shoulder of every machine and every factory worker in every production facility, bringing higher quality, at lower costs, with less effort. Machine learning systems will produce real-time data collection, analytics, and improvement suggestions, and will deliver them directly to the CEO, to the factory managers, and to the factory workers, offering amazing quality improvements to end users. AI in the Factory will raise manufacturing efficiency to unprecedented levels.

### 4. Digital Marketing - AI in Social Communication

Advertising is no longer monopolized by TV ads and printed-paper ads. Our kids are teaching us that by embracing next generation digital, social communication opportunities we can transform today's generic, post-sales market data into one-to-one client profiling data. Adding mass personalization opportunities to our product projection, thanks to new AI innovations in smart, social market analysis and prediction methods using giant user databases. AI in social communication will raise "marketing efficiency" to unprecedented levels.

## 2. WHAT IS ARTIFICIAL INTELLIGENCE (AI)?

In reality, AI is not a new science. It was developed in the US back in the 1950s by a group of scientists led by Marvin Minsky, but was missing the computer processing power we have today. Minsky's initial enthusiasm for this futuristic technology didn't produce the expected results, and the worldwide AI research community went through two so-called "AI Winters", in the mid 70s and then again in the mid 80s. [5]

Today, the term "AI" is often considered an oversaturated topic, and has become an umbrella concept for several different technologies - including cognitive computing, machine learning, natural language processing, computer vision, and data analytics, and others. But thanks to great advancements in computer speed and overall processing power, AI is finally beginning to gain widespread acclimation, with initial, real-life applications appearing on the market. The most important thing to remember is the fact that just because a certain emerging technology is far behind widespread application, meaning it has another good 10 years before it becomes mainstream, this does not mean that companies should ignore it. We have seen the benefits IT giants like Google and Amazon continue to reap thanks to their early adoption approach, regardless of the declared lag time. Working behind the curtain with these



### Artificial Narrow Intelligence (ANI)

Also known as “Weak” AI, ANI is the AI that exists in our world today. Narrow AI is AI that is programmed to perform a single task. ANI systems can attend to a single task in real-time, but they pull information from a specific data-set. ANI is like a mouse brain, with 10<sub>10</sub> CPS (calculations per second)

### Artificial General Intelligence (AGI)

Also known as “Strong” AI, AGI refers to machines that can reach and surpass the calculation of a human brain.. In other words, AGI can successfully perform any intellectual task that a human being can. AGI is what Ambogio needs in order to exist, with 10<sub>16</sub> CPS.

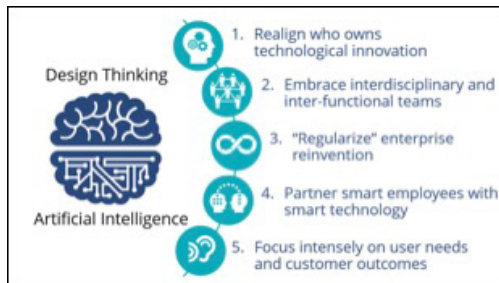
### Artificial Super Intelligence (ASI)

ASI is the highest level of Artificial Intelligence, when a computer exceeds the calculating power of all brains on earth combined! This is the type of AI that many people are worried about, and the type of AI that people like Elon Musk think will lead to the extinction of the human race.

ASI is like all human brains on earth, in one computer, with 10<sub>25</sub> CPS.

## 3. HOW DOES AI BLEND WITH DESIGN THINKING?

When mixing AI with Design Thinking, companies can obtain explosive results. In order to embrace the complexities of AI, and how they will transform daily activities in your company, Design Thinking methods are necessary to create the cross-functional coordination, encouraging employees to question, observe, network, and experiment in a collaborative environment that enhances smart risk-taking. Design thinking practices make it possible for companies to pivot quickly when market conditions change because alignment around a core set of agile decision-making principles are already embedded in the culture of the company.



**Figure 2. Five Organizational Shifts: using design-thinking principals to accelerate enterprise adoption of AI [3]**

Five Organizational Shifts:

**1) Realign who owns technological innovation.** Let IT know its new role is not to own AI but to enable other groups to experiment, test, prove, and deploy it.

**2) Embrace interdisciplinary and inter-functional teams.** Design thinking brings people together in a forum that drives new ideas and customer centricity.

**3) Regularize” enterprise reinvention.** Making reinvention and change adoption a regular and normal occurrence helps a company leaders can turn resistance and other change barriers into competitive advantages.

**4) Partner smart employees with smart technology.** The next-generation hybrid digital workforce – humans and robots empowered by AI and other cognitive technologies – will be able to combine multiple types of work environment applications with real-time data analytics.

**5) Focus intensely on user needs.** Core to design thinking is the end-user experience. In most cases, clients themselves wind up becoming a vital part of the design-thinking process.



**Figure 3. Connectivity Data Analytics - National Instruments [7]**

Traditional manufacturing is based on factory logistics and time schedules; a system, which “pushes” product assembly based on whatever is most convenient for the factory. Industry 4.0 manufacturing will reverse this trend, putting customer requests as top priority, “pulling” products that have already been requested by the deep, one-to-one customer database.

In conclusion, the four major areas of AI adoption in the company are highly interconnected, so each application will facilitate the other three. AI is certainly not a mature technology, but

by no means should this inhibit early adoption opportunities, as today is the very best moment to begin experimenting, before AI becomes mainstream in every company. There are many different systems, suppliers, and technologies which all fall under the broad umbrella called AI. Hire experts who can help you understand more about this complex yet soon to become vital aspect of modern industry. Have them establish test references for pilot evaluations before committing to any specific supplier or technology. And above all, make sure the entire company is involved in this exciting new direction for the future. Many great ideas are hidden in younger employees, who have a natural disposition for anything digital. So by creating a Design Thinking mentality throughout the organization, you will be pleasantly surprised by the amazing results, including a) faster, more innovative solutions for AI adoption, b) greater communication efficiency inside (between employees and management) and outside (generating a deep, one-to-one client database), and c) a much faster, higher quality manufacturing department, with mountains of system data analytics appearing on the CEO's laptop regularly.

#### 4. References

- [1] Robinson, M. (2018). *Digital Disruption, Sisecam 33<sup>rd</sup> Glass Conference Keynote presentation, November 2, 2018, Istanbul, Turkey*
- [2] Robinson, M. (2016). *Artificial Intelligence, October 2016 Quattroruote 734 Domus Editorial Publisher, Italy*
- [3] Nelson, C. (2018). *Design Thinking is Key to Enterprise Adoption of Artificial Intelligence, Retrieved: November 4 2018 from the World Wide Web: <https://www.isg-one.com/consulting/articles/design-thinking-is-key-to-enterprise-adoption-of-artificial-intelligence>*
- [4] Urban, T (2015). *The AI Revolution: The Road to Superintelligence, Retrieved: November 4 2015 from the World Wide Web: <https://waitbutwhy.com/2015/01/artificial-intelligence-revolution-1.html>, <https://waitbutwhy.com/2015/01/artificial-intelligence-revolution-2.html>*
- [5] Lewis, T. (2014). *A Brief History of Artificial Intelligence, Retrieved: December 4, 2014 from Livescience on the World Wide Web: <https://www.livescience.com/49007-history-of-artificial-intelligence.html>*
- [6] Smith, K. (2017). *Can artificial intelligence pick the runway trends?, Retrieved: September 7, 2017 from Edited on the World Wide Web: <https://edited.com/blog/2017/09/artificial-intelligence-runway-trends/>*
- [7] Mahmoud, A. (2014). *Deep Dive: The Industrial Internet, November 5, 2014 from National Instruments page 6/20, Based on Moor Insights & Strategy's report Segmenting the Internet of Things (IoT), Retrieved: on the World Wide Web: <https://www.slideshare.net/abuayd/talk-on-industrial-internet-of-things-intelligent-systems-tech-forum-2014-public>*

**Yermolai Solzhenitsyn**

Senior Partner & McKinsey & Company  
Yermolai\_Solzhenitsyn@mckinsey.com

Oditoryum  
10:00-10:30

## DIGITAL & ANALYTICS TRENDS IN GLASS AND OTHER PROCESS INDUSTRIES

### **Biography**

Yermolai Solzhenitsyn is a Senior Partner in McKinsey & Company. He joined McKinsey 20 years ago. From 2008 to 2013 he was the Managing partner of McKinsey Moscow Office.

Since 2013 Yermolai leads McKinsey's work in Basic Materials, Metals and Mining in EMEA and he is a co-leader of McKinsey's EMEA Global Energy and Materials Practice, focusing on McKinsey's work in materials. He has extensive experience in helping companies in basic materials, public sector and energy.

Prior to joining McKinsey, Yermolai was a Consultant at the World Bank in Washington D.C., and has lived and worked in China and Taiwan for several years.

Yermolai holds an MPA from the Woodrow Wilson School of Public and International Affairs of Princeton University, Princeton, New Jersey, USA, where he majored in Economics and International Relations. Yermolai also received a Bachelor of Arts degree with honors in East Asian Studies (Chinese history and language - Mandarin) from Harvard College, Cambridge, Massachusetts, USA.

### **Abstract**

The Internet of Things (IoT), industry 4.0, advanced analytics, digital technologies, and big data have all generated enormous hype for their potential to transform every facet of business. Manufacturers in process industries have been early to adopt many of these advances. For decades the sector has not only generated large amounts of data but also combined science, engineering knowledge, classical statistics, and powerful modeling into advanced-process-control (APC) systems that run key assets efficiently. Since APC systems are expensive to develop and historically have been effective only for well-understood, less-complex processes, APC usage has generally been limited to the largest, most critical ones. Smaller, as well as secondary and more-complex processes have been left without suitable process controls.

However, over the past several decades, entirely new and more affordable manufacturing analytics methods and approaches have emerged, and are now being deployed at scale. We see these approaches finally giving manufacturers new ways to control and optimize processes throughout their operations. The same resources and tools that enable analytical manufacturing are also being deployed in other functions such as sales and marketing, supply chain management, and procurement.

**Keywords:** *The Internet of Things (IoT), industry 4.0, digital technologies, big data, Digital Trends, Glass Industry*



**Prof. Dr. Eşref Adalı**  
İstanbul Teknik Üniversitesi  
esrefadali@gmail.com

Oditoryum  
11:00-11:20

## YAPAY ZEKÂ

### *Biyografi*

5 Ocak 1948'de Isparta'nın Eğirdir ilçesinde doğan Adalı tüm eğitim hayatını İstanbul'da geçirmiştir. 1965 yılında Pertevniyal Lisesinden mezun olmuş ve aynı yıl İstanbul Teknik Üniversitesi (İTÜ) Elektrik Fakültesi'nde eğitime başlamıştır. 1971 yılında zayıf akım kolundan Yüksek Mühendis olarak mezun olan Adalı aynı fakültede asistan olarak çalışmaya başlamıştır.

1976 yılında doktor, 1980'de doçent ve 1988'de profesör olarak aynı fakültede görev almıştır.

Adalı, İTÜ'deki görevlerinin dışında 1977-1978 yılları arasında Case Western Reserve University'de (ABD) konuk araştırmacı olarak; 1978-1979 yıllarında Carleton University'de (Kanada) konuk öğretim üyesi; 1985 yılında Akron University'de konuk araştırmacı öğretim üyesi olarak görev yapmıştır. 1990-1991 yılları arasında Tübitak Marmara Araştırma Merkezi'nde İformatik Grubunun kurulması çalışmalarını yürüten Adalı bu süre içinde merkezin başkan yardımcılığı görevinde bulunmuştur. İTÜ Bilgisayar Mühendisliği Bölümünün kurulmasında öncü rolü üstlenen Adalı, bölüm içinde değişik görevlerde bulunmuş ve ilk bölüm başkanı olmuştur. Adalı akademik çalışmalarını iki alanda sürdürmektedir: Bu alanlardan ilki mikroişlemciler ve mikroişlemci temelli sayısal sistem tasarımıdır. İkinci ilgi alanı Doğal Dil İşleme üzerinedir. Geçen kırk yıllık akademik hayatında, bu alanlarda on iki doktora öğrencisi yetiştirmiştir. Doktora öğrencilerinin bazıları, bugün değişik üniversitelerde öğretim üyesi olarak çalışmaktadırlar. Prof. Dr. Eşref Adalı akademik çalışmalarının yanı sıra değişik ArGe projeleri de geliştirmiştir. Bu projeler kapsamında Uzun Ufuk, Milgem gibi önemli savunma sanayi projeleri de bulunmaktadır. 1985-86 yıllarında Aselsan'da danışmanlık görevi üstlenmiştir. Akademik hayatı boyunca Üniversite Sanayi işbirliğinin sağlanmasını önemine vurgulayan ve bu konuda çeşitli girişimleri olan, Tofaş, Tekel, İski, Bursa Emniyeti, YKB, Softech gibi kuruluşlarda önemli projelerin geliştirilmesine katkı sağlamıştır.

İTÜ Bilgisayar ve Bilişim Fakültesi'nin kurulması çalışmalarına öncülük eden Prof. Dr. Eşref Adalı bu fakültenin kurucu dekanıdır. 2015 yılında yaş sınırı nedeniyle emekli olan Adalı halen fakültesinde emekli öğretim üyesi olarak görev yapmakta ve bilimsel çalışmalarına devam etmektedir. Bilimsel çalışmalarına ilişkin olarak yüz kadar bilimsel bildiri ve makalesi yayımlanmıştır.

### *Özet*

Bilgisayarların gelişmesinin sonucu olarak akıllı ve zekâsı olan dizgeler geliştirilebilir olmuştur. Böylece oluşan zekâyı yapay zekâ denilmektedir. Yapay zekânın insan zekâsına göre üstün ve eksik yanları bulunmaktadır. Yapay zekâ kalıcı, paylaşılabilir, kayıtlı, tutarlı ve kolay elde edilebilir. Buna karşın insan zekâsı yaratıcı, deneyimlere dayalı ve usavurumcudur. Yapay zekâ, günümüzde, insan gibi düşünen ve davranan dizgeleri oluşturmak, uzman dizgeler kurmak, doğal dil işleme dizgelerini geliştirmek, değişik özellik ve nitelikli robotları üretmek, görüntü işleme, makine öğrenmesi amacıyla kullanılmaktadır. Yapay zekâ'sı olan dizgeler giderek yaygınlaşmaktadır. Örneğin sürücüsüz araçlar, sorulara yanıt veren dizgeler, hastalıklara tanı koyabilen dizgelere tanık olmaktadır. Bu tür dizgelerin zaman içinde daha da gelişeceği görülmektedir. Şimdiki soru bu tür dizgelerin kendilerini üretebilmeleri ve bunların insanlığı zarar verip vermeyeceğidir.

**Anahtar Kelimeler:** *Yapay Zekâ*



Ömer Korkut

STM Savunma Teknolojileri Mühendislik ve Ticaret A.Ş.  
okorkut@stm.com.tr

Öditoryum  
11:20-11:40

# CAM ENDÜSTRİSİNDE DİJİTAL DÖNÜŞÜME KATILAN AKIL: YAPAY ZEKÂ

## Biyografi

1970 yılında Aydın'da doğdu. Lisans diplomasını 1991 yılında Deniz Harp Okulu'nun Yöneylem Araştırması Bölümünden aldı. Beş yıl Deniz Kuvvetleri Komutanlığı envanterindeki fırkateyn tipi gemilerde harekât görevlerinde bulundu. Yüksek lisansını ABD'de, Naval Postgraduate School'un Bilgisayar Bilimleri Bölümünde Yazılım Mühendisliği alanında tamamladı.

1998-2013 yılları arasında kesintisiz olarak Genelkurmay Bilgi Sistemleri Daire Başkanlığında proje subaylığı ve şube müdürlüğü görevleri icra etti. Bu dönem içinde, Türk Silahlı Kuvvetleri'nde birçok komuta kontrol ve yönetim bilgi sisteminin projelendirilmesi ile hayata geçirilmesinde yönetici olarak görev yaptı. Türkiye'yi NATO'nun Bilgi Sistemleri Komitesinde temsil etti. Bu komitenin teknik çalışma gruplarının başkanlıklarını yürüttü.

2013 yılında katıldığı STM'de, İş Geliştirme ve Kurumsal İletişim Müdürlüğü de yapan Ömer Korkut, hali hazırda kurumun Teknolojiden Sorumlu Genel Müdür Yardımcısı olarak görev yapmaktadır. STM'deki sorumluluk alanları arasında Siber Güvenlik ve Büyük Veri konuları da bulunmaktadır.

## ÖZET

Günümüzde; hızla gelişen teknoloji sayesinde her alanda hayatımız kolaylaşırken, yeni teknolojilere uyum sağlamak için harcadığımız çaba, doğal bir rutin haline gelmeye başlamıştır. Günlük hayatımızdaki gelişmelere paralel olarak, yüzlerce yıllık geçmişe sahip endüstrilerde de değişim hızlanmakta, her alandaki sanayinin, ihtiyaçlara cevap verebilmek için teknolojik yeniliklere ayak uydurmasını zorunlu hale getirmektedir.

Cam endüstrisi, ülkelerin lokomotif sektörlerine ürün geliştiren, yoğunlukla Asya kıtasında üretim pazarı bulunan ve artan ihracat gücüne sahip bir sektördür. Cam endüstrilerinin yüksek kapasite ile çalışması ölçek ekonomileri tarafından zorunlu kılınmaktadır, bu nedenle, yüksek sabit sermaye yatırımı gerektiren bir sanayidir. Yüksek çalışma kapasitesine erişilebilirlik; akıllı üretim sahalarının kurulması, üretim verimliliğinin artırılması, ürün yelpazesinin geliştirilmesi ve kusurlu ürün oranının azaltılması ile mümkün olabilmektedir. Bu kapsamda; cam endüstrisinde kullanılan fırınların kendi öz bakımlarını yaptığı akıllı üretim ekosistemi kurulması, enerji verimliliğinin sağlanması ve kusur oranı düşük ürün tasarımı geliştirilmesi günümüzde yapay zeka modelleri ile sağlanabilmektedir. Yapay zeka tekniklerinin kullanılması sayesinde akıllandırılmış üretim sahalarının çok uzak bir gelecek olmadığı anlaşılmaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** *Cam endüstrisi, yapay zeka, makine öğrenmesi, dijital dönüşüm*

## 1. GİRİŞ

Sanayi devriminin en önemli gelişmelerinden birisi olarak kabul edilen buharlı makinenin icadı ile başlayan dönüşüm, otonom makinelerin insansız üretimi başarabilmesine kadar ilerlemiştir. Endüstriyel dönüşümler arasındaki zaman farkının azaldığı, bir sonraki aşamaya geçişin çok

uzak olmadığı değerlendirilmektedir. Sanayi devrimi olarak nitelendirilen gelişimlerin tarihsel gelişim zamanlamaları incelendiğinde; 1784 yılında gerçekleşen buhar makinesinin icadı ile 1. Sanayi Devrimi, 1870 yılında ilk montaj hattının kurulması ile 2. Sanayi Devrimi, 1969 yılında programlanabilir derleyicinin kullanılmasıyla 3. Sanayi Devrimi başlamıştır. Günümüzde ise otomasyon ve akıllı fabrikalar ile 4. Sanayi Devriminin başladığı kabul edilmektedir. Sanayi devrimlerinin kilometre taşları olarak değerlendirilen değişimlerin teknolojik karmaşıklıkları artmasına karşın, aşamalar arasındaki zaman farklarının azaldığı, sırasıyla 86, 99 ve 49 yıl, olduğu gözlemlenmektedir [1].

İçinde bulunduğumuz ve endüstri 4.0 olarak nitelendirilen dijital dönüşüm evresinde bulunan aşamaların çok hızlı bir şekilde uygulanacağı ve sonraki gelişim aşamasına önümüzdeki 20 yıl içinde geçilmesinin fütüristik bir yaklaşım olmadığı kabul edilmektedir.

Dijital çağda sıradaki endüstriyel gelişim, üretimin her alanına akıl katmaktan geçmektedir. Cam sanayinde günümüzdeki dijital dönüşüm gelişmelerine baktığımızda; IoT tabanlı entegre çalışan otomasyon süreçlerinin tamamlanması, otonom çalışan robotik makineler ile üretimin gerçekleştirilmesi, görüntü işleme teknikleri ile kalitenin artırılması, büyük veri uygulamalarının hayata geçirilmesi, Bilgi Teknolojileri (IT) ve Operasyonel Teknoloji (OT) ağlarının tamamında siber güvenlik çözümlerinin yer alması, artırılmış gerçeklik uygulamalarının kullanılmaya başlanması ise endüstri 4.0 uygulama alanlarında ön plana çıkmaktadır [2].

Endüstri 4.0 kapsamında kullanılan makineler ve robotlar, temel olarak önceden tanımlanmış bir görevi yerine getirebilmek için statik programlanmış cihazlar olarak tanımlanmaktadır. Endüstriyel robotların kendi öz bakımlarını gerçekleştirdikleri, kendilerini bozulmadan tamir ettikleri, değişen koşullara göre karar vererek üretimi yönlendirdikleri, kusurlu ürün oranının en aza indirildiği ve enerji verimliliğinin sağlandığı bir üretim ortamı çok uzak bir gelecek olarak görülmemelidir.

Cam sektörü de akıllı üretim sahasına gereksinim duyan ve sürekli olarak büyüyen önemli bir sanayi alanıdır. Dünya cam sektörü yılda %2-5 arasında büyürken, toplam cam üretiminin hacminin 140 milyon ton olduğu tahmin edilmektedir. Gıda, su, maden suyu, meşrubat gibi pek çok çeşitlilikte cam ambalajı 6 cc ile 15 lt arasında değişen hacimlerde fabrikalarda üretilmektedir. Üretimin bölgelere dağılımı ise %34 Asya, %30 Avrupa ve %29 ABD'dir. 2018 yılında Türkiye'nin cam ihracatı değer bazında %17,5 değer artışı göstermiştir [3].

Cam endüstrisinde endüstriyel fırınlar üretim kapasitesinin artmasında önemli rol oynamaktadır. Dünya'nın 5. Büyük cam üreticisi olan Şişecam, yıllık 150 bin ton üretim kapasitesine sahip yeni fırın yatırımıyla, Türkiye'deki yıllık cam ambalaj üretim kapasitesi yaklaşık 1.2 milyon tona taşınmaktadır [4].

Cam endüstrisinde uygulanan yapay zeka modelleri, fırınların kendi öz bakımlarını tahminlenebilir bakım çözümleri ile gerçekleştirmesine, enerji verimliliğinin korunmasına ve kusur oranı düşük ürün tasarımının geliştirilmesine olanak vermektedir.

## 2. ENDÜSTRİYEL FIRINLARDA TAHMİNLENEBİLİR BAKIM

Üretimin her alanında dijital çözüm üretme yaklaşımı, makinelerin bakım süreçlerini de akıllandırılmaya başlamıştır. Geleneksel bakım süreçlerinin yerini tahminlenebilir bakım çözümleri almaya başlamıştır. Geleneksel makine bakım süreçleri sabit aralıklar ile yapılan periyodik bakım konseptine, stokastik analizlere ve deneyimlere tabidir. Bakım aralıkları keskin kurallar ile tanımlıdır. Geleneksel bakım modelleri, parçaların periyodik kontrollerinin önceden belirlenen zamanlarda yapılmasını ve parça bozulduğu durumda aksiyon alınmasını kapsamaktadır. Bozulan bir fırın üretimden alıkonarak, tamir ve bakım süreçlerine tabi tutulmaktadır; bu durumda üretim aksarken, üretimin güvenilirliği ve sürekliliği sağlanamamaktadır. Fabrikalarda gereksiz stok ürünlerinin tutulmasına, lojistik ve operasyonel maliyetlerin ise artmasına neden olmaktadır.

Geleneksel bakım süreçlerinin yarattığı olumsuz maliyet artışını ve süreç aksaklıklarını önleyebilmek için tahminlenebilir bakım süreçleri geliştirilmektedir. Bu yöntemler sayesinde makineler daha önce belirlenen periyodik kontrollere tabi tutulmamakta, arıza durumu yaşanmadan oluşabilecek olumsuzluklar tahmin edilebilmektedir. Elde edinilen bu akıllı yaklaşımlar ile makinelerin sürekli faaliyette kalması, makine bakım maliyetlerinin azaltılması, parça tedarik süreçlerinin optimize edilmesi sağlanarak, operasyonel maliyetlerin azaltılması amaçlanmaktadır. Cam endüstrisinde kullanılan endüstriyel fırın teknolojileri her geçen gün gelişmektedir. Fırınlar, yüksek sıcaklık ve yüksek kapasitede üretim yapabilmeleri için tasarlanmaktadır. Fırınların arıza durumuna düşmemesi; üretimin kesintisiz olmasını, üretim kapasitesinin artmasını ve üretimin güvenilirliğini temin etmektedir. Bu bağlamda, fırınların sağlık durumları ve kalan ömürleri sürekli olarak tahmin edilebilmekte; fırın, arıza durumuna geçmeden önce uyarı veren bir alarm süreci oluşturulabilmektedir. Hedeflenen bu üretim ortamı tahminlenebilir bakım çözümleri ile mümkün olmaktadır [5].

Tahmine dayalı bakım çalışmasının uygulanabilmesi için yapay zeka temelli çalışmalar tercih edilmektedir. Yapay zeka modelleri sensörlerden toplanan verilerin davranışlarını ve kalıplarını öğrenerek fırın arızalarını öngörmeye başlamaktadır. Yapay zeka modelleri arızaları öngörmeye başladıkça, sistemin bozulmaması için doğru zamanda doğru düzeltmelerin yapılması amacıyla aksiyon alınması tetiklenmektedir.

Tahmine dayalı bakım modelleri ile genel bakım faaliyetleri ve düzeltici eylemler otomasyon sistemleri kurularak yapılmaktadır. Otomasyon sistemleri sayesinde, fırın parçalarının bozulmalarının en aza indirgenmesi, kusurların erken önlenmesi için parça değişimlerinin zamanında planlanması ve iyileştirilmiş verimliliğin sağlanabilmesi için doğru kalibrasyonların düzenlenmesi sağlanmaktadır. Sistem, öz bakımın gerçekleşeceği zamana kendisi karar vermektedir, en verimli çözümün geliştirilmesini de insan müdahalesi olmadan sağlamaktadır. Yapay zeka algoritmaları ile desteklenen tahminlenebilir bakım modelleri; bakım maliyetlerinde %25-30 azalma, hata oranında %70-75 azalma ve sistem kesintisinde %35-45 azalma sağlamaktadır. Bu sayede, sistem, yatırımını hızlıca kazanca çevirerek, 10 kata varan tasarruf vaad etmektedir [6].

### 3. ENERJİ VERİMLİLİĞİ

Cam endüstrisinde üretimin kesintisiz devam etmesi ve ergitme teknolojisine dayalı olması, cam fırınlarının sürekli olarak faaliyette kalmasını zorunlu kılmaktadır.

Enerji tüketiminin oldukça yoğun olduğu cam endüstrisinde tüketilen enerji ülkelerin doğalgaz tüketiminin ortalama %2'sine, toplam sanayi tüketiminin ise %9'una denk gelmektedir. Modern yapay zeka modelleri ile cam endüstrisinde enerji tüketiminin %10'a kadar azaltılabileceği, yapılan araştırmaların sonucu olarak yayınlanmaktadır [7].

Görsel akıllı 3 boyutlu sıcaklık analiz sistemleri, yapay zeka modellerinin desteği ile görüntü işleme teknolojisinden yararlanmaktadır. Su soğutmalı periskop olarak paketlenen sistem, cam endüstrisinde kullanılan fırının içinin görüntülenmesine olanak sağlamaktadır. 3 boyutlu sıcaklık analiz sistemleri, gaz yakıtlı yüksek sıcaklık fırınlarında enerji kazancı sağlanmaktadır. 3 boyutlu sıcaklık profili ve alev analizleri ile fırın kontrolü için geri bildirim sistemi sunulabilmektedir.

Yakıt tüketimini minimize ederek, gerekli sıcaklığın üzerinde çalışma yapılmasından kaçınılması, %5 ile %10 arasında enerji tasarrufu sağlamaktadır. Enerji tasarrufu sağlanması, aynı zamanda çevre kirliliğinin azaltılmasına ve ürün kalitesinin iyileştirilmesine fayda sağlamaktadır. Cam endüstrisinde %5 oranında enerji tasarrufu, yılda 250.000 ile 300.000 ABD doları civarında ekonomik kazanç elde edilmesini mümkün kılmaktadır [8].

### 4. YAPAY ZEKA İLE CAM ENDÜSTRİSİNDE VERİMLİ ÜRÜN TASARIMI

Cam endüstrisi, tüketicilerin farklı cam ambalaj taleplerini özgün tasarımlar ile karşılamaya çalışmaktadır. Son tüketicinin kullanım alışkanlıkları ve istekleri gözetilerek, endüstriyel tasarım, kapak ve kapatma teknolojileri üzerine çalışmalar devam etmektedir.

Günümüzde dijital ikiz sistemi ile bir ürünün gerçek zamanlı dijital kopyası oluşturulabilmektedir. Dijital ikiz, derin öğrenme modelleri tarafından temsil edilen tüm altyapı varlıklarının sanal bir dijital kopyasını oluşturmaya dayanan bir sistemdir.

Bilinen simülasyon programlarından farklı olarak, gerçek zamanlı dijital kopya olarak tasarlanan ürün ve gerçek ürün arasında anlamlı bir köprü kurulmaktadır. Bu köprü aracılığıyla her türlü fiziksel veri, doğru bir şekilde dijital ortamda haritalanabilmektedir. Gerçek ve dijital dünyalar arasındaki bu etkileşim, daha gerçekçi ve bütünsel zengin ürünler tasarlanmasını sağlamaktadır. Bu nedenle, dijital ikiz, ürün tasarım sürecini, kavramsal tasarım, detaylı tasarım ve sanal doğrulama gibi kategorilere ayırarak her katman için analiz kabiliyetine sahip olmaktadır [9].

Tasarımcılar, dijital ikiz modeli üzerinde değişiklikler ve tahminlemeler yaparak, tasarımı en iyilemeyi ve kusurları en aza indirmeyi hedeflemektedir. Bu yöntem, tasarım kusuru ve nedenini bulmak için hızlı ve kullanışlı olmaktadır. Geleneksel doğrulama ve testlerden kaçınılması, tasarım verimliliği sağlamaktadır. Dahası, dijital ikizler, gerçek ürünü birebir taklit etmenin ötesinde gerçek sistemler için çözümler de önerebilmektedir. Dijital ikizler, fiziksel

nesnelere dayalı yapay zeka temelli tahminlemeler yapabilirken, sistemi optimize edebilmek için çeşitli servisler ve yardımcı sistemler ile iletişim kurabilmektedir. Bu nedenle, dijital ikiz teknolojileri kullanılarak, tasarımcılar ürün tasarım sürecinde etkin bir şekilde canlı simülasyon senaryoları oluşturabilmektedir. Geliştirilen prototipler üzerinde simülasyon testleri uygulayabilmekte ve tahminlemeye dayalı analizler yapabilmektedir [10]. Gartner tarafından yayınlanan raporda, yalnızca yüzde 1 ile 5 arasında ürünün dijital ikizinin olduğu ve 2018 yılı sonunda bu oranın yüzde 48'e yaklaşacağı tahmin edilmektedir [11].

## 5. SONUÇ

Cam endüstrisi hızla büyüyen ve akıllandırılmış sistemlere gereksinim duyan bir üretim alanıdır. Cam endüstrisinde faaliyet gösteren yapay zeka modelleri sayesinde, fırın bakım maliyetlerinde azalma sağlanabileceği gibi yakıt tüketimi optimize edilerek enerji tasarrufu sağlanabilmektedir. Ayrıca, cam endüstrisinde ürün yelpazesini genişletebilmek, tasarım geliştirme ve tasarım test maliyetlerini azaltabilmek için dijital ikiz uygulamalarının yaygınlaşacağı öngörülmektedir.

## 6. KAYNAKLAR

- [1] Vries, Peer. (2008). *The Industrial Revolution*. 158-161.
- [2] Hussein Waaled et al (2018) *J. Phys. Conf. Ser.* 1018 012013
- [3] Anadolu Cam Sanayii A.Ş. (2018) *Ara Dönem Yönetim Kurulu Faaliyet Raporu*. 7-9.
- [4] Şişecam en büyük kapasiteli ambalaj fırınına ateşledi. (2018). Bloomberght. <https://www.bloomberght.com/haberler/haber/2142307-sisecam-en-buyuk-kapasiteli-ambalaj-firinini-atesledi>
- [5] Somary G. (2017). *System and Method for Facilitating the Maintenance of an Industrial Furnace*. United States Patent Application Publication. Pub. No.: US 2017/0074589 A1.
- [6] Waterer S. F. (2012). *Enhance Power Equipment Reliability with Predictive Maintenance Technologies*. Schneider Electric.8.
- [7] TOBB. (2012). *Türkiye Cam ve Cam Ürünleri Sanayi Meclisi Sektör Raporu*. 52.
- [8] Metron. *Energy Intelligence for Industries*. 10- 12.
- [9] Deloitte (2017). *Industry 4.0 and the Digital Twin*.
- [10] Tao F.(2017). *Digital Twin-Driven Product Design, Manufacturing and Service with Big Data International Journal of Advanced Manufacturing Technology*. DOI: 10.1007/s00170-017-0233-1.
- [11] Walker, M.J.: *Hype Cycle for Emerging Technologies*, Gartner, 2017. Report ID G00314560.

**Dr. Batuhan Gündoğdu**  
Milli Savunma Üniversitesi  
batuhan.gundogdu@boun.edu.tr

Oditoryum  
11:40-12:00

# ISIL İŞLEMİN OPTİK SPEKTRAYA ETKİSİNİN YAPAY ÖĞRENME İLE MATEMATİKSEL MODELLENMESİ

## **Biyografi**

Dr. Batuhan Gündoğdu Türk Donanmasında bir Deniz Subayı ve Milli Savunma Üniversitesi Deniz Harp Okulu, Elektrik ve Elektronik Bölüm Başkanlığından öğretim görevlisidir. Lisans derecesini 2006 yılında Deniz Harp Okulu Elektrik Elektronik mühendisliğinden almıştır. Özel devlet bursuyla okuduğu University of Southern California'da 2012 yılında Elektronik mühendisliği yüksek lisans eğitimini tamamlamıştır. Yurda dönmelerini takiben, İstanbul Tersanesi ve Dizayn Proje Ofisinde Haberleşme Sistemleri Mühendisi olarak birçok deniz elektronik projesinde görev almıştır. 2017 yılında Boğaziçi Üniversitesinde Elektrik Elektronik mühendisliğinden doktorasını tamamlamıştır. Doktora çalışmasında ABD hükümetinin IARPA kuruluşu tarafından yürütülen çok uluslu Babel projesinde araştırmacı olarak görev almıştır. Temel araştırma konuları arasında yapay öğrenme, konuşma ve imge işleme bulunan Dr. Gündoğdu'nun mevcut araştırma konuları arasında yapay öğrenme konularının malzeme biliminde matematiksel modelleme olarak kullanılması yer almaktadır.

## **Özet**

Düşük emissiviteli (low-e) kaplamalı camların, yansımaya ve geçirgenlik özelinde optik spektra karakteristiklerinin, temperlenmeyen kaplamalar için yüksek başarımda kestirimine imkân kılacak yöntemler mevcuttur. Bununla birlikte, temperlenebilir, yani ısı işleme tabii kaplamaların, ısı işlem sonrası yansımaya ve geçirgenlik karakteristikleri, matematiksel ve fiziksel temeller ile açıklanması güç şekilde kaotik değişimler göstermektedir. Optik spektra karakteristiklerinin ısı işlem uygulanmadan, ısı işleme cevap olarak nasıl değişeceğinin kestirilebilmesi, ürün geliştirme süreçlerinin etkinliği ve maliyeti açısından önemli bir ihtiyaç olmaktadır. Bu çalışmada, farklı dizilim karakteristiklerine sahip cam kaplama numunelerinin, ısı işlem öncesi ve ısı işlem sonrası elde edilen optik spektra ölçümleri eğitim verisi olarak kullanılarak ısı işlemin optik spektraya etkisinin yapay öğrenme teknikleri ile matematiksel olarak modellenmesi araştırılmıştır. Çok katlı yapay sinir ağı mimarisine sahip olan bir non-lineer regresyon modeli eğitilmiş, eğitimde hiç kullanılmamış olan can kaplama dizilimlerine ait numunelerde bile, modelin giriş katından ısı işlem öncesi optik spektra karakteristiklerinin beslenmesi ile çıkış katından ısı işlem sonrası optik spektra karakteristikliğinin yüksek doğrulukta elde edilebildiği görülmüştür.

**Anahtar Kelimeler:** *Matematiksel Modelleme, Yapay Öğrenme, Isıl İşlem*

**Dr. Adnan Veysel Ertemel**  
İstanbul Ticaret Üniversitesi  
avertemel@ticaret.edu.tr

Oditoryum  
12:00-12:20

# DİJİTALLEŞEN DÜNYADA SAĞ BEYNİN YÜKSELİŞİ VE MÜŞTERİLERLE ETKİLEŞİM İÇİN YENİ STRATEJİLER

## **Biyografi**

Adnan Veysel Ertemel, Yıldız Teknik Üniversitesi Bilgisayar Bilimleri ve Mühendisliği bölümünden 2000 yılında mezun oldu. Yüksek Lisans derecesini Boğaziçi Üniversitesi'nde Mühendislik ve Teknoloji Yönetimi (ETM) konusunda aldı. 2002 yılında Telenity Europe'da Lokasyon Bazlı Hizmetler bölümünden sorumlu olarak göreve başladı. 2003 yılında Türkiye'deki ilk sertifikalı girişimcilik programı Sabancı Üniversitesi Girişimci Geliştirme Programına kabul edildi. Programı tamamladıktan sonra kendi şirketi Persona'yı kurdu. 9 yıllık girişimcilik serüveninde, GSM sektöründeki birçok şirkette hayata geçirilen çeşitli boyutlarda yenilikçi mobil projelere imza attı. 2010 yılında Doktora derecesini Marmara Üniversitesi'nde Pazarlama konusunda aldı. 2011 yılından beri Bahçeşehir Üniversitesi ve İstanbul Ticaret Üniversitesi'nde Dijital Pazarlama, Teknoloji Girişimciliği, İş Modeli İnovasyonu, Yalın Girişim konularında dersler vermektedir. Aynı zamanda dijital ürün yönetiminde son yıllarda öne çıkan Silikon Vadisi yaklaşımı ve satış tüneli optimizasyonu konusunda mentörlük ve eğitmenlik yapmaktadır. Ayrıca CDOWorld (Chief Digital Officer) oluşumunun bir parçası olan CDOTurkey ve Türkiye Odalar ve Borsalar Birliği, İstanbul Genç Girişimciler Kurulu yönetiminde görev almaktadır. Dijital Çağda İllüzyonel Pazarlama kitabının yazarıdır.

## **Özet**

Ürünlerin aynılaştığı ve küresel ölçekte rekabetin gittikçe daha derinden hissedildiği 21. yüzyıl post-modern dünyasında artan dijitalleşmenin de etkisiyle işletmelerin tüketicilerin ilgisini ve dikkatini çekmesi gittikçe zorlaşmaktadır. "Dikkat ekonomisi" olarak karakterize edilen bu dünyada tüketicilerin bilinçli dikkatini çekmenin zorlaşmasından hareketle işletmeler son yıllarda, psikologların insan beyninin işleyişine dair son yıllarda yaptığı keşiflerden yararlanarak bilinçdışına hitap eden yeni stratejiler geliştirmeye başlamıştır.

Oyunlaştırma, hikâyeleştirme ve kullanıcı deneyimini içeren ve birlikte illüzyonel pazarlama teknikleri olarak adlandırılan söz konusu stratejiler beynin bir akış hali (flow state) içerisinde hareket ederek sezgilere dayalı, oto-pilotta çalışması ve tüketici-marka etkileşiminin bu mod içerisinde gerçekleşmesi esasına dayanır. İdeal bir kullanıcı deneyimi tasarımı, ürünlerle etkileşimde pürüzsüz ve düşünmeksizin hareket etmeyi sağlayan bir deneyim sunmalıdır. Hikâyeleştirme, markanın vermek istediği mesajı hikâyenin insanlığını etkileme gücünden faydalanarak anlatmasını ifade etmektedir. Marka ve ürünlerini hikâyeleştirmiş, hikâyesiyle tüketicilerin değer yargılarında karşılık bulan ve tercih sebebi olan işletmeler öne çıkmaktadır. Son olarak oyunlaştırma, günümüzün en büyük problemlerinden birini, tepkisizleşen tüketicileri etkileşime girmeye ikna etme sorununu, motive edici, oyunumsu bir mekanizma tasarımıyla çözmeyi amaçlar. Oyunlaştırmayla, oyun mekanikleri oyun dışı bir sürece eklenerek, tüketicilerin birer oyuncuya dönüştürüldüğü bir mekanizma tasarlanmaktadır.

Kısaca oto-pilottaki davranış kalıpları beyine zihinsel yoğunluktan kurtularak yük atma fırsatı verir. Deneyimsel pazarlamanın da ötesinde olarak söz konusu teknikler düşünmeye ve hatta karar vermeye gerek bırakılmayacak ölçüde ürünlerin tekrarlı kullanımını ve alışkanlık oluşturulmasını mümkün kılmaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** *Kullanıcı Deneyimi Tasarımı, Oyunlaştırma, Hikâyeleştirme*

# A SMART ALGORITHM FOR ENERGY MANAGEMENT SYSTEM AND ITS ENGINEERING APPLICATION IN GLASS INDUSTRY

## **Biography**

Okan Sarıkayalar Electrical engineer -Yildiz Technical University -1996 Manager of his own engineering company. Energy management, plant high voltage engineering -installation, automation, scada, relay coordination, etc. Spesific electrical engineering application engineering.

## **Abstract**

Systems thinking (equivalently, systems approaches, engineering and studies) gives a methodology for dealing with problems, not only technical and organizational problems but also social, political, environmental and others problems. The methodology is essentially based on generalizations of real cases. Systems thinking involves abstraction—the process of formulating generalized ideas or concepts by extracting common qualities from specific examples. It integrates disciplines and offers unifying principles and a common language. Its goal is to provide an all-encompassing treatment of systems (but that goal has only partly been reached at the present day). It breaks down the jargon barrier between disciplines (though in doing so, it necessarily introduces new jargon). It is a holistic approach that looks at the interaction of the system with all outside the system and the interaction of the system components. With large-scale, complicated, and interactive systems, it becomes multidisciplinary. The term “systematic” is often merged with “systems thinking.” This is true in the sense that “systematic” means ordered and structured. Systems, as a discipline in its own right, has attracted some highly impressive thinkers such that a significant body of concepts supported (and, in some cases, oversupported) by a body of mathematics now exists.

**Keywords:** *Smart, Energy Management, Glass Kpi's*



**Prof. Dr. Durmuş Kaya**  
Kocaeli Üniversitesi  
durmuskaya@hotmail.com

Oditoryum  
14:00-14:20

## ENDÜSTRİYEL CAM ÜRETİM TESİSLERİNDE ENERJİ VERİMLİLİĞİ

### *Biyografi*

1970 yılında Kahramanmaraş'ta doğdu. İlk öğrenimini Kahramanmaraş, orta ve lise öğrenimini Osmaniye'de tamamladı. 1987 yılında girdiği Yıldız Üniversitesi Kocaeli Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliği bölümünü başarıyla tamamlayarak 1991 yılında Makine Mühendisi oldu. Kocaeli ve Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliğinde Yüksek lisans ve Doktora eğitimini sırasıyla 1996 ve 2001 yıllarında tamamladı.

1993-1999 yılları arasında Tüpraş İzmit Rafinerisinde İşletme mühendisliği ve Proje Şefliği görevlerinde bulundu. 1999-2010 yıllarında TÜBİTAK MAM'da Uzman Araştırmacı olarak çalıştı. 2005 yılında doçent ünvanını aldı. Ağustos 2010'da Karabük Üniversitesi Makine Mühendisliği'nde Prof. ünvanını aldı ve burada göreve başladı. Kasım 2010'da Karabük Üniversitesi Enerji ve Çevre Teknolojileri Birimini kurdu. Haziran 2011'de Çevre Mühendisliği Bölümü'nü kurdu. Halen her iki departmanında yöneticiliğini yapmaktadır. Başlıca çalışma alanları; Biyogaz, Enerji Verimliliği, Enerji Yönetimi, Enerji ve Çevre ilişkisidir. Alanında birçok uluslararası ve ulusal projelerde yürütücü ve araştırmacı olarak görev almıştır. Çalışma alanlarından uluslararası ve ulusal dergilerde 40 adet, uluslar arası ve ulusal sempozyumlarda 45 adet sunulmuş/basılmış bildirileri ve beş adet kitabı mevcuttur.

### *Özet*

Türkiye'nin cam sanayinin üretim kapasitesi yaklaşık 3,5 milyon tondur. Cam üretim maliyetlerinin %90'ını oluşturan sınav maliyetler içinde enerji, hammadde ve işçilik önemli girdi kalemleridir. Enerji maliyetinin sınav maliyet içindeki payı en düşük seviyede %16 ile cam elyafta iken, bu oran düzcamda %28 ile en yüksek seviyelerdedir. Dolayısıyla cam üretim sektörü enerji yoğun sektördür. Sektörde enerji verimliliğine yönelik yapılacak iyileştirmeler sektörün rekabet gücünü artıracak hem de ekonomimizin sürdürülebilir büyümesine öncülük edecektir. Sektörde enerjinin verimli kullanılması aynı zamanda çevresel iyileştirme anlamına gelmektedir.

Bu çalışmada cam sektöründe enerji verimliliği açısından yapılabilecek iyileştirmeler araştırılmıştır. Bu amaçla endüstriyel kuruluşlarda gerçekleştirilen enerji verimliliği proje örnekleri ele alınmış, projeler için tasarruf miktarı, tasarrufun mali karşılığı, yatırım tutarı ve geri ödeme sürelerine ait bilgiler paylaşılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Cam sektörü ve enerji, Enerji tasarrufu, Enerji verimliliği, Küresel ısınma

**İbrahim Özcan**

T.Şişe ve Cam Fabrikaları A.Ş., Anadolu Cam Sanayii A.Ş.  
Eskişehir Fabrikası / iozcan@sisecam.com

Odtoryum  
14:20-14:40

# ENERJİ İZLEME SİSTEMİNDEKİ KOMPRESÖRLER ÜZERİNE ADAPTİF BİR MÜHENDİSLİK ANALİZİ

## ***Biyografi***

İbrahim Özcan İstanbul Teknik Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümü mezunu olup 20 yıldır Şişecam'da çalışmaktadır.

## ***Özet***

Şişecam, ülkemiz enerji tüketiminin, doğalgazda %4, elektrikte ise %1'e yaklaşan toplam tüketim oranları olan enerji yoğun fabrikalara sahiptir. Kullandığı elektriğin yaklaşık yarısını ise büyük güçte elektrik motorlarından oluşan basınçlı hava üretim sistemleri olan kompresörlerde tüketmektedir. Kompresörler, Şişecam enerji tüketiminde en dinamik yapıya sahip makinelerdir. Güçleri ve görevlerinin önemi nedeniyle, yapılacak en küçük bir iyileştirme çalışmasının gerçek zamanlı katkısı yüksek oranda etkili olmaktadır. Bu çalışmada, mevcut altyapısı standartlaştırılmış, kritik başarı göstergeleri netleştirilmiş, etkili bir analiz için kaydedilen ve anlık değerlerin analizi yapılabilir, standart sapması belirlenmiş basınçlı hava sistemi uygulaması hakkında yaygınlaştırma amaçlı bilgi verilmektedir. Çalışma yurtiçi 13 fabrikada kurulu gücü 66 MW'ı aşan 173+ kompresörlerden verilerinden yola çıkılarak, ancak mevcut ve gelecek tüm tesislerimizi içerecek enerji ve işletme verimliliği geliştirme/iyileştirme uygulamasını içermektedir.

***Anahtar Kelimeler:*** Enerji İzleme Sistemindeki Kompresörler Üzerine Adaptif Bir Mühendislik Analizi

**Uğur Ergün**

T.Şişe ve Cam Fabrikaları A.Ş., Paşabahçe Cam Sanayii Ticaret A.Ş.  
Eskişehir Fabrikası  
uergun@sisecam.com

Oditoryum  
14.40-15.00

# ÖZ YAZILIMLA ÜRETİM PARAMETRELERİNİN KONTROLÜNÜN GELİŞTİRİLMESİ

## **Biyografi**

1994 - 1998 yıllarında Uludağ Üniversitesi Elektronik Mühendisliği lisans eğitimini, 2001 - 2003 yıllarında Osmangazi Üniversitesi Elektrik-Elektronik Mühendisliği yüksek lisans eğitimini tamamladı. 2000 yılında Üretim Mühendisi ve Proje Mühendisi olarak başlayan aktif çalışma hayatına, 2006 yılında Paşabahçe Cam Sanayii ve Ticaret A.Ş.' de Elektrik Bakım Onarım Mühendisi olarak devam etti. 2014 yılından itibaren Elektrik Bakım Onarım Şefi olarak çalışmaya devam etmektedir.

## **Özet**

Üretim hatlarında yaşanan sorunları ortadan kaldırmak amacıyla Take-Out ve Yakma tahrik sistemleri ile başlayan gelişme süreci ServoFeeder ve Presleme Hibrit Sistemleri ile devam etmiştir. Nihayetinde tamamen öz yazılım ile geliştirdiğimiz üretim hatları arasında Tork Motorlu Pres Üretim Hattı, Genovalı Pres Üretim Hattı ve Pres-Üfleme Üretim hatları bulunmaktadır. Fabrikamız bünyesinde tamamen kendi personelimiz tarafından ve öz yazılımlarımızla hazırladığımız kontrol sistemleri, bakım ve üretim sürecinde grubumuza büyük avantaj sağlamaktadır. Öz yazılım ile ürün çeşitliliğinin artırılması amacıyla talep edilen projeler, enerji tasarruf çalışmaları, iş güvenliği kapsamında istenilen her türlü geliştirme faaliyetleri ve Endüstri 4.0 çalışmaları kendi bünyemizde uygulanır. Yapılan projelerde çalışanların istek ve ihtiyaçları doğrultusunda kullanım kolaylığı hedeflenir. Yazılım Makine üreticisi firmalar tarafından dahi yapılamayan bazı fonksiyonları (motor, sürücü değişimleri, redüksiyon oranı ayarları,..gibi) içerir. Bu sayede üretime ara verilmeden verimlilik sağlanır. Öz yazılım nedeniyle programa tam hâkimiyet söz konusudur. Böylece oluşabilecek arızalarda uygulanan çözümler verimlilik açısından fırsat olarak değerlendirilir. Kendi yazılımlarımız ve donanımız sayesinde yeni ürünlerin sisteme kolay ve hızlı adaptasyonu yapılabilmektedir. Böylece yedek malzeme tedarikinin her zaman mümkün olması sağlanır. Ortak malzeme seçilmesi ve kullanılmasıyla stok maliyetlerinin düşürülmesi hedeflenir. Kısa zamanda yapılabilen makine değişimleri, hızlı devreye alma süreci ile düşük proje maliyeti grubumuza sağlanan diğer avantajlar olarak dikkat çekmektedir. Öz yazılımın Fabrika bünyesinde gerçekleştirilmesiyle Paşabahçe Fabrikasının kurulumundan bu yana oluşan ustalık bilgisi (know-how) makine firmalarıyla dolayısıyla da rakip firmalarla paylaşılmaz. Tamamen kendimize ait kontrol sistemleri ve yazılımlarımızla yurtdışına bağımlılığımız kalmamıştır. Yapılan çalışmalar maliyet avantajlarının yanı sıra özgün projelerimiz, tasarımlarımız için bize özgüven kaynağı olmuştur.

**Anahtar Kelimeler:** Yazılım, Geliştirme, Üretim, Kontrol

**Özgür Uçaroğlu, Cengizhan Göçer**

Türkiye Şişe ve Cam Fabrikaları A.Ş. Cam Ambalaj Grubu,  
Anadolu Cam Sanayii A.Ş. Eskişehir Fabrikası  
oucaroglu@sisecam.com

Oditoryum  
15:00-15:20

## ANADOLU CAM'DA YALIN 6 SİGMA UYGULAMALARI

### **Biyografi**

1987 yılı Adana doğumludur. Yükseköğretimini Mersin Üniversitesi Makine mühendisliği bölümünde 2010 yılında tamamlamıştır. Topluluğumuzun Türkiye Cam Ambalaj Grup Başkanlığına bağlı Topkapı Fabrikasında, 2012 yılında üretim mühendisi pozisyonunda göreve başlamıştır. Grubun Eskişehir fabrikasının faaliyete geçmesi ile birlikte, 2013 yılından itibaren üretim mühendisi pozisyonunda görev almıştır. Bu süre zarfında birçok projede görev almış olup, 2016 yılında Yalın 6 sigma Yeşil Kuşak ve 2018 yılından itibaren ise Yalın 6 Sigma Kara Kuşak olarak görev almıştır. Halen Eskişehir fabrikasında Üretim Mühendisi olarak görevini sürdürmektedir.

### **Özet**

Topluluğumuzun sürekli iyileştirme ve bunların sürdürülebilirliği politikalarının uygulanması kapsamında 2015 yılı itibarıyla grubumuzda "Yalın 6 Sigma" metodu kullanılarak topluluk hedefleriyle uyumlu ve operasyonel mükemmellik kavramlarını destekleyici projeler yapılmıştır ve yapılmaya devam edilmektedir. Yapılan projeler; gerek enerji verimliliğinin artırılması, gerek ham madde ve yardımcı maddelerin kullanımının azaltılması gerekse mevcut proses ve ekipman verimliliğinin artırılması amaçlarını taşıyarak gerçekleştirilmektedir. Bu kapsamda yapılan ve benchmark nevi taşıyan projeleri bildirimde paylaşarak, topluluk içi faydanın ve benchmark kültürünün yaygınlaştırılması hedeflenmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** *Yalın 6 Sigma Uygulamaları, Benchmark*

**Barış Gül**

T.Şişe ve Cam Fabrikaları A.Ş.,  
Paşabahçe Sanayii ve Ticaret A.Ş. Eskişehir Fabrikası  
bagul@sisecam.com

Oditoryum  
15:20-15:40

## KARBON ÜRETEN GAZLARIN TÜKETİM NOKTALARININ ANALİZİ

### *Biyografi*

1988 tarihinde Aksaray ili Ortaköy ilçesinde doğmuştur. Trakya Üniversitesi Makine Mühendisliği bölümünden 2011 yılında mezun olduktan sonra aynı yıl gaz türbini bakım onarımı konularında faaliyet gösteren Dafne Servis Mühendislik bünyesinde 2 yıl çalışmıştır. Askerlik hizmeti sonrası Eskişehir GEM Makine San. Ltd Şirketinde Üretim Sorumlusu olarak çalışmıştır. 2015 yılında Paşabahçe Eskişehir Fabrikası Üretim Mühendisi kadrosu ile Şişecam'da çalışmaya başlamış olup Genel Bakım Onarım Şefi olarak çalışmaya devam etmektedir.

### *Özet*

Camın metal ile direk teması sonucu yaşanan şekillendirme sonrası problemler nedeniyle Cam Ev Eşyası sektöründe Doğalgaz, Asetilen, Propilen ve LPG gibi karbon üreten gazların kullanım ihtiyacı doğmuştur. Bu gazların yanma reaksiyonları sonucu ortaya çıkan karbon, üretim esnasında cama temas eden noktalara yapışarak cam-metal arasında bariyer görevi görür. Farklı gazlar kullanılmasının sebebi, yanma sonrası farklı miktarlarda karbon üretmeleridir. İslendirme olarak da adlandırılan işlem, züccaciye üretiminde iki farklı amaç için kullanılmaktadır. Bunlardan birincisi, camın ve temas ettiği metalin molekül yapılarından dolayı üretim aşamasında camın üretim parçalarına yapışmasını engellemektir. Bir diğer sebep ise otomatik cam üretim makinesinde şekillendirme sonrası, ürünün tavlama fırınına ulaşınca kadar temas ettiği konveyörler, geçiş gönyeleri, eldret vakum başlıkları gibi noktalarda metal teması kaynaklı oluşabilecek çatlakları önlemektir. Pres Üfleme makinesi ebüşörleri ve Pres makinesi kalıplarında propilen gazı ile karbon üretilerek islendirme işlemi yapılır. Oksijen ile birlikte karbonlanması gereken bölge ya da noktaya tatbik edilen propilen gazının yanması sonucu ortaya çıkan karbon atomları, camın ısınarak genleşmiş metal molekülleri arasına girerek yüzeye yapışmaması için moleküller arası boşlukları doldurmaktadır. Bu şekilde camın pürüzsüz bir yüzeyde hareket ederek yüzeye yapışmadan şekillenmesi sağlanmaktadır. Pres Üfleme prosesi kesme makinesi vakum başlıklarında kullanılan asetilen gazı, yakma turnetlerinde kullanılan asetilen ve LPG gazları, konveyör bantları ve geçiş gönyelerinde kullanılan doğalgaz, asetilen ya da LPG gazları camın temas ettiği metal parçalar üzerine oksijen ile birlikte tatbik edilir. Karbon üreten gazların bu noktalarda kullanılmasının sebebi ise cam ile metal arasında teması engelleyecek karbon tabaka oluşturarak metal teması kaynaklı çatlak ya da sıcak-soğuk ilişkisi sonucu meydana gelen yüzey gerilmeleri kaynaklı çatlakların engellenmesidir. Üretim esnasında karbon üreten gazların kullanımı, salınan karbondan dolayı insan sağlığını tehdit etmekte çevre ve doğayı kirletmektedir. Bu sebeple üretim sahasında karbon üreten gazların kullanımı gelişen teknoloji ile birlikte zaman kontrollü tatbik uygulamaları, belli noktalarda farklı malzeme kullanımları ve sürekli takip ile sınırlandırılmıştır. Kullanımın tamamen sonlandırılması için, teknolojik gelişmeler yakından takip edilmektedir. Sürdürülebilirliği yüksek prosesler oluşturmak için, farklı malzeme araştırmaları ve kullanımları, çeşitli kaplama tekniklerinin araştırılarak uygulanması denemeleri ve tüm bu konuları içeren 6sıgma proje faaliyetleri devam etmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Karbon, Gaz, Üretim

**A.Zeki Alimoğlu, Hakan Şahin**

T. Şişe ve Cam Fabrikaları A.Ş., PPYM Geliştirme Müdürlüğü  
zalimoglu@sisecam.com, haksahin@sisecam.com

Oditoryum  
16:00-16:20

## YENİLİKÇİ MÜHENDİSLİK ÇÖZÜMLERİ İLE DEĞER YARATMAK

### *Biyografi*

A.Zeki Alimoğlu, İTÜ Makina Fakültesinde 1984 yılında lisans, 1987 yılında ise Yüksek Lisans eğitimini tamamladı. 1987 yılında Paşabağçe Cam San. Tic. A.Ş. Teknik Hizmetler Müdürlüğünde proje mühendisi olarak topluluğa katıldı. 1999 yılında CEE Temperleme Teknolojisi Geliştirme grubunda proje lideri olarak görev aldı. Döner şoklamalı, bant tipi, rulolu bant tipi olmak üzere farklı teknikte 30'a yakın temperleme hattının devreye alınmasında proje lideri ve tasarımcı olarak katkı yaptı. Tuğrul Misoğlu ile birlikte Grup adına 'Rulolu Şoklama Ünitesine Sahip Bant tipi Cam Temperleme Sistemi' konusunda patenti mevcuttur. Cam Ev Eşyası Grubunun (CEE) toplam elektrik tüketimini %13 azaltan özgün bir teknoloji olan "Düşük Basıncılı Hava Tekniğini" geliştirdi (2004). Bu tekniğin tüm CEE Grup Fabrikalarında uygulamasında görev aldı. Yeni Savurma Section Tasarımı (2010) ve elektronik huni hareket mekanizmasına sahip "Yeni Savurma Makinası" (2012) tasarımına Proje Lideri ve tasarımcı olarak katkı yaptı. Cam Ev Eşyası Üretim proseslerde birçok özgün enerji tasarruf projelerinin ve makine tasarım projelerinin geliştirilmesine doğrudan katkı yapmıştır. CEE Grubu Geliştirme Müdürlüğünde Geliştirme Uzmanı olarak çalışmaktadır.

### *Özet*

Yenilikçi tasarım ve Ar-GE ile geliştirilen prosesler, yeni ürünler, yeni donanımlar, yeni çözümler ve yeni sistemler şirketimizin rekabet gücüne katkı yapmaktadır. ŞİŞECAM BTM Yüzey Teknolojileri ve CEE Geliştirme Müdürlüğü birlikte Kimyasal Temperleme teknolojisini, Ar-Ge Laboratuvar denemelerinden alarak ticari ürüne dönüştürdüğü ve Camın «Zarif», Hafif» ve «Güçlü» Hali; STEMZERO "Ion Shielding" markası doğdu. Pres ve ILK 1 Ayaklı bardak üretimi için geliştirilen alternatif bir transfer tekniği, yeni bir yakma/parlatma prosesini ortaya çıkarmakta; üretim hat yerleşimini sadeleştirmekte ve ürün kalıp ek yerinin yakılması için yeni imkânlar sunmaktadır. Fan/blower sistemleri, Cam Ev Eşyası Grubumuz ve ŞİŞECAM Topluluk Fabrikalarımızda elektrik tüketiminde önemli paya sahiptir. Sıcak uç fan/blower sistemlerinde reform projesi, CEE üretim hatlarımızda soğutma hava sistemlerinin yeniden tasarımını ve sistemin reorganizasyonunu hedeflemektedir. Proje ile akışkan gücünün yönetiminde etkinlik ve verimlilik artışı sağlayacak yeni bir sistem önerilmektedir. Enerji maliyetlerinin ve döviz kurlarının yükseldiği yeni dönemde yenilikçi tasarım ve mühendislik uygulamaları, değer yaratarak ve maliyetleri düşürerek şirketimizin rekabetçi konumunu destekleyecektir.

**Anahtar Kelimeler:** Mühendislik, Dizayn, Kimyasal Temperleme, Enerji Verimliliği

**Nirmalendu Ghosh**

SISECAM Flat Glass India, HNG Glass  
nirmalendughosh@hngfloat.com

Odtoryum

16:20-16:40

## FURNACE ENERGY COST OPTIMIZATION

### **Biography**

Presently working with SISECAM Flat Glass India (Formerly known as HNG Float Glass Ltd) as Head Production, Batch House, Furnace, Tin Bath & Annealing Lehr Since April-2008.

Project Management: Since Joining, I was the core team members of 600 tpd Float Line Project Management. Mainly looking the erection & commission of Batch House, Furnace Tin Bath & Annealing Lehr. Review of Project time line & budget with senior managements like CMD, ED, President and Sr. Vice President of the company.

Operation: Since Dec-2009, I am looking after Float Line Operation including Budgeting & variance analysis, coordination with Material & Finance department, Vendor Development specially for Raw Materials & alternative fuel, Production Planning with Marketing & CSD and finally operation of Batch House, Batch Recipe, Furnace, Tin Bath & Lehr Operation. Budgeting for Raw Materials, Power & Fuel, Consumables and Capital Expenses.

### **Abstract**

We have in the past had only 3 major sources of conventional fuel (Natural Gas, Furnace Oil and Pet coke) for our Furnace firing. With Pet coke usage being stopped due to impact on furnace life and a trend of increasing cost in both Natural Gas/Furnace oil fuels in India the energy cost needed to be optimized.

Fuel cost contributes to around 30-35% of our production cost and so a need arised to look for low cost / alternate fuel without compromising on final quality of the product.

So we explored for usage of the Non-conventional fuel named HVFO i.e High Viscosity Furnace Oil whose cost was around 8% to 10% lower than the cost of Furnace Oil and keeping the option of Natural gas usage when the Natural gas price is lower the HVFO price.

The challenges were :

To maintain same furnace stability , temperature conditions , current flow , effective combustion of burners etc.. due to change from HVFO to Natural Gas as heat penetration in glass furnace was observed to be more when HVFO was used.

To have flexibility in system for change in fuel & to run the desired mixed ratio of Oil and Natural Gas looking to cost variances & maintaining consistency in quality of the product

Each challenge was addressed systematically by:

Installation of Dual Fuel Firing System with help of M/s STG.

Installation of HVFO unloading, storage & transfer system setup , heaters etc. to maintain the same viscosity & temperature which we get in Furnace Oil.

In given circumstances with implementation of above project we have been able to lower our fuel cost by 8% to 10% with stable furnace parameters and glass quality.

**Keywords:** *Energy, Optimization, Furnace*

**Dr. Levent Kılıç**

T. Şişe ve Cam Fabrikaları A.Ş., Bilim, Teknoloji ve Tasarım Merkezi  
lkilic@sisecam.com

**Oditoryum**  
16:40-17:00

# ŞİŞECAM ENERJİ YÖNETİM SİSTEMİNDE ENDÜSTRİ 4.0 VE NESNELERİN İNTERNETİ UYGULAMASI

## **Biyografi**

Dr. Levent Kılıç, 1971 yılında Tekirdağ'da doğdu. İlk ve ortaokulu Malkara ilçesine bağlı Sağlambaş köyünde tamamladı. Ortaokul son sınıfı (1985) Tübitak sınavını kazanınca İstanbul Kabataş Erkek Lisesi'nde tam burslu ve yatılı okudu (1988). Lise sonrası kazandığı İstanbul Teknik Üniversitesi (İTÜ) Elektrik Mühendisliği Bölümünden lisans (1992) ve yüksek lisans (1996) derecesi ile mezun oldu. 1993 - 1996 döneminde İTÜ Yüksek Gerilim kürsüsünde araştırma görevlisi olarak çalıştı. Ağu.1996 - Kas.1997 yılları arasında Deniz Makine (As)teğmen olarak askerlik görevini tamamlayarak, asistanlık görevine geri döndü. Yaklaşık iki ay devam ettikten sonra, 20 Ocak 1998 yılında, Türkiye Şişe ve Cam Fabrikaları A.Ş. (Şişecam) şirketlerinden olan Camiş Elektrik Üretim A.Ş.'ne katıldı. Gaz motorlu 12 MW'lık Topkapı elektrik santralının işletme şefi olarak çalıştı. Şirketin, diğer 12 MW'lık gaz motorlu Çayırova kojenerasyon santrali, 31 MW'lık iki gaz, bir buhar türbininden oluşan Trakya kombine çevrim santrali ve iki gaz türbini ve iki kazandan oluşan 252 MW'lık Mersin kojenerasyon santrallerine kuruluşlarından itibaren teknik destek sağladı. 2008 yılında Kocaeli Üniversitesi'nde başladığı doktora öğrenimini Şub-2015'de tamamlayarak, meslekte "Doktor" ünvanını aldı. Dr. Kılıç, bölümün kurulduğu gün olan 01.11.2013 tarihinden itibaren Şişecam şirketinin Enerji Verimlilik Müdürlüğü'ndeki çalışmalarına uzman olarak devam etmektedir.

## **Özet**

Şişecam, ülkemiz enerji tüketiminin, doğalgazda %4, elektrikte ise %1'e yaklaşan toplam tüketim oranları olan enerji yoğun fabrikalara sahiptir. Bu enerjisinin bir kısmını kendi kombine çevrim, kojenerasyon, atık ısı, buhar ve güneş santralleri ile karşılamakla birlikte, şebekeden de, toplamda, 145 MW'a yakın sürekli güçte elektrik enerjisi çekmektedir. Enerji yönetimi, enerji kaynaklarının ve enerjinin verimli kullanılmasını sağlamak amacıyla yürütülen inceleme, ölçme, izleme, planlama, uygulama ve eğitim çalışmalarının bütünüdür. Bu büyüklükte enerji tüketimi, fırınlar gibi proses, kompresör, pompa, ısıtma, soğutma, iklimlendirme, motor, sürücü, aydınlatma, atıkların kontrolü, vb. gibi statik ve dinamik ekipmanların işletilmesiyle oluşmaktadır. Ekipmanları yönetebilmek, ancak kendileri hakkında veri elde edebilmek ve bunu yorumlayacak bilgi sahibi olmakla mümkün olacaktır. Fabrika geneli düşünüldüğünde, dağıtılmış olarak tesis edilmiş sayıca çok fazla olan bu ekipmanların, standart olarak izlenebilmesi için belli kurallar ve kabuller mevcuttur. Bunlar, ekipmanın seçiminden, bilgisayar ekranında görüntülenebilmesine kadar bir dizi zorlu işlemi gerektirmektedir. Endüstriyel otomasyon ve bilgi teknolojileri, günümüze kadar ayrı ayrı yürütülen işlemler olarak öne çıkmıştır. Ancak, Endüstri 3.0'dan itibaren küçük de olsa entegrasyon başlamış, günümüz Endüstri 4.0, nesnelere interneti, büyük veri, veri analizi ve dijitalleşme ile ise entegrasyon kaçınılmaz duruma gelmiştir. Kavramsal olarak bahsedilen bu kavramların, enerji yönetimine yönelik fiziki kurulumundan, değerlendirme aşamasına kadar getirilmesi önem taşımaktadır. Bu makalede, Şişecam'da 17 fabrikada kurulmuş olan ve her türlü genişletmeye açık olarak modellenmiş "Enerji Yönetim Sistemi -SEÖİS" projesinde, saha koşulları ve IT entegrasyon uygulaması anlatılmaktadır. Sıradaki aşama, verilerin teknik ve yönetsel analiz ve değerlendirilmesi olacaktır.

**Anahtar Kelimeler:** Enerji Yönetim Sistemi, Endüstri 4.0, Nesnelere İnterneti, Scada



**Ozan Fırat Özgül<sup>1</sup> Mehmet Ulaş Çakır<sup>1</sup> Emre Dumankaya<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>STM Savunma Teknolojileri Mühendislik ve Ticaret A.Ş.

<sup>2</sup>Türkiye Şişe ve Cam Fabrikaları A.Ş. Bilim Teknoloji ve Tasarım Merkezi  
ofirat.ozgul@stm.com.tr, ucakir@stm.com.tr, edumankaya@siseecam.com

Öditoryum  
17.00-17.20

## CAM FIRINLARINDA OPTİMUM SİSTEM PARAMETRELERİNİN SAPTANMASI

### *Biyografi*

1989 yılında K.K.T.C.'de doğdu. 2012 yılında Bilkent Üniversitesi Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü'nden lisans derecesini aldı. Aynı yıl, yüksek lisansını tamamlamak üzere Belçika'daki KU Leuven Üniversitesi'ne dahil oldu ve biyomedikal sinyal işleme alanındaki tezi ile 2015 yılında mezun oldu. 2016-2018 yılları arasında TOBB ETÜ'de lisansüstü öğrencisi ve araştırma görevlisi olarak yer aldıktan sonra, ODTÜ'de doktora çalışmalarına başlamıştır. 2017 yılında Veri Bilimci olarak dahil olduğu STM Savunma ve Teknoloji A.Ş. Siber Güvenlik ve Büyük Veri Direktörlüğü bünyesinde; akıllı uygulamalar üzerine çalışmaktadır. Çalışma alanları istatistiksel veri analizi, zaman serisi analizleri ve makine öğrenmesi/derin öğrenme konularını içermektedir.

### *Özet*

Üretim faaliyetlerinde tüketilen enerjinin optimizasyonu, kaynakların etkin şekilde değerlendirilmesini sağlayarak hem çevresel hem de ekonomik anlamda kazanımlar getirmektedir. Bu durum, enerjinin yüksek miktarda kullanıldığı cam fırınları için oldukça önemlidir. Bu bildiride, üretim prosesine bağlı olarak birlikte cam üretim tesislerinin temel enerji tüketim kaynağı olan cam fırınlarının, enerji açısından optimum performans sağlayacağı parametrelerin tespit edilmesine yönelik tasarlanan metodoloji sunulmaktadır. Meta sezgisel yöntemler, çözüm uzayında olasılık temelli ancak bilinçli bir mantıkla arama gerçekleştiren optimizasyon yöntemlerini içerir. Bunlar, yinelemeli olarak çalışır ve her adımda bir öncekinden daha iyi çözümler üreterek, sonunda optimuma yakın sonuçlar elde etmeyi amaçlarlar. Genetik algoritma, tavlama benzetimi, tabu araştırma algoritması gibi yöntemleri bünyesinde barındıran meta sezgisel optimizasyon yaklaşımları literatürde pek çok farklı problem üzerinde başarıyla uygulanmıştır. Bildiriye konu olan bu çalışmada, cam fırınları enerji tüketimi açısından en uygun parametre kümesini seçme amacıyla meta sezgisel yöntemlerden yararlanılmıştır. Analizlerin ilk adımı, farklı parametre setleri ile enerji tüketim değerleri arasındaki ilişkinin tespit edilmesidir. Korelasyonların ortaya çıkarılması, meta sezgisel yöntemler tarafından parametreler üzerinde yapılacak kuralı değişiklikler, enerji tüketimine etkisinin ortaya çıkarılmasını sağlamak ve optimizasyon işleminin yapılmasına yardımcı olmaktadır. Cam ergitme fırınlarından elde edilen büyük boyutlu veri, farklı sistem (fırın işletme, vb.) parametrelerine karşılık gelen enerji tüketim değerlerini de içermektedir. Büyük hacimli veriler kullanılarak eğitilecek yapay sinir ağları, veriyi öğrenmenin en ideal yolu olarak ön plana çıkmaktadır. Geliştirilen yapay sinir ağı, sistem parametreleri ile enerji tüketimi arasında kompleks ilişkiyi modelleyerek, daha önce karşılaşılmamış parametrelerin de neden olabileceği enerji tüketimini tahmin edebilir. Bu meta modeller, optimizasyon sürecine dahil edilerek, optimum parametre setine adım adım yaklaşımını sağlayacaklardır. Özetle bu bildiride, cam ergitme fırınlarından elde edilecek veri seti üzerinden optimum sistem parametre setini sağlayacak metodolojiler ve veri bilimi bakışı ile probleme yaklaşım sunulacaktır. Ek olarak, benzer yöntemlerin uygulandığı endüstrideki diğer mevcut uygulamalardan örnekler verilecek, optimizasyon işlemi yapılmış bir çalışmanın sonuçlarından örnekler gösterilerek ilgili çıktı ve kazanımların cam ergitme fırınlarına uygulanabilirliği tartışılacaktır.

**Anahtar Kelimeler:** *Yapay Sinir Ağları, Sezgisel Yöntemler, Öznitelik Analizi, Optimizasyon, Veri Bilimi, Fırın Enerji Verimliliği, Endüstri 4.0*

## 1. GİRİŞ

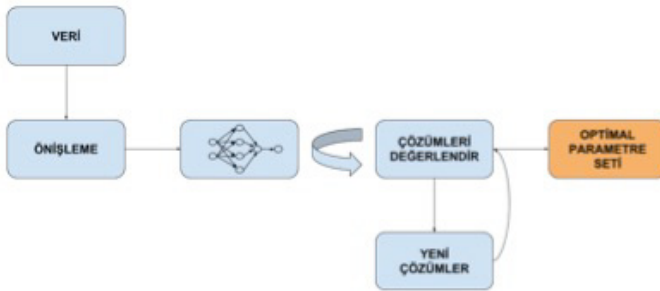
Nüfus artışına bağlı artan talep ve endüstriyel faaliyetlerin otomasyonundaki gelişmelerden dolayı, son 50 yıl içerisinde, endüstriyel enerji tüketimi ikiye katlanmıştır [1]. Günümüzde, dünya üzerindeki toplam enerji tüketiminin yarısı endüstriyel faaliyetler esnasında tüketilmektedir [2]. Amerika Birleşik Devletleri'nde, yıllık toplam enerji tüketiminin %34'ü fabrikalardan kanaklanmaktadır ve üreticilerin yıllık masrafı 100 milyar doların üzerindedir. Bu enerjinin büyük bir kısmının kömür ve doğalgaz gibi geri dönüşümü olmayan kaynaklar cinsinden olması da masrafı arttırmaktadır [3]. Bu, ekonomik etkilerine ek olarak, küresel ısınma gibi oldukça tehlikeli çevresel sonuçlara da yol açmaktadır.

Bu durum, Şişecam fabrikaları için de farklı değildir. Şişecam'ın yoğun enerji kullanımına sahip fabrikalarında tüketilen toplam enerji, Türkiye'de yıllık harcanan endüstriyel enerjinin %9'una denk gelmektedir. Bu fabrikaların temel enerji tüketim kaynağı olan cam ergitme fırınlarının enerji tüketimi açısından düzenlenmesi, hem ekonomik hem de çevresel anlamda oldukça olumlu sonuçlar doğuracaktır.

Cam ergitme fırınları, sadece mekanik endüstriyel cihazlar değil, aynı zamanda, yoğun veri üreten makinelerdir. Bu durum, günümüzde her alanda önemli başarılar gösteren büyük veri yaklaşımlarının uygulanabilmelerine olanak sağlamaktadır. Bu çalışmada, cam ergitme fırınlarından toplanacak veriler kullanılarak, cam fırınlarının optimum enerji tüketimi için gerekli operasyonel parametrelerin tespitini sağlayacak bir metodoloji sunulmaktadır.

## 2. YÖNTEMLER

Çalışmamızda önerilen metodoloji, cam ergitme fırınlarından elde edilen verinin sırasıyla önışlenmesi, veriler üzerinden enerji tüketim tahmini yapabilen bir ağın eğitimi ve daha sonra bu ağ kullanılarak, optimum enerji tüketimini sağlayacak sistem parametrelerinin tespitini içermektedir. Çalışmamızın akış şeması, Şekil 1'de gösterilmektedir. Bu şemanın içerisindeki her blok, gelecek bölümlerde detaylandırılacaktır.



Şekil 1. Önerilen optimum parametre tespit metodolojisi.

## 2. 1. Veri

Kullanılan veri seti, Şişecam A.Ş. tarafından çalışır vaziyetteki cam ergitme fırınlarından elde edilmiş olup; fırın operatörleri tarafından kontrol edilebilen operasyonel parametreler ile toplam çekiş, cam tozu oranı, nem, ortam sıcaklığı gibi çevresel bilgileri ve bunlara denk gelen toplam enerji tüketim değerlerini içermektedir.

## 2. 2. Önışleme

Veri üzerindeki ileri analizler ve makine öğrenmesi algoritmalarının çalıştırılmasından önce, verinin geçmesi gereken bir takım ön süreçler bulunmaktadır. Bunlar; standart Extract-Transform-Load (ETL) işlemleri ve öznitelik mühendisliği olarak özetlenebilir. ETL işlemleri, veriyi sahadan toplamak ve dönüştürmek olarak ikiye ayrılır. Burada verinin toplanması tamamen sahadaki kurulu cihaz ve sistemlere bağlı olmakla beraber, verinin dönüşümü aşaması; toplanan verinin temizlenmesi, filtrelenmesi, zenginleştirilmesi, farklı alanlara bölünmesi ve bazı alanların birleştirilmesi gibi adımlardan oluşur.

İkinci aşamada, elde edilmiş verinin gelecek veri analizlerine uygun hale getirilmesi amaçlanmaktadır. Bu işlem, enerji tüketimi ile ilişkili parametrelerin tespitinin yapılarak, analizlerin sadece bu parametreler üzerine yoğunlaştırılmasını sağlamaktadır. Bu noktada, Correlation Thresholding, Variance Thresholding, Shannon's Entropy, Chi-square test gibi yöntemlere başvurulabilmektedir. Bu teknikler ile bağımsız değişken ve hedef değişken arasındaki ilişkinin önemi ölçülebilir. Bu sayede, sadece sonuca etki eden alanlar üzerine yoğunlaşmak mümkün olacaktır. Çalışmamızda bu tekniklerden farklı aşamalarda yararlanılmaktadır. Buna ek olarak, Principle Component Analysis (PCA) kullanılarak, çok sayıda alan üzerinde işlem yapılması yerine, diğerlerinden daha çok bilgi taşıyan az sayıda alana yoğunlaştırılması sağlanmaktadır. PCA, temel olarak veriyi değişkenliğin daha yüksek olduğu az sayıda eksen üzerine yansıtmayı amaçlar. Bu sayede kullanıcı, bu az sayıda eksen ile analizlerine devam edebilir ve hesaplama açısından fayda sağlar.

## 2. 3. Yapay Öğrenme

Çalışmamızdaki en önemli aşamalardan bir tanesi, parametreler ile enerji tüketimi arasındaki ilişkiyi tespit etmektir. Bu işlem, alan uzmanları tarafından, empirik veya teorik olarak elde edilmiş formülizasyonlar ile elde edilebilmekle beraber, bu ilişkiler çoğu zaman statik olarak tespit edilemeyecek kadar karmaşıktır. Bu noktada, verinin gücünden yararlanan, makine öğrenmesi yöntemleri kullanmak daha makul bir tercih olacaktır. Makine öğrenmesi modelleri, kullanıcı tarafından yazılmış bir program ve mevcut veriyi alarak çıktı üretme amacı güden geleneksel programlama tekniklerinin tersine, veriyi ve veriden beklenen çıktıyı girdi olarak alarak, bu veri üzerinden istenilen çıktıyı yaratabilen programları kendileri öğrenirler. Böylece bütün işlem veri üzerinden yapılmış, herhangi bir teorik yaklaşıma gerek duyulmamış olur. Günümüzde, görüntüler üzerinden obje anıma, ses tanıma, otonom araçlar gibi alanlardaki

standart yaklaşımların hepsi makine öğrenmesi teknikleri içermektedir [4]. Makine öğrenmesi modelleri, amaçlarına göre ikiye ayrılır. Bunlardan ilki sınıflandırma olarak adlandırılır ve modelin girdisini ayrıık sınıflara atamaya çalışır. İkinci tip ise, regresyon yapan, yani devamlı sayısal bir çıktı üreten sistemlerdir. Bunlar, girdilerini reel sayılar kümesinde herhangi bir sayıya atayabilirler. Cam fırın parametreleri ile enerji tüketimi arasındaki ilişkinin modellenmesi bu sınıfa aittir. Matematiksel olarak bir regresyon modeli, modelin karakteristiğini içeren bir hipotez fonksiyonu, modelin ideal tepkisinden sapmasını sayısallaştıran bir maliyet fonksiyonu ve bu maliyet fonksiyonunu minimize etmeyi amaçlayan bir amaç fonksiyonu ile temsil edilebilir. Bu bileşenler sırasıyla, Denklem (1), (2) ve (3)'de gösterilmektedir. Burada  $\theta_0$  ve  $\theta_1$ , sistem parametreleridir. Optimizasyon prosedürü boyunca, bu parametreler ideal değerlerine erişene kadar güncellenirler.

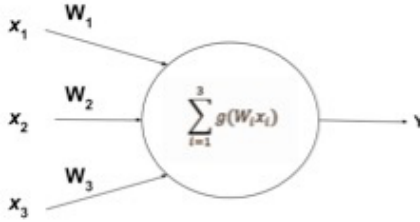
$$h_{\theta}(x) = \theta_0 + \theta_1 x \quad (1)$$

$$J(\theta_0, \theta_1) = \sum_{i=0}^N (h_{\theta}(x)^i - y^i) \quad (2)$$

$$\operatorname{argmin}_{\theta_0, \theta_1} J(\theta_0, \theta_1) \quad (3)$$

Denklem (1)'de gösterilen hipotez, yalnızca doğrusal bir ilişkiyi içediği için, daha karmaşık ilişkileri başarıyla modelleyemeyecektir. Bu noktada, modelleme kapasitesi daha güçlü yöntemlerden faydalanmak gerekir. Bu amaçla kullanılabilir teknikler arasında yapay sinir ağları bulunmaktadır. Bir yapay sinir ağı, çok sayıda nöron ünitesi içerir. Bu ünitelerin her biri, girdilerine doğrusal olmayan fonksiyonlar uygulayarak, çıktısında oldukça kompleks örüntüler elde edebilir. Şekil 2'de, bunlara bir örnek gösterilmektedir. Burada  $x_1$ ,  $x_2$  ve  $x_3$  girdilerinin  $W$  değerleri ile ağırlıklandırılmış olarak girdi alan bir nöron, girdiyi doğrusal olmayan bir  $g$  fonksiyonuna tabi tutarak çıktı üretmektedir. Tek bir nöronun kabiliyeti sınırlı olmakla beraber, çok sayıda nöron katmanlar halinde bir araya getirilirse, diğer modellerin kolaylıkla erişemeyecekleri başarılar elde edilebilir [5].

Çalışmamızda, çok katmanlı bir yapay sinir ağı kullanılarak, daha önce elde edilen parametreler ile enerji tüketiminin ilişkisi öğrenilmiştir. Bu şekilde, gelecekte sisteme girdi olacak herhangi bir parametre kombinasyonunun yol açacağı enerji tüketimi önceden tahmin edilebilecektir. Bu yeteneğine karşın, eğitilen model optimum, yani en az enerji tüketimini sağlayabilecek bir parametre setini tespit edemez. Bu amaçla, metodolojimizin son basamağı olan, optimizasyon aşaması tasarlanmıştır.



Şekil 2. Bir yapay sinir ağı ünitesi.

## 2. 4. Optimum Parametrelerin Seçimi

Daha önce belirtildiği üzere, yapay sinir ağları, yalnızca parametreler ile enerji tüketimi ilişkisini modelleyebilir ve herhangi bir enazlama/ençoklama yapamazlar. Bu noktada, optimizasyon teknikleri kullanmak bir zorunluluktur.

Optimizasyon, belirli bir amaç fonksiyonu kullanarak, en iyi parametreleri seçmeyi amaçlayan teknikler bütünüdür. Optimizasyonda, çözüm kümesi ve amaç fonksiyonu adı verilen iki temel bileşen bulunmaktadır. Burada, çözüm kümesi, elde edilebilecek bütün çözümleri içerirken, amaç fonksiyonu; bu çözüm kümesi içerisinde optimum çözümün hangi stratejiyle elde edileceğini belirler.

Optimizasyon teknikleri, matematiksel ve metasezgisel olarak bir alt kırılıma sahiptir. Burada, matematiksel optimizasyon, matematiksel olarak iyi tanımlanmış ve genellikle optimum sonuçları veren teknikleri içermekte; ancak, genellikle oldukça yavaş çalışmaktadırlar. Alternatif olarak kullanılabilen metasezgisel yöntemler ise çözüm uzayını, doğadan esinlenen stratejilerle taramayı esas alır. Kolaylıkla tüm problemlere adapte edilebilirler ve en iyi olmasa bile en iyiye yakın çözümler elde edebilirler.

Çalışmamızda, kolay gerçekleştirilebilir ve literatürde başarısı kanıtlanmış bir metasezgisel teknik olan genetik algoritmalarından yararlanılmıştır. Genetik algoritmayı oluşturan bileşenler şu şekildedir:

- Gen:** Bir çözümün her bir elemanına gen denmektedir. Mevcut problemimizde, bir gen, herhangi bir parametrenin alacağı değerdir.
- Kromozom:** Çok sayıda genden oluşan çözüm vektörüdür.
- Popülasyon:** Çok sayıda kromozomdan oluşan topluluktur.
- Uygunluk fonksiyonu:** Bir kromozomun ne kadar başarılı olduğunu belirten fonksiyondur.
- Çaprazlama:** İki kromozomun farklı stratejilerle bir araya gelerek, yeni bir hibrit kromozom oluşturmalarıdır.
- Mutasyon:** Çaprazlama sonucu ortaya çıkan bir kromozomun bir miktar başkalaştırılması işlemidir. Bu sayede, ebeveynlerden farklılık sağlanabilir.

Buna göre, bir genetik algoritma, her aşamada bir popülasyon üretir. Bu popülasyondaki her bir kromozom bir uygunluk fonksiyonundan geçirilerek, denk geleceği enerji tüketimine çevrilir. Bu noktada, en başarılı yani en az tüketime yol açan bir miktar çözüm seçilir ve çaprazlanır. Çaprazlama sonucu ortaya çıkan yeni çözümler üzerinde mutasyon işlemi uygulanarak, lokal çözümlere takılma riski azaltılır. Bu işlem, istenilen şartlara uyan bir çözüm elde edilene kadar devam ettirilir [6].

Bu noktada dikkat edilmesi gereken husus, bir kromozom ile enerji tüketimi arasındaki ilişkinin daha önce elde edilen yapay sinir ağı ile yapılacağıdır. Yapay sinir ağlarının, genetik algoritmaların uygunluk fonksiyonu olarak kullanılması ile ortaya çıkan modeller, vekil modeller olarak adlandırılırlar ve literatürde oldukça yer bulmaktadırlar [7]. Çalışmamızda da bu yöntem takip edilmektedir. Bu yaklaşımın en önemli riski, optimum parametre bulma konusundaki başarının, tamamen yapay sinir ağının modelleme başarısı tarafından üst sınırlanmakta olmasıdır. Bunun nedeni, genetik algoritmanın önereceği çözümlerin, yapay sinir ağı tarafından değerlendirilmesidir. Bu nedenle, yapay sinir ağının genelleme kabiliyetinin çok yüksek olması gerekmektedir. Bunu başarmak için, bol veri kullanımı ve dropout, mimari sınırlamalar, eğitimi erken durdurma, regülarizasyon gibi modelin öğrenme kapasitesini bilinçli bir şekilde azaltma stratejilerinden yararlanılmıştır.

### 3. SONUÇLAR

Çalışmamızda, cam ergitme fırınlarından elde edilen veriler kullanılarak, enerji tasarrufu sağlayacak operasyonel parametre setlerine erişilmesini sağlayacak bir yöntem sunulmaktadır. Parametreleri üretecek bir genetik algoritma ve bu üretilen çözümleri test edebilen bir yapay sinir ağından oluşan metodolojimiz, büyük veriden yararlanarak, otomatik olarak çözüm üretebilmektedir. Tasarlanma aşamasında olan modelimizin gerçek veri üzerinde alacağı sonuçlar, gelecek bir çalışmada sunulacaktır.

### TEŞEKKÜR

*Bu çalışmanın gerçekleşmesindeki katkılarından dolayı STM Savunma Teknolojileri Mühendislik ve Ticaret A.Ş.'ye teşekkür ederiz.*

### 4. KAYNAKLAR

Mouzon G., Yıldırım, M. B., Twomey J. 2007. Operational methods for minimization of energy consumption of manufacturing equipment. *International Journal of Production Research* 45(18-19): 4247-4271.

Ross, M. 1992. Efficient energy use in manufacturing. In *Proc. Nat. Acad. Sci. USA* 89: 827-831.

Tacconi, L., Rodwell, L. 2000. *Biodiversity and ecological economics- participation, values and resource management*. London: Earthscan Publications Ltd.

Wang, X. 2016. *Deep learning in object recognition, detection and segmentation. Foundations and Trends in Signal Processing* 8(4): 217-382.

Haykin, S. 1994. *Neural networks: a comprehensive foundation. Prentice Hall PTR.*

Goldberg D. E., Holland J. H. 1988. *Genetic algorithms and machine learning. Machine Learning* 3(2): 95-99.

Quiapo, N., Haftka, R., Shyy, W., Vaidyanathan, R., Tucker, P.K. 2005. *Surrogate-based analysis and optimization. Progress in aerospace sciences* 41(1): 1-28.

**Ömer Bayraktar**

Türkiye Şişe ve Cam Fabrikaları A.Ş. Bilim, Teknoloji ve Tasarım Merkezi  
obayraktar@sisecam.com

Oditoryum  
17:20-17:40

## CAMIN ELEKTRİKSEL ERGİTMESİ ÜZERİNE MÜHENDİSLİK ANALİZİ

### *Biyografi*

1985 yılında Batman'da doğdu. Lisans diplomasını 2008 senesinde Kocaeli Üniversitesi Elektrik Mühendisliği Bölümünden aldı. TSK İnsani Yardım Tugayı'nda askerlik görevini yerine getirdi.

Sekiz sene endüstride, ENPAY Transformer Components, Legrand ve Kardemir Demir-Çelik firmalarının elektrik ve otomasyon alanlarında aktif saha görevlerini yürüttü. 2017 Kasım ayında Şişecam Araştırma ve Teknolojik Geliştirme Başkanlığı Fırın Teknolojileri Müdürlüğü'ne Uzman Proje Mühendisi olarak göreve başlayan Ömer Bayraktar hala bu görevi sürdürmektedir.

### *Özet*

İnsanlık 5000 sene önce ağaç yakarak başladığı cam ergitme işlemi için 1800'lerin ortasında fosil yakıt kullanmaya başlamıştır. Teknolojinin ilerlemesi ile fosil yakıtların cam fırınlarında kullanımı artarak bugünkü sınırına ulaşmıştır. Fosil yakıt kaynaklarının 150 sene daha varlığını sürdürmesi ön görülmektedir. Fosil yakıtların oluşturduğu karbondioksit salınımı, kullanımının daha şiddetli sorgulanmasına sebep olmuştur.

Cam ergitme enerji yoğun bir proses olduğundan cam üretiminde enerji verimliliği en önemli dikkat çeken unsurlardandır. Geleneksel fosil yakıtlı yandan ve arkadan ateşlemeli fırınların verimlilikleri ve emisyon değerleri yıllar içerisinde sürekli iyileştirmelerle bugünkü seviyelerine ulaşmıştır. Ancak geleneksel fırın teknolojisinde yapılacak iyileştirmelerle elde edilecek kazanımların bundan sonra marjinal olacağı görülmektedir.

Fırınlarda fosil yakıt kullanıldığında açığa çıkan enerji, cama dolaylı olarak aktarılmaktadır. Enerjinin dolaylı aktarımı önemli oranda ısı kayıpları meydana getirmektedir. Ergitme enerji kaynağı olarak elektrik enerjisi kullanıldığında ise, elektrik kaynağındaki enerjinin cam içine daldırılan elektrotlar ile cama direkt olarak verilmesi ile ısı kayıpları en aza indirmek mümkündür.

Cam fırınlarında elektrik enerjisinin kullanımına ilk olarak çekiş kapasitesini arttırmak amacıyla fosil yakıt destek amaçlı başlanmıştır. Ancak ilerleyen dönemlerde çekiş kapasitesini arttırmanın yanında kaliteyi arttırmak amacıyla da kullanılması yaygınlaşmıştır. Fosil yakıt kullanılan fırınlarda kullanılan elektrik takviye (e-boost) sistemlerine sahip bu tarz uygulamaların yanı sıra tam elektrikli sıfır emisyonlu cam fırınları da günümüzde yaygın bir şekilde kullanılmaktadır.

Bu çalışmada, cam üretiminde elektrik enerjisinin kullanımına ilişkin temel bilgi ve hesaplar, tasarım ve işletme kriterleri ile birlikte kullanılan ekipman bilgilerine yer verilmiştir. Bilgi ve hesapların yanı sıra elektrik enerjisinin cam üretiminde gelecekteki rolü değerlendirilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Tam Elektrikli Fırın, Elektrik Takviye, E-Boost, Elektrikle Ergitme, Düşük Emisyonlu Cam Fırını, Enerjinin Cama Doğrudan Aktarılması



**Erwin Butsch**

Richard Fritz Holding GmbH, Technical Development  
Erwin.Butsch@fritz-group.com

Salon  
c-108  
11:00-11:20

## PLASTIC TO GLASS REPLACEMENT OF B-PILLAR COVERS ON CARS

### **Biography**

Erwin Butsch holds a diploma degree, summa cum laude, in Mechanical Engineering from the University of Applied Science in Stuttgart (D). He worked as a researcher and designer at the company Kärcher in Winnenden (Germany) responsible for implant equipment and car wash systems (1987- 1995). From 1995 to 2010 he worked as Project manager, Head of Product- and Process Development and well as General Manager for the company Schefenacker, freeglass (today 100% Saint Gobain Sekurit) and Robust (A). During this period he invented more than 10 patents and developed the turn table technology for injection molding presses as well as being responsible for a mold maker shop for high sophisticated molds (plastic glazing, tail lights, front lighting,...)

Since 2010 he is working for Richard Fritz. As responsible plant manager with 170 employees for the plant Besigheim (D) till 2014. Most important were some new technologies, so as 2K injection molding for car glazing, pillar covers and the relocation of all the processes into 3 other plants. 2015 he started his carrier in Richard Fritz again in the development area, becoming Director of R&D activities of sisecam automotive in 2016. Now he leads around 45 engineers with different projects and tasks in the field of automotive glazing and encapsulation. Again ideas becoming patents are making the topics perfect. Furthermore mentoring universal studies, scientific works and thesis are forming the contact to different academies.

### **Abstract**

The optical view of a car in the last 20 years has dramatically changed itself above the beltline! All automotive designers tried to manage a continuous appearance from the very first beginning to the end. The wish to feel free in "space" lead to big glass surfaces and light freedom. The only obstacles are guiding systems of the drop down windows as well as frame elements to get the needed and requested stiffness of the body. Solutions in plastics being assembled to the doors and frame elements have been developed the last years. Restrictions in scratch resistance and durability defined always the technically solution to be integrated. Solutions in colored/ lacquered metal are also available. Sisecam automotive placed a development for a glass solution. New float glass technologies and improved injection technologies created the chance to use glass as an alternative solution. Scratch resistance and durability as well as optical equality are no more a challenge to use this kind of material for such applications. The use of thin glass (< 1mm) is also possible and reduces the weight in parallel so that any OEM will have also the chance to save fuel consumption and reduce exhaust fumes (CO / CO<sup>2</sup>).

This presentation gives you an overview on the existing market, the challenges and motivation to use glass as a material to get optical homogeneity and brilliance onto the car!

**Keywords:** *Desing, Plastic, Glass, Replacement*

## 1. INTRODUCTION

This presentation gives you an overview on the existing market, the challenges and motivation to use glass as a material to get optical homogeneity and brilliance onto the car!

## 2. MARKET EXPECTATIONS

- Homogenous optics
- No distortions, no waviness
- Good weatherability
- Good UV stability
- Good cleanability
- Long term stability
- High scratch resistance
- High thermal stability

### 2. 1. Advantages and outlook

- No optical defects coming from the coating like laquer runners, dust inclusions, thickness differences on edges
- Homologations possible (ECE, SAE,...)
- Freedom in wall thickness design down to 1mm or even less
- Best weatherability and aging conditions
- High potential to save weight!

### 2. 2. References



*A class PMMA uncoated*



*E class PC coated*



*Panamera PC coated*

Pervin Çalışan

TOFAŞ A.Ş.

pervin.calisan@tofas.com.tr

Salon  
C-108  
11:20-11:40

## OTOMOTİV CAMLARI BUZ ÇÖZME TESTİ

### **Biyografi**

1981 Balıkesir doğumluyum. Evliyim, iki çocuğum var. 2002 yılında Balıkesir Üniversitesi Makine bölümü mezunuyum. Çeşitli yan sanayilerde plastik parça tasarımcısı olarak çalıştıktan sonra 2011 yılı itibarı ile Tofaş A.Ş.'de Cam tasarım uzmanı olarak çalışmaktayım.

### **Özet**

Otomotiv camları yolcu güvenliğini sağlamalarının yanında görsel konfor sağlamakla da görevlidir. Motor gürültüsünün kabine az duyulmasını sağlamak, NVH açısından olumlu etki yaratmak, Güneş ışınlarını etkisini azaltmak, istenilen durumlarda dışarıdan araç içerisinin az görülmesini ancak araç içerisinden de dışarısının iyi görülmesini sağlamakla görevlidirler.

Görünme alanlarının sürüşe negatif etki etmemesi, kötü hava koşullarında mümkün olan en kısa sürede görünme alanının uygun hale getirilebilmesi için otomotiv camlarında ( ön ve arka cam üzerinde ) oluşmuş olan buzu çözmek amacıyla rezistans uygulaması yapılır.

Bu makale içeriğinde Homologasyon kuralları gereğince özellikle arka camda yapılan rezistans uygulaması için zorunlu olan defroster testinin cam üzerinde nasıl yapıldığı, arka cam üzeri görünme alanlarının nasıl hesaplandığı ve test sonuçlarının nasıl değerlendirildiği sunulmuştur.

**Anahtar Kelimeler:** *Otomotiv camları, arka görüş camı, defrost testi, buz çözme testi, arka cam görünme alanı*

### **TEMPERLİ CAM ÜRETİMİ**

1600 °C'de ergiyik halde bulunan, yüksek kalitedeki cam katkı maddeleri ile birlikte homojenize edilir. Cam erimiş kalay havuzu üzerinde yayılarak şekillendirilir. Tavlama sonrası istenilen ölçülerde kesilerek ambalajlanır.

Araç camlarının yan ve arka camları için genellikle temperlenmiş cam kullanılır. Nadiren de olsa lamine cam da tercih edilebilir.

Temperleme özel bir ısı işlem olup camın mukavemetini 3 kez artırır. Bu işlem otomotiv camlarının en temel özelliği olan seyahat sırasındaki emniyetin sağlanması için gerekli olan bir işlemdir . Bir kaza sırasında yaralanma riskini en aza indirmek için gereklidir.

İstenilen kalınlıktaki float cam plakalarından, uygun fire miktarı verilmiş olan ölçüdeki cam kesilerek çıkarılır ve kenarları müşteri istekleri doğrultusundaki kalitede rodajlanır. Rodaj sonrası serigrafik baskısı ve ardından rezistans baskısı yapılır . Ardından 650°C de fırınlanır.



**\*Fırın**



**\*Fırınlama sonrası Cam Görüntüsü**

Bu fırınlama ile birlikte rezistans baskısı için kullanılan gümüş karışımı aktive olarak elektrik iletkenliği özelliğini kazanmış olur. Ardından uygun kalıplar ile şekillendirilir ve ani soğuma yapılarak yüzey kompresyonu sağlanır.

Cam üzerine bulunan rezistanslar, ipek baskı kalıbında olduğu gibi ipek kalıbı ile ipek baskı uygulamasından sonra yapılır. Rezistans uygulaması için gümüş boya karışımı halinde hazır olarak alınır. Boya karışımı % 50-60 ya da % 80 gümüş içerir şekilde 2 tip olarak üreticilerde hazır halde bulunur. Cam üzerine uygulama ortam sıcaklığında yapılır.

Buz çözülmesi istenilen görünme alanı, teller üzerinden geçirilmek istenen akım, araçtan çekilen güç ve uygulanacak rezistans aralığına göre hesap yapılır ve gümüş oranı ile oynanarak özel bir gümüş oranlı bir karışım hazırlanır.

Beklenen özellikler doğrultusunda yapılan rezistans tasarımından sonra ürün üzerinde rezistans kalınlıkları ile iterasyon yapılarak en optimum tasarım elde edilir. Ortalama olarak, bir arka cam üzerinde 3 ile 6 gram arası gümüş kullanılır.

Görsel ve optik kontrolleri yapıldıktan sonra ikincil işlemler için montaj hattına alınır.

Montaj bölümünde şekillenmiş cam üzerine fitil, açma – kapama mandalı, braket, pim, gromet, klips ve enkapsülasyon parçaları ve işlemleri yapılır.

### **ARKA CAM TESTLERİ**

Arka cam genel otomotiv camı testlerine tabidir. Bunlar fragmantasyon, bilye testi, ışık geçirgenliği – optik sapma, yapışma testleri ve çevresel gerilim testi gibi testlerdir.

Ayrıca arka cama özel olan (rezistansa sahip camlar için olan) testler; aşınma testi, ısı yükselmesi testi, ışık soku testi, ömür devamlılığı testi, korozyon, ipek baskı kimyasal direnç testi ve defrost testidir.

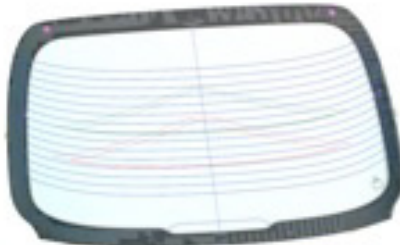
### **ARKA CAM GÖRÜNME ALANI HESABI**

Arka cam üzerindeki görünme alanı hesabı iki şekilde yapılır.

1 - Ülke regülasyonlarına göre belirlenen iç dikiz ayna camının görülebilen alanın, sürücü gözleriyle olan ışın yansımından arka cam üzerinde oluşturdu görünme alanı , A alanı olarak belirlenir. Bu alanın belirlenmesinde iç dikiz ayna pozisyonuna göre sanal analizler yapılır. Silecek durma pozisyonu alanı ve varsa 3. Stop lambası alanı da A bölgesine dahildir. Cam üzerinde serigrafisi ve A alanı haricinde kalan alanlar ise B diye adlandırılır.

2- Tasarım aşamında kullanılacak olan iç dikiz ayna veya pozisyonu belirlenmemiş ise Ave B alanları cam üzerinde olan serigrafiden kalan diğer bir deyişle cam üzerinde şeffaf olarak kalan alanlar üzerinde hesap yapılarak bulunur.

Serigrafiden sonra kalan şeffaf alanın %50 si A alanı kalanı da B alanı olarak hesaplanır.



## **DEFROST TESTİ NASIL YAPILIR?**

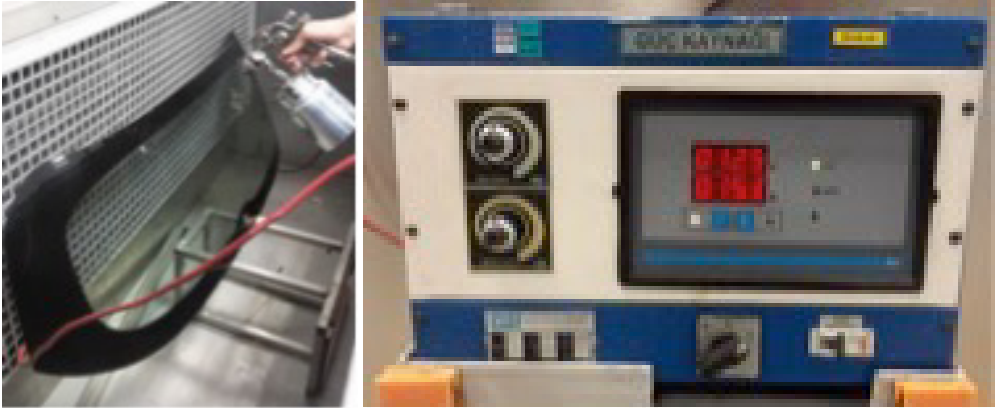
Arka cama ait olan en önemli testlerden biridir. Homologasyon gerekliliklerinde arka camın defrost testi ile görünme alanları içerisinde, belirlenen sıcaklıkta ve belirlenen sürede buz çözme performansını gerçekleştirmesi beklenir.

Tekil parça üzerinde ve araç üzeri olarak test ikiye ayrılır.

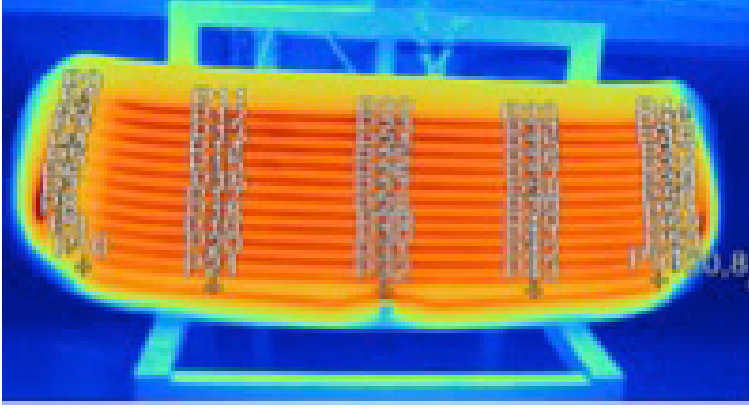
### **1. Arka cam üzerinde yapılan defrost testi**

Teste başlamadan önce cam üzerine A ve B alanları işaretlenir. En az 4 saat süreyle cam serbest halde 23 °C 35 °C'de tutulmalıdır. Sonrasında iklimlendirme kabineine araç pozisyonunda alınan cam 6 saat boyunca 0° de iklimlendirilir. Cam üzerinde bulunan iki adet elektrot uca güç kaynağı bağlanır.

Uygun püskürtme tabancası ile 3,5 bar ile camın mm<sup>2</sup>'si için 0.0003 lt su düşecek şekilde uygulama yapılır. Soğuk cam üzerine uygulanan su ile cam üzeri buzlanır.



Ardından 12,5 V voltaj uygulanır. 2 dakika aralıklar ile cam üzerinde ısı kontrolleri yapılır. Fotoğralar alınır. Rezistans telleri ve elektrotlar üzerinde belirlenen belirli sıcaklık değerlerinin üzerine çıkmaması gereklidir.



**\*Sanal Doğrulama**

10 dakika sonunda camın A alanında bulunan buzun %100 ünün çözülmesi beklenir.

## **2. Araç üzerinde yapılan defrost testi**

Tekil parça üzerinde yapılan testten farklı olarak cam üzerine 12,5V voltaj uygulandıktan sonra araç havalandırmaları en yüksek konumda açılır. 2 dakika aralıklar ile cam üzeri ısı kontrolleri yapılır .10 dakika içerisinde A alanının %100 ünün çözülmesi beklenir . 20. Dakikada B alanının tamamının çözülmesi, 30. Dakikada ise tüm camın buzunun çözülmesi beklenir.



**\*10 dakika sonrası cam görüntüsü**





**\*20 dakika sonrası cam görüntüsü**



**\*30 dakika sonrası cam görüntüsü**

### 3. KAYNAKLAR

[1] R 43

[2] FMVSS 103 - Defroster System Compliance Testing Procedure

[3] FMVSS 111 - Vehicle Rearview Image Field of View and Quality Measurement

[4] Türk Otomobil Fabrikası A.Ş. İç kaynakları, TOFAŞ, Bursa, 2017.

Dr. Selçuk Genç<sup>1</sup> Erwin Butsch<sup>2</sup> Çağatay Süner<sup>1</sup> Göktaş Kuş<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Şişecam Otomotiv A.Ş., Üretim Teknolojileri Müdürlüğü

<sup>2</sup>Richard Fritz Holding GmbH, Technical Development

<sup>3</sup>Şişecam Otomotiv A.Ş., Yatırım ve Üretim Teknolojileri Şefliği

sgenc@sisecam.com, erwin.butsch@sisecam.com,

csuner@sisecam.com, gkus@sisecam.com

Salon  
C-108  
11:40-12:00

## KAPLAMALI ve ISITMALI OTOMOTİV ÖN CAMLARI

### *Biyografi*

1976 Çanakkale doğumluyum. Evliyim, iki çocuğum var. İstanbul Üniversitesi Elektronik Haberleşme bölümü 1999 mezunuyum. Seramik ve Kimya sektörlerinde 12 yıl çalıştıktan sonra 2012 yılı itibari ile Şişecam Otomotiv A.Ş. de Proses Geliştirme Şefi olarak çalışmaktayım.

### *Özet*

Otomotivde camın önemi ve görevi gün geçtikçe artmaktadır. Başlangıçta sadece emniyet unsuru olan cam, sonrasında estetik ve nihayetinde teknolojik unsurları da misyonuna eklemiştir. Bir otomobilde ki cam setinde en fazla teknoloji ve estetik beklentisi ön cama aittir. Tüm cam seti içinde en büyük alana sahip olan ve sürekli göz önünde bulunan ön cam, iç ve dış hacim arasında güvenli bir bariyer oluşturmuş, üzerine eklenen kamera, sensor gibi elektronik ekipmanlara temel teşkil etmiş, akustik özelliği ile gürültüyü önlemiştir. Ancak standart ön cam, güneşten gelen ısıyı engellemek ve soğuk kış günlerinde oluşan buzu hızlı çözmek konularında yetersiz kalmıştır. Bu yetersizlikleri çözmek için cam üzerinde gerçekleştirilen düşük emisiviteli kaplama uygulaması ile gelen güneş ışığının UV ve IR dalga boyları yansıtılırken görünür bölge geçirgenliği büyük ölçüde korunmuş, aynı zamanda araç içerisinde absorbe edilen güneş enerjisinin miktarı da önemli ölçüde azaltılmıştır. Ag içerikli kaplamanın iletken özelliği sayesinde kaplamalı cama ısıtılabilir nitelik kazandırılmış, böylece kaplamalı camın kullanımı ile buz/buğu çözme probleminin çözümüne yönelik büyük bir adım atılmıştır. Bu bildiride, kaplamalı ve ısıtılmalı ön cam imalatı hakkında bilgi verilecektir.

**Anahtar Kelimeler:** Otomotiv, Cam, Ön Cam, Kaplama, Isıtma,

## 1. GİRİŞ

Otomotiv değişen ve gelişen süreçleri aralıksız, hatta hızlanarak devam etmektedir. Otomotivin alanı genişleyerek kullanılan ve de değişilmez bir parçası olan camlar da bu değişime ayak uydurmanın ötesinde liderlik etmektedir.

Özetle otomotiv camları

- Dış estetiğini,
- Kullanıcı konforu,
  - o Isınabilme,
  - o Atermik,
- Diğer teknolojik özellikler;
  - o HUD,
  - o Anten,
  - o İnceltilmiş camlar,
  - o Display,
- Yakıt tasarrufu,

Esnettiğin yanında diğer özellikleri, Atermik, Kaplamadan Isınabilme, HUD, Anten, daha hafifletilmiş camlar, display vs. katmak ise otocam sektörü için zorlayıcı bir süreç olup; Ar-Ge çalışmalarını ön plana çıkarmaktadır.

## 2. ÖNCAM BEKLENTİLERİ

Otomotiv iklim kullanım şartları düşünüldüğünde iki önemli faktör, soğuk - sıcak hava koşulları ve de sonuçları öncamda da akla gelmektedir.

### 2. 1. Soğuk İklim Koşulları

Soğuk iklim koşulları yanında özellikle öncamda;

- Buzlanma,
- Karlanma,
- Buğulanma,
- Riskli araç kullanım,

gibi başlıca olumsuz etkenlere sebep olmaktadır. Bu olumsuz koşullara en etkili ve uygun yöntem ise camın yüzeyinin şeffaf olarak ısıtılmasıdır.

Telli ısıtılmalı yöntem soğuk havalardaki etkenlere çözüm sağlasa da vermiş olduğu

- Görünür tel,
- Özellikle gece diğer ışık etkenleri ile parlaması,
- Isınma esnasında tellerin etrafındaki ısı farkları nedeni ile homojen şeffaflığın sağlanmaması,
- Bölgesel alanlar için kamera, yağmur sensör vs. farklı ısı değerlerinin verilememesi, gibi etkenler ile çözümü tercih edilmemesine sebep olabilmektedir.

## 2. 2. Sıcak İklim Koşulları

Sıcak havalarda ise aracın içi özellikle camlardan gelen etki ile aşırı ısınmaktadır. Sıcaklığın etkisinden kurtulmak için araç klima yoğun kullanımı, sürüş esnasında veya öncesinde araçların havalandırılması ve de konforsuz sürüşlere yol açabilmektedir. Bu sorunlardan kurtulmak için ise Atermik özellikli camlar yapılmaktadır.

## 2. 3. Kaplamadan Isıtılmalı Öncam

Kaplamadan ısıtılmalı öncamlar ise şeffaf ısıtılabilir ve çok daha etkin atermik özelliği bir arada sunmaktadır.

Isıtma ve atermik özelliği cama uygulanan başta gümüş katmanları ile çok katmanlı kaplama ile sağlanmaktadır.

Kaplamadan ısıtılmalı cam 1990'lı yıllarda başlayan çalışmalar birkaç araçta denense de 2012 yılından gelişen teknoloji ile 14 Volt ile çalışan araçlarda görülmüş ve günümüzde birçok üst segment arabada kullanır hale gelmiştir.

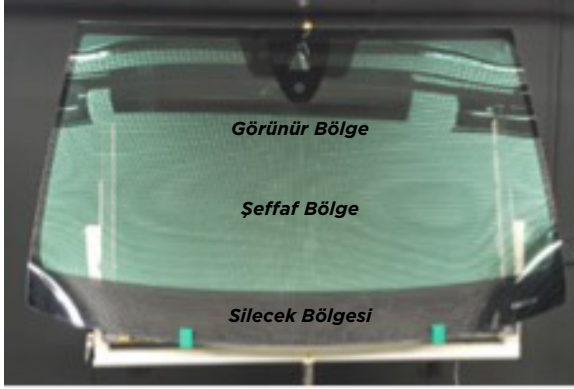
## 2. 4. Isıtma Özelliği

Gümüş kaplamalı camların üzerine uygun elektrik devresi yapılması durumunda camlar ısıtılmaktadır. Burada kaplama direnci, uygulanan gerilim Volt (V), devre yapısı (BusBar Dizaynı) ve istenilen güç sistem yapısını oluşturmaktadır.

Formüller	Açıklama
$R = \rho \times (L/A)$	<b>R</b> = Direnç ff <b>A</b> = BusBar Uzunluk <b>L</b> = BusBar Arası Mesafe
$V = I \times R$	$\rho$ = Özdirenç / m <sup>2</sup>
$I = V / R$	<b>I</b> = Akım Amper
$W = V \times I$	<b>R</b> = Direnç ff
$W = I^2 \times R$	<b>V</b> = Gerilim Volt <b>W</b> = Güç Watt

Günümüz koşullarında kaplama öncamı tek parça halinde ısıtacak kadar düşürülemediğinden, iki bölge veya devre ile ısıtılması sağlanabilmektedir.

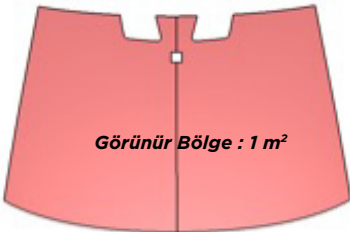
- Görünür Bölge : Öncamın görünür veya şeffaf bölgesi
- Silecek Bölgesi : Silecek bölgesi ise sileceklerin bulunduğu alt siyah baskıdır.



Resim 1 : Şişecam ısıtmalı Öncam Örneği

## 2. 5. Görünür Bölge

Öncam görünür bölge olarak tanımlanan alan tamam şeffaf olan veya camın siyah baskının dışında kalan bölgedir. Bu bölge günümüz koşullarında 14 Volt gerilim altında 4 dakikada minimum 6 °C ısınması beklenmektedir (4 dakikada minimum 6 °C ısınma 14V +/- 0,1V, 22°C 3 4°C test şartlarında ).



Resim 2 : Görünür Bölge Görselleri

## 2. 6. Silecek Bölgesi

Silecek bölgesi camın alt kısmında kalan (sileceklerin normalde kapalı pozisyonda beklediği bölge ) bölgedir. Burada beklenen ise görünür bölgeden en az 2 °C daha hızlı ışımasıdır (4 dakikada minimum 8 °C ısınma 14V +/- 0,1V, 22°C 3 4°C test şartlarında ).

Silecek bölgesi için;

- Gümüş baskı uygulaması (arka camlarda olduğu gibi),
- PVB tel ile ısıtma (bölgeye ısıtma teli döşenmesi),
- Kaplananın görünür bölgede olduğu gibi kullanılması, yöntemleri uygulanabilir.



**Resim 3: Silecek Bölgesi, Gümüş Baskılı Öncam**

## 2. 7. Atermik Özelliği

Kaplamadan ısıtmalı camlar yapısındaki katmanlar nedeni ile standart lamine camlardan %25, atermik lamine camlardan ise %15 e kadar avantaj sergilemektedir.

TTS (Toplam Solar Transmisyon) % 40'ın altındadır. Bu değer standart lamine camlarda %65, atermik camlarda ise % 55 seviyelerindedir.

Yaz koşullarında araç içinde özellikle ön cam bölgesinin 10- 12 °C kadar düşük sıcaklıklarda seyretmesine, dolayısı ile daha konforlu ve ekonomik sürüş sağlamaktadır.

## 2. 8. Şişecam Otomotiv 2018 Deneme Çalışmaları

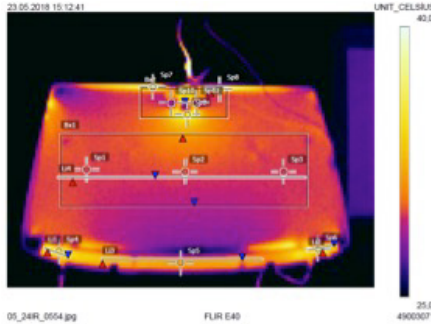
Şişecam Otomotiv olarak kaplamalı öncam ısıtmalı cam çalışmalarında hedef kriterlere uygun üretimler gerçekleştirilmiştir.

2018 yılında;

- Silecek bölgenin kaplama devre ısıtılması (diğer telden ve gümüş baskılıdan daha ekonomik),
  - Kaplama ısıtma bölgesi patent çalışması,
  - Müşteri ön onayı,
- gerçekleştirilmiştir.

**Tablo 1 : Şişecam Otomotiv Kaplamadan Isıtmalı Öncam Performans Tablosu**

Şişecam Automotive Coated Heated Trial in Trakya Plant 25.05.2018										Test Conditions = 23°C ± 2°C				
Sample No	Heat Area	Aquistic or HUD	14 Volt Amper e	Total Power	Bx1 Av. 0 mi	Bx1 Av. 4 mi	Bx1 Av. ΔT	P1 4 min	P2 4 min	P3 4 min	Line P1- 2- 3 ΔT	Wiper Mid. 0 min	Wiper Mid. 4 min	Wiper ΔT
General	All	Acoustic	30,9	432	23,9	30,1	6,2	29,9	30,3	29,8	0,3	23,9	32,3	8,4
2	All	Acoustic	30,9	433	23,9	29,9	6,0	29,7	30,1	29,6	0,4	23,9	32,0	8,1
3	All	Acoustic	30,9	433	23,6	29,9	6,3	29,7	30,0	29,6	0,3	23,6	32,2	8,6
8	All	Acoustic	30,8	431	24,1	30,5	6,4	30,4	30,7	30,2	0,3	24,1	32,6	8,5



**Resim 5: Şişecam Kaplamadan Isıtmalı Öncam 4 dakika Sonraki Termal Kamera Görüntüsü**

## 2. 9. Kaplamadan Isıtmalı Öncam Pazarı

2010'lı yıllardan önce otomotiv direk akü voltajı, 14 Volt ile beslenen camlar kaplama teknolojileri nedeni ile yapılmamıştı. 2012 yılında yalnızca VW Passat ve Golf camlarında görülen kaplamalı camlar, günümüzde birçok marka ve modelde bulunmaktadır.

2018 yılı bazı kaplamadan ısıtmalı ön cam modelleri;

- VW** : Passat, Golf, Tiguan, Sharan,  
**Audi** : A4, A5, A6 vs.  
**Mercedes** : B-Class,  
**Skoda** : Superb, Kodiaq, Octavia,

gibi birçok araçta kaplamadan ısıtmalı camı görebilmekteyiz.



**Resim 6: Kaplamadan Isıtmalı Öncam Kullanan Bazı 2018 Model Araçlar**

### 3. KAYNAKLAR

[1] Saint Gobain “SGS ClimaCoat: The all-weather windshield” Erişim 23 Ağustos, 2018.  
<http://saint-gobain-autover.com/sgs-climacoat-the-all-weather-windscreen>

[2] Saint Gobain “Videos” Erişim 23 Ağustos, 2017.  
<http://www.saint-gobain-sekurit.com/videos> 23.08.2017

[3] “Global Heated Windshields Market 2018 Top Players - AGC, NSG, Saint-Gobain, Fuyao Glass, PGW, Guardian” Resim 3 Erişim 1 Kasım, 2018  
<https://roswellgazette.com/2018/08/27/global-heated-windshields-market-2018-2025/>

[4] Saint Gobain “Audi A4” Erişim 1 Temmuz, 2017.  
<https://www.saint-gobain.com/en/sekurit-driving-comfort-audi-a4>

[5] Saint Gobain “SGS ClimaCoat: The all-weather windshield” Resim 6 Erişim 23 Ağustos, 2018.  
<https://www.saint-gobain-sekurit.com/climacoat>

[6] Saint Gobain “SGS ClimaCoat all-weather windshield” Erişim 23 Ağustos, 2018.  
<https://www.saint-gobain.com/en/sgs-climacoat-all-weather-windshield>

[7] AGC “Heatcontrol Windshield” Erişim 23 Ağustos, 2018  
<http://www.agc-automotive.com/en/our-products/specific-to-laminated-glass/heat-coated-windshield/>



Göktuğ Kuş<sup>1</sup>, Erwin Butsch<sup>2</sup>, Çağatay Süner<sup>3</sup>, Dr. Selçuk Genç<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Şişecam Otomotiv A.Ş., Yatırım ve Üretim Teknolojileri Şefliği

<sup>2</sup>Richard Fritz Holding GmbH, Technical Development

<sup>3</sup>Şişecam Otomotiv A.Ş., Üretim Teknolojileri Müdürlüğü

gkus@sisecam.com, erwin.butsch@fritz-group.com,

csuner@sisecam.com, segenc@sisecam.com

Salon  
C-108  
12:00-12:20

## HUD ÖZELLİKLİ OTOMOTİV ÖN CAMLARI

### Biyografi

1982 Bursa doğumlu, İTÜ Makina Mühendisliği. 2005 ve İstanbul Bilgi Üniversitesi MBA 2009 mezunudur. 2006 yılında başladığı iş hayatında Otomotiv Sektöründe yan sanayi ve Ana sanayi de çeşitli görevlerde hizmetlerde bulunmuştur. 2014 yılından beri Şişecam Otomotiv bünyesinde Yatırım ve Üretim Teknolojileri Şefi olarak görev yapmaktadır.

### Özet

Trafik kazalarının %70'inin sürücü hatalarından kaynaklandığı, sürücü hatalarının %50'sinin ise araç kullanırken yol dışındaki unsurlara bakılmasının getirdiği dikkat dağınıklığı sebebi ile olduğu istatistiki olarak sabittir. Araç kullanırken gözün yoldan ayrılmasının en büyük sebepleri, hız, devir sayısı, hararet, yakıt, radyo kanalı ve navigasyon gibi göstergelere bakılmasıdır. Milisaniyeler mertebesindeki bu zaman zarfında büyük kazalar meydana gelebilmektedir. Sürücünün gözünü yoldan ayırmadan araç ve yol ile ilgili bilgilere ulaşabilmesinin tek yolu ise bu bilgileri gözün odaklandığı ön cama yansıtaktır. Aracın ön paneline yerleştirilen bir projektör vasıtası ile yollanan imaj cama yansımakta ve yansıma sürücü tarafından görülerek, göz yoldan ayrılmadan istenen bilgiler okunabilmektedir. Ancak, bu yansımanın aracın standart gösterge panelindeki gibi düzgün ve estetik görünmesi için mevcut ön cam teknolojisi yetmemektedir. Heads Up Display (HUD) olarak adlandırılan bu teknolojinin araçlara uyarlanabilmesi için ön camın aynı zamanda bir mercek görevi yapabilmesi gerekmektedir. Bu bildiriye HUD teknolojisine sahip ön cam üretimi ve kontrolü hakkında bilgi verilecektir.

**Anahtar Kelimeler:** Otomotiv, Cam, Ön Cam, HUD, Yansıtma

**Deniz Gürbüz**

Türkiye Şişe ve Cam Fabrikaları A.Ş.  
Cam Ev Eşyası Grubu, LTD Posuda Fabrikası  
dgurbuz@sisecam.com

Salon  
C-108  
14.00-14.20

## YENİ TİP TABAK BASKI MAKİNESİ

### **Biyografi**

1979 doğumludur. Boğaziçi Üniversitesi Makine Mühendisliği (Lisans), İTÜ Makine Mühendisliği yüksek lisansını tamamlamıştır. 2000-2006 yılları arasında Y@H Mühendislik firmasında Proje yöneticisi, 2008-2015 OOO Posuda Fabrikasında Mühendislik Üretim şefi, 2015- 2016 OOO Posuda Mühendislik Hizmetleri Müdürü olarak çalıştı. 2016 yılından bu yana OOO Posuda Fabrikası Müdürü olarak çalışma hayatına devam etmektedir.

### **Özet**

Üç farklı boya sırayla tampon üzerine servo kontrollü silikon plaka taşıma arabaları yardımıyla alınarak tabak üzerine aktarılmaktadır. Böylelikle altı renkli bir uygulamada altı silikon tampon yerine iki silikon tampon kullanılarak dekor işlemi yapılmaktadır. Farklı renklerdeki desenlerin tabak üzerine aktarılmadan önce bir tampon üzerinde toplanması desen kayık hatasını sıfırlamaktadır. Ayrıca imalat değişimindeki desen ayarlama süresini kısaltmaktadır. Üçte bir oranında tampon kullanılmasından dolayı üretim maliyeti azalmaktadır. Tampon maliyeti baskı maliyetine etki eden en önemli etkidir. Baskı kalitesini ve verimi etkileyen diğer önemli özellik geleneksel yöntemde indeksli hareket eden konveyör yerine servo kontrollü tek yüklemeli tabak taşıma sisteminin kullanılmasıdır. Tabak yükleme ve boşaltma bir noktadan yapılıp servo kontrollü araba yardımıyla ilgili tamponun altında istenilen zamanda pozisyon almaktadır. Geleneksel sistemde tabak konveyörü üzerinde bulunan destek kalıplarının üzerine tabak yüklenmekte ve basınçlı havadan üretilen vakum üreteçler ile üretilen vakum vasıtasıyla tabak sabitlenmektedir. Basınçlı hava hortumlarında oluşabilecek kayıplardan ya da vakum üreteçler de oluşabilecek sorunlardan dolayı tampon baskı esnasında tabağın oynamasından dolayı tabak kırılması veya desen kayık hatası yaşanabilmektedir. Tabak kırılması tamponların zedelenmesine sebep olmaktadır. Yeni sistemde vakum pompasıyla üretilen vakum ile tabak sabitlenmekte ve tampon baskı esnasında tabağın oynaması imkânsızdır. Buna ilaveten geleneksel sistemde üretim yapılabilmesi için makine istasyon sayısına bağlı olarak çeşitli sayılarda destek kalıbı yapılmak zorundadır. Örneğin; 12 istasyonlu bir makinede destek kalıbı sayısı 42 adettir. Bu buluş ile tek destek kalıbı kullanılmaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** *Tabak Baskı, Silikon Tampon, Destek Kalıbı, Servo Kontrol*

**İsmail Bozoluk, Sadettin Ege Artun**

Türkiye Şişe ve Cam Fabrikaları A.Ş. Cam Ev Eşyası Grubu,  
Paşabahçe Cam Sanayii ve Ticaret A.Ş. Eskişehir Fabrikası  
ibozoluk@sisecam.com, eartun@sisecam.com

Salon  
C-10B  
14:20-14:40

## DERİN GRAVÜRLÜ PRES ÜFLEME ÜRETİMİ

### **Biyografi**

25 Ekim 1979 tarihinde doğdu. İlköğrenimi Eskişehir Kutipoğlu İlkokulu, Orta Öğrenimini Tepebaşı Ortaokulu, Lise Öğrenimini Eskişehir Yunus Emre Teknik Lisesinde tamamladı. 2003 yılında Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümünden mezun oldu. 15 Aralık 2006 yılında Üretim Mühendisi olarak Paşabahçe Eskişehir fabrikasında işe başlamış olup 01 Mayıs 2016 tarihinden itibaren Üretim Şefi olarak görevine devam etmektedir. Evli ve 1 çocuk babasıdır.

### **ÖZET**

Mevcut üretim teknikleri ve makine kabiliyetleri ile şimdiye dek 3 yüzeyinde gravür olan veya pres ürünlerindeki gibi derin gravür yapısına sahip ürünler CEE grubunda Pres Üfleme prosesi ile üretilmemektedir. Ortaya çıkan ihtiyacın pazar şartlarında grubumuza avantaj sağlayacağı öngörülerek mevcut teknik ve kabiliyetlerin geliştirilmesi fırsat olarak görülmüştür.

Bilinen yöntemlerle sabit üfleme prosesinde 2 parça kalıp kullanılarak üretim yapılabiliyor iken, müşteri talebi ve pazar şartları gereği 3 parça kalıp ile üretim yapabilme kabiliyetini kazanma ihtiyacı doğmuştur. Üretimin gerçekleştirilebilmesi için 3 parçalı kalıp ve kalıp kolu tasarımı yapılmıştır. Bu tasarımların, mevcut üretim tekniklerine ve Pres Üfleme makinalarına adaptasyonuna yönelik geliştirme ve modifikasyon çalışmaları projelendirilmiştir.

5 ay süren proje çalışmalarını sonucunda deneme, geliştirme ve iyileştirmelerin olumlu olması nedeniyle müşterinin mamulün 3 yüzeyinde gravür talep ettiği imalat için üretim kararı alınmıştır. 3 parçalı üretim tekniği kullanılarak 420675 imalatının ilk seri üretimi Şubat 2018 döneminde başarıyla gerçekleştirilmiştir.

Sonraki süreçte bir yeni ürün daha seçilerek denemeler yapılmış ve olumlu sonuç alınmıştır. Kalıp modelleme çalışmalarında da ürün yüzeyindeki kalıp birleşim izleri, gravürler arasına yerleştirilerek kalıp ek yeri izleri kamufle edilebilmektedir.

Sonuç olarak ürün gamı genişletilerek derin, bol gravürlü, daha ince cidarlı ve daha hafif ürünler ile rekabet gücünün artırılmasına katkıda bulunulmuştur. 3 parçalı kalıp üretim tekniğinin CEE otomatik üretim grubumuzda bulunması, marka değerini arttırma ve pazar avantajı sağlama yönünde olumlu bir çalışmadır.

**Anahtar Kelimeler:** *gravür, pres üfleme.*

### **GİRİŞ**

Mevcut üretim teknikleri ve makine kabiliyetleri ile derin ve yoğun gravür içeren ürün tasarımları ancak pres prosesi ile üretilmektedir. Değişen müşteri talepleri ve pazar şartları gereği mevcut teknik ve kabiliyetlerin geliştirilmesi ihtiyacı doğmuştur. Şimdiye dek 3 yüzeyinde gravür olan veya pres ürünlerindeki gibi derin gravür yapısına sahip ürünler CEE

grubunda Pres Üfleme prosesi ile üretilmemekteydi. Bu projede; 3 yüzeyi gravürlü ürün tasarımlarının, gravürü derin ve yoğun, cidarı daha ince, ve daha hafif olarak üretilmesi, bunun yanında ürün gamını genişletmek ve rekabet gücünün artırılmasına katkıda bulunmak amaçlanmıştır.

### **PRES YÖNTEMİ**

Pres yöntemini diğer üretim yöntemlerinden ayıran en önemli özelliklerinden biri damlaya tek seferde şekil verilmesidir. Kalıba düşen damlanın mastör yardımı ile preslenerek kalıbın şeklini alması sağlanır. Kalıp ve mastör tasarlanırken kalıp şekline uygun açıda mastör tasarlanır. Tasarımda bu açının kullanılma nedeni camın kalıp ve mastör arasında daha rahat yürümesini sağlamaktır. Bu esnada cam, uygulanan presleme ve tasarlanan açılı yardımı ile kalıp yüzeyinde bulunan bol ve derin gravürler içerisinde ilerleyerek ürünün şeklini alır. Oluşan gravürler mastör ile temas etmediklerinden dolayı aralarında cam bir tabaka oluşur. Oluşan bu tabaka cidar kalınlığının artmasına sebep olarak ürün ağırlığını arttırır. Son olarak şekillenen ürün kalıp içerisinden alınarak soğutma fırınlarına gönderilir.

### **PRES ÜFLEME YÖNTEMİ**

Pres üfleme yönteminde ise damla olarak nitelendirdiğimiz cam ilk olarak ebüşör denilen ilk kalıp malzemesine düşer. Ebüşörde bulunan cam mastör yardımı ile preslenerek ilk şekli olarakta bilinen parizon oluşturulur. Parizon yer çekimi yardımı ile belli bir seviye sarkıtılarak kalıbın içine girer. Kalıpta bulunan cam içine basınçlı hava ile üflenerek kalıbın şeklini alır. Bu yöntem esansında masör kullanılmadığı için gravür ile ürün iç kısmı arasında cam tabakası oluşmaz. Daha sonra kalıpta şekillenen ürün makineden alınarak konveyör yardımı ile eldred makinesine yüklenir. Eldred makinesinde ürünün kapesi kesilerek ürün nihai şeklini alır. Son olarak ürünler tavlama fırınlarından gönderilir.

### **3 PARÇALI KALIP İLE PRES ÜFLEME YÖNTEMİ**

Mevcut imalatlarda yoğun ve derin gravürü olanlarada kalıp kolları açılırken logo koparması, paslekesi ve ek yeri izi gibi imalat hatalarından dolayı yeni üçüncü bir kalıp kolu olması ve bunun sisteme entegre edilmesi ihtiyacı ortaya çıktı. Bu aşamadan sonra çalışmalar başlandı. Öncelikli hedef daha az maliyette ve imalat değişim esnasında zaman kaybına neden olmayacak kolay sökülüp takılan bir kalıp kolu mekanizması yapmaktı. Denememiz kalıbı 120 derecelik 3 parçaya bölerek ebör tarafına 120 derecelik bir parça diğer tarafa ise 240 derecelik 2 parça bağlanarak dizayn edildi. 240 derecelik kısım ise bir birlerine yapılan mekanik bir aparat ile bağlandı ve deneme için 2 adet kalıp kolu üretildi. Daha sonra yapılan kalıp kolları ile


makine üzerinde denemeler başladı. Denemeler esnasında mastör merkezi ve kalıp kolu merkezi arasında kaymalar olduğu saptandı. Bu nedenlerden dolayı oluşan hataların giderilmesi için tekrardan farklı çalışmalar başladı. Deneme yapılan kalıp kolları üzerinde arge çalışmaları gerçekleştirilerek 2 adet yeni prototip kalıp kolu dizayn edildi. Bu prototiplerde 3. parçanın mevcut kalıp kolundan sekron ve asekon çalışabilmesi için ilave piston ve valf eklenmiştir. Piston üzerinde açma ve kapama mekanizmalarının sağlıklı ve güvenli bir biçimde çalışmasına devam edebilmesi için yastıklama (hız ayar valfi) sistemi kullanılarak hareketler yumuşatılıp istenmeyen kalite hataları ve malzeme deformasyonu önlenmiştir. Böylece pres üfleme imalatlarında 3 parçalı kalıp kolları kullanılmaya başlamıştır.

### **DENEMELER VE SERİ ÜRETİM**

5 ay süren proje çalışmaları sonucunda deneme, geliştirme ve iyileştirmelerin olumlu olması nedeniyle müşterinin mamulün 3 yüzeyinde gravür talep ettiği imalat için üretim kararı alınmıştır. Kalıp kolu dizayn ve deneme aşamalarından sonra ürün gamında deneme çalışmaları başladı. 3 parçalı üretim tekniği kullanılarak 420675 imalatının ilk seri üretimi Fuzetea için yapılmış olup, Şubat 2018 döneminde başarıyla gerçekleştirilmiştir. Daha sonrasında da bir kampaya daha çalışılarak toplamda 2 kampanya çalışan üründen %86 gibi yüksek bir verimle 1.221.646 adet üretilip net paketlenen adeti 1 050 616 adettir.

Sonraki süreçte başka bir ürün daha seçilerek deneme çalışması yapılmış ve olumlu sonuç alınmıştır. Bu sayede ürün gamımıza daha öncesinde muadili olmayan ve seri üretime geçilmiş yeni bir ürün daha kazandırılmıştır. Deneme Tablo 1.' de gösterilmiştir.

**Tablo 1. Pres Yöntemi ile 3 Parçalı Kalıp Pres Üfleme Yönteminin Karşılaştırılması**

	Mamül Ağırlığı [g]		İmalat Devri	
	Pres Proses	3 Parçalı Kalıp Pres Üfleme Proses	Pres Proses (tek damla)	3 Parçalı Kalıp Pres Üfleme Proses
	415	325	16,5	44

**Özgür Kapkaç**

Türkiye Şişe ve Cam Fabrikaları A.Ş. Cam Ev Eşyası Grubu,  
Paşabahçe Cam Sanayii ve Ticaret A.Ş. Eskişehir Fabrikası  
okapkaç@sisecam.com

Salon  
C-108  
14:40-15:00

# CAM EV EŞYASI PRES ÜRETİM MAKİNALARINDA YENİ ÜRETİM TEKNİKLERİ GELİŞTİRİLEREK ÜRÜN ÇEŞİTLİLİĞİNİN ARTTIRILMASI

## **Biyografi**

1980 yılı Ankara doğumludur. İlk, orta ve lise öğrenimini İstanbul'da tamamlamıştır. 2003 yılında Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Makine Mühendisliği bölümünden mezun olduktan sonra 5 yıl Endüstriyel Doğalgaz sektöründe çalışmıştır. 2008 yılında Paşabahçe Eskişehir fabrikasında Üretim Mühendisi olarak göreve başlamıştır. Halen Eskişehir fabrikasında Üretim Şefi olarak görevine devam etmektedir.

## **ÖZET**

Cam Ev Eşyası sektöründe günümüz şartlarında artan rekabet ortamında alışlagelmiş tasarıma sahip ürünlerin mali değeri günden güne düşmektedir. Alışlagelmişin dışında geometriye sahip ürünlerin bir kısmı makine teknik kısıtları nedeni ile otomatik imalat olarak üretilememektedir. Daha çok el imalatı olarak üretilen bu ürünlerin mali değeri yüksek olmasına rağmen ancak kısıtlı bir müşteri kesimine ulaşabilmektedir. CEE Pres Üretim prosesinde mevcut iki parçalı üretim tekniği ile derin gravürlü, birden fazla ayaklı vb. gibi karmaşık geometriye sahip ürünler kalıp geometrisi nedeni ile üretilememektedir.

Şirketimizin hedef ve vizyonu doğrultusunda, müşteri beklentilerinin karşılanması için farklı geometriye sahip bu tür ürünlerin otomatik imalat olarak üretilmesi gereksinimi oluşmuştur. Bu gereklilik doğrultusunda geleneksel parçalı pres üretim tekniğine alternatif olarak inovatif kalıp sistemi geliştirilmiş olup seri üretime yönelik çalışmalara devam edilmektedir. Ürün çeşitliliğinin ve fonksiyonelliğinin artırılması amacıyla saklama kabı ve kase ürünleri 2-3 bölmeli üretilebilecek şekilde geliştirme çalışmaları sürdürülmektedir. Yapılan geliştirme çalışmaları sonrası ilk kez seri olarak renk damarlı pres üretilmesi gerçekleştirilmiştir. OCMİ ayak pres makinasında geleneksel yuvarlak tabla formuna alternatif olarak özel forma sahip üretimlerin yapılması hedeflenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** *Cam ev eşyası, pres üretim tekniği, inovatif kalıp sistemleri, renkli cam üretimi*

## **GİRİŞ**

Cam ev eşyası pres üretim prosesinde mevcut iki parçalı üretim tekniğinde kullanılan mekanizmalar ürün tasarımında kısıtlamalar yaratmakta ve derin gravür ve karmaşık geometriye sahip ürünler üretilememektedir. Küresel pazarda, köklü üreticilerden bir kısmının farklı kalıp sistemlerine sahip olduğu bilinmektedir. Şirketimizin vizyonu doğrultusunda, kısıtlar yaratan geleneksel parçalı pres üretim tekniğine alternatif olarak inovatif kalıp sistemi projelendirilerek seri üretim çalışmalarına başlanmıştır. Pres parçalı kalıp üretim sistemindeki göbek, kalıp kolu, hidrolik kapama gibi ekipmanlar tamamen kaldırılarak tulip kalıp sistemi projelendirilmiş ve deneme çalışmalarına başlanılmıştır.

Bu amaca hizmet edecek şekilde servo take-out, servo kaldırıcı mekanizmaları projelendirilerek gerçekleştirilmiştir. Tulip kalıp sistemi ile 3 veya 4 parçalı kalıpların üretilebilirliği sağlanmıştır. Mevcut makine/kalıp yapısı ile üretilemeyen derin gravürlü, birden fazla ayaklı, karmaşık geometrideki ürünler tulip sistemi üretilerek ürün çeşitliliği ve piyasa rekabet gücü artırılmıştır. Mevcutta kullanılan göbek, kalıp kolu, hidrolik kapama mekanizmalarının kaldırılması ile bu sistemler kaynaklı arıza duruşları ortadan kaldırılacak ve imalat değişim süresi kısaltılacaktır. Tulip mekanizması seri çalışmaları sonrası kazanılan deneyimle kalıp ek yeri izi hatasında azalma sağlanacaktır.

Cam ev eşyası üretiminde ürün çeşitliliğinin artırılmasına yönelik olarak bölmeli kase ve saklama kapları, renk damarlı pres ürünleri ve OCMI ayak pres özel tabla formuna sahip geliştirilmektedir.

### **İNOVATİF PRES KALIP SİSTEMLERİ**

Cam ev eşyası sektöründe üretici firma sayısının artması ile beraber, alışlagelmiş pres üretim yöntemi ile üretilen ürünlerin katma değeri ve cazibesi günden güne düşmektedir. (Şekil-1)



**Şekil 1. Alışlagelmiş pres ürünleri**

Geleneksel parçalı pres üretim tekniğinde, kalıp parçaları yatay eksen üzerinde hareket etmektedir. Bu mekanik yapı sebebi ile derin gravürlü, karmaşık geometriye sahip, birden fazla ayaklı ürünlerin kalıptan çıkması mümkün olmamaktadır. (Şekil-2)



**Şekil 2. Geleneksel pres kalıbı**

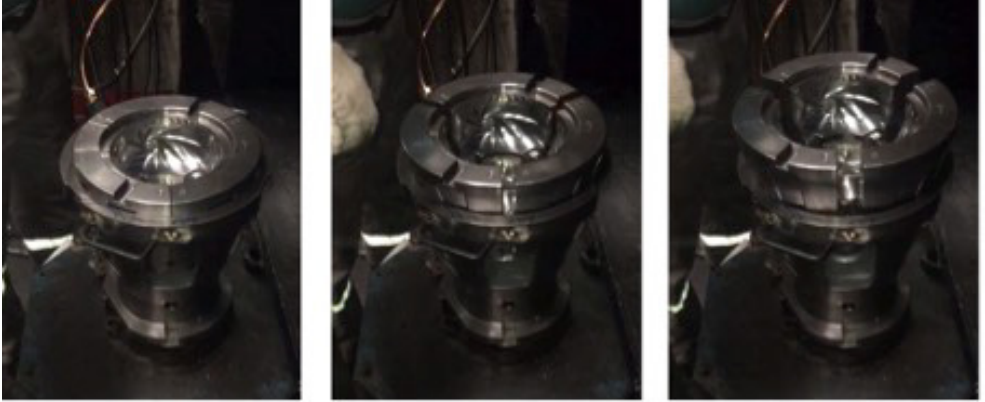


**Şekil 3. Göbek, kalıp kolu ve kapama mekanizmaları**

Kalıplar kalıp kolu içerisinde konumlandırılmış olup, yatay eksenindeki hareketin sağlanması göbük mekanizması ve buna bağlı T şaft ve link kolları yardımıyla olmaktadır. Tüm bu mekanizmalar makine tablası üzerinde yer almaktadır. Presleme anında kalıpların açılmaması için her toplam 2 adet hidrolik kapama mekanizması kullanılmaktadır. Ayrıca mamulün kalıptan çıkarılması esnasında “ön aralama” ve “kalıp açma” olmak üzere toplam 4 adet pnömatik piston kullanılmaktadır. Tüm bu mekanizmalar makine tablası üzerinde oldukça karmaşık bir yapı oluşturmaktadır.(Şekil-3)

Karmaşık geometriye sahip ürünleri üretebilmek ve geleneksel üretim tekniğindeki mekanizmaları sadeleştirmek için inovatif kalıp sistemlerine ihtiyaç duyulmuş ve tulip kalıp sistemi çalışmalarına başlanmıştır.

Tulip kalıp sisteminde kalıplar dikey ekseninde yukarı hareket ederek açılmaktadır. Bu çalışma şekli sayesinde karmaşık geometriye sahip ürünlerin kalıpta çıkması mümkündür.(Şekil-4)



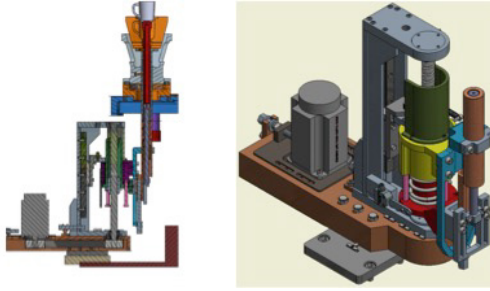
**Şekil 4. Tulip kalıbı çalışma sistemi**

Tulip kalıp sisteminde kalıpların dikey eksenindeki hareketi kaldırıcı mekanizması yardımıyla sağlanmaktadır. Bu sistemde geleneksel yöntemden farklı olarak kalıp kolu, T şaft, link kolları, göbük mekanizması ve ön aralama- kalıp açma mekanizmalarına ihtiyaç yoktur. Ayrıca presleme anında kalıplar geometrik form nedeni ile kapanmaya zorlandığından hidrolik kapama mekanizması kullanımına da gerek yoktur. Tüm bu karmaşık mekanizmaların ortadan kalkması, makine mekanik arızalarını da büyük oranda engelleyecektir.

Tulip mekanizması ile üretilmesi hedeflenen ürünler karmaşık geometriye sahip olduğundan, kalıpların açılması ve take-out mekanizması ile ürünün kalıptan çıkarılması hassasiyet gerektirmektedir. Bu bakımdan mevcutta kullanılan pnömatik kaldırıcı ve take-out mekanizmaları yetersiz kalmaktadır. Bu gereksinim nedeni ile servo kaldırıcı ve servo take-out mekanizmaları projelendirilerek geliştirilmiştir.



Servo kontrol sayesinde bu mekanizmalara gerekli düzeyde hassasiyet ve birleşik hareket etme imkânı kazandırılmıştır. (Şekil-5, Şekil-6)

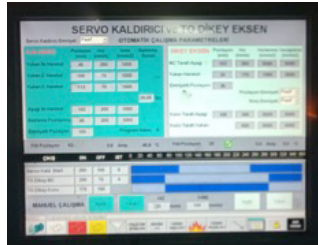


**Şekil 5. Servo kaldırcı mekanizması**



**Şekil 6. Servo take-out mekanizması**

Servo kaldırcı ve servo take-out mekanizmaları için özel kontrol yazılımı pres makinası kontrol sistemine entegre edilmiştir. (Şekil-7)



**Şekil 7. Servo kaldırcı ve take-out mekanizması kontrol yazılımı**

Yapılan bu çalışmalar sonrası deneme üretimleri gerçekleştirilmiştir. Deneme üretimleri sonucunda geleneksel pres parçalı kalıp yöntemi ile üretilemeyen formdaki 3-4 parçalı ürünler seri çalışmaya uygun duruma gelinmiştir.(Şekil-8, Şekil-9)



**Şekil 8. Tulip kalıp ürünleri**



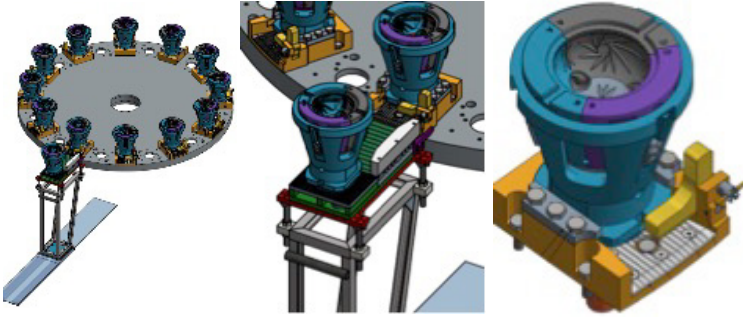
**Şekil 9. Tulip kalıp ürünleri**

Pres ürün gamının genişletilmesinin yanı sıra geleneksel parçalı pres üretimde kullanılan birçok mekanizmaya ihtiyacın ortadan kalkması ile beraber bu sistemlerde oluşabilen arızalar ortadan kaldırılacak ve imalat değişim süreleri kısılacaktır.

Geleneksel sistemde; göbek, kalıp kolu ve kapama mekanizmaları değişimi ve arızaları kaynaklı yıllık toplam 1.520 saat karşılığı 1.260 ton cam ve yaklaşık 3.800.000 TL kayıp yaşanmaktadır. Tulip sistemi ile birlikte bu kayıplardan tasarruf edilebileceği öngörülmektedir.

Tulip kalıp sistemi birçok avantaj sağlamasına karşın bazı dezavantajları da mevcuttur.

Sistemin en büyük dezavantajı kalıpların geleneksel yapıya göre oldukça ağırlaşmasıdır. Bu durum makine çalışır durumda iken kalıp değişimini zorlaştırmaktadır. Üretim esnasında kalıpların değişimini kolaylaştırmak için özel kalıp yükleme ve boşaltma mekanizması projelendirilmiş olup imalat aşamasına gelinmiştir. (Şekil-10)



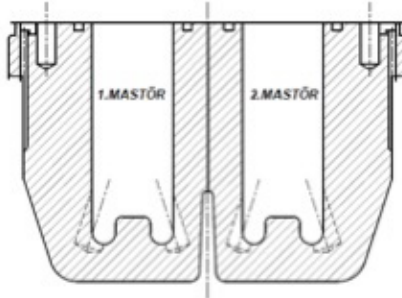
Şekil 10. Tulip kalıp yükleme mekanizması

### BÖLMELİ ÜRÜN ÇALIŞMALARI

Borasilikat saklama kabı ve kase üretimine odaklanmış bazı köklü rakip firmaların ürün gamında bölmeli ürünler yer almaktadır. Bu tür ürünlerin soda camı olarak üretilebilirliği çalışmalarına geçmiş dönemde başlanmış ancak başarı sonuçlar elde edilememiştir.

Daha önceki deneme çalışmalarda ürünlerin mastör tasarımında geleneksel pres mastör soğutma profili kullanılmıştır. Bu sistemde mastör soğutma suyu tek giriş ve çıkış olacak şekilde bir yapı oluşturulmuş ancak başarı sonuç elde edilememiştir.

Konuya farklı bir bakış açısı ile yaklaşarak, aynı mastör üzerinde iki ayrı mastör çalışıyormuş gibi yeni bir sistem uygulanmıştır. Her bir bölme ayrı bir mastör olarak düşünülerek iki ayrı soğutma profili ve soğutma devresi kullanılmıştır. (Şekil-11)



Şekil 11. İki mastör soğutma profili

Oluşturulan bu yeni yapı sayesinde saklama kabı ve kaselerin bölmeli olarak üretimleri olanaklı hale gelmiştir. İlk aşamada mevcut 53618 kalıbı bölmeli hale getirilmiş olup set onayı alınmıştır. (Şekil-12)



**Şekil 12. 53618 Kalıbı bölmeli versiyonu**

53618 kalıbı bölmeli seri üretilebileceği görüldükten sonra daha derin kase ve saklama kaplarının bölmeli üretilmesi hedeflenmiştir. Bu kapsamda 85 mm bölme derinliğine sahip 53552 kilitli saklama kabının bölmeli versiyonun deneme üretimi gerçekleştirilmiştir. (Şekil-13)



**Şekil 13. 53552 Kilitli saklama kabı ve bölmeli versiyonu**

Sonraki aşamada derin bölme yapısına sahip kalıpların 3 bölmeli versiyonun üretilmesi hedeflenmiş ve 53583 Kase chef kase kalıbının 3 bölmeli versiyonun deneme üretimi gerçekleştirilmiştir. (Şekil-14)



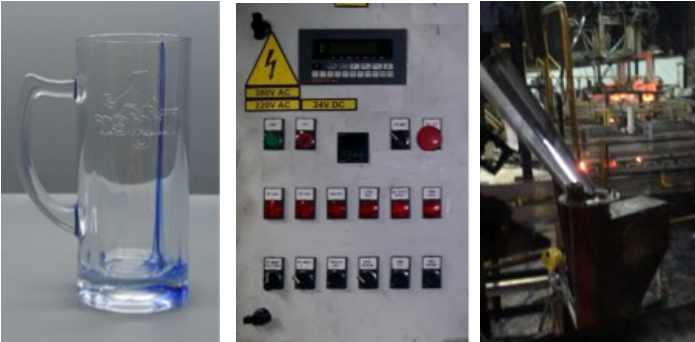
**Şekil 14. 53583 Kalıbı üç bölmeli versiyonu**

Gerçekleştirilen bu çalışmalar ile pres kase- kilitli saklama kaplarının bölmeli olarak üretilmesi konusunda önemli bir aşama kaydedilerek pres ürün çeşitliliği genişletilmiştir.

### **RENK DAMARLI ÜRETİM**

Cam ev eşyası sektöründe foreheart renkli ürünler artık birçok üretici tarafından üretilmektedir. Ürün tasarımında, kısmi olarak renkli ürünler müşterilerin ilgisini çekmekte ve ön plana çıkmaktadır. Bu müşteri beklentisine cevap vermek adına spouttan renk damarlı ürünler üzerinde çalışmalar yapılmıştır.

Foreheart renkli üretimden farklı olarak daha hassas ve belirli bir renk formuna sahip ürünler elde etmek için 0,1 gr. hassasiyetli renk besleme sistemi geliştirilmiştir ve deneme çalışmalarına başlanmıştır. (Şekil-15)



**Şekil 15. Renk damarlı üretim ve hassas renk besleme sistemi**

Deneme çalışmalarında alınan olumlu sonuçlar sonrası, Tiger serisi 53643 renk damarlı bira bardağının seri üretimi gerçekleştirilmiştir. (Şekil-16)

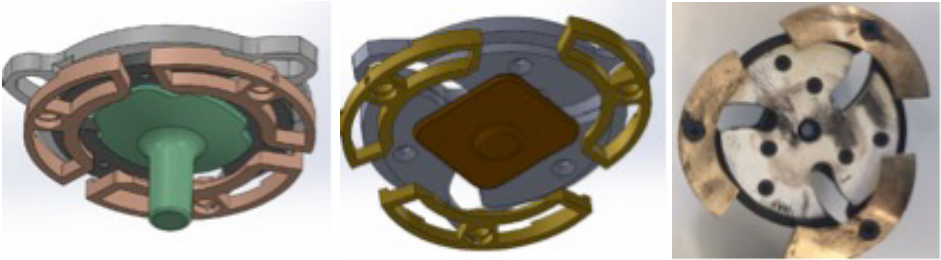


**Şekil 16. Tiger serisi renk damarlı ürünler**

17 günlük kampanya ile cam ev eşyası pres üretimde ilk kez renk damarlı üretim seri gerçekleştirilmiş ve yalnızca 55643 kalıbından 1.200.000 TL satış cirosu gerçekleşmiştir. Pres üfleme makinalarında farklı formdaki renk damarlı üretimle ilgili geliştirme çalışmalarına devam edilmektedir.

### **AYAK PRESTE FARKLI TABLA FORMLARI İLE DENEME ÜRETİMLERİ**

OCMI üretim prosesinde makine teknik kısıtları nedeni yuvarlak form dışında tabla formuna sahip ürünler üretilememektedir. Ürün tasarımına kısıt getiren bu durumu ortadan kaldırmak ve müşteri taleplerini karşılamak amacı ile geliştirme çalışmalarına başlanmıştır. Yalnızca dairesel formda üretim yapılmasına olanak sağlayan OCMI tabla tutucu mekanizması tasarımı değiştirilerek farklı formdaki tablaları kavrayabilecek hale getirilmiştir. (Şekil-17)



**Şekil 17. Geliştirilen özel tabla tutucular**

Geliştirilen özel tutucular ile Efes firmasının talebi olan logo şeklinde tabla ve kare formlu tabla denemelerinde başarı sağlanmıştır. (Şekil-18)



**Şekil 18. Efes firması özel formu tabla talebi, kare tabla deneme üretimleri.**

OCMI üretim prosesinde özel tabla formuna sahip ürünlerin seri olarak üretilmesi ile geliştirme çalışmasına devam edilmektedir.

### **KAZANIMLAR**

Yukarıda özetlenen çalışmaların maddi kazanımları önümüzdeki yıllarda artarak devam edecektir. Ancak esas olarak, finansal getiri haricinde bu tür fark yaratan ürünlerin yapılabirliği sağlamak şirketimizi hedef ve vizyonu doğrultusunda küresel pazarda ön plana çıkaracaktır.



**Somer Abeş, Hakan Erdil, İsmail Çandır**

Türkiye Şişe ve Cam Fabrikaları A.Ş. Cam Ev Eşyası Grubu,  
Paşabahçe Cam Sanayii ve Ticaret A.Ş. Eskişehir Fabrikası  
sabes@sisecam.com, herdil@sisecam.com, iscandir@sisecam.com

Salon  
C-108  
15:00-15:20

# ÜRÜN KALİTE KONTROLÜNDE GÖRSEL KONTROL SİSTEM ANALİZİ (GSA)

## **Biyografi**

02.11.1970 tarihinde Ankara'da doğmuştur. İstanbul Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Kimya Mühendisliği bölümünden mezun olmuştur. İş hayatına çeşitli sektörlerde çalıştıktan sonra, 2008 Yılı Nisan ayında Paşabahçe Cam Sanayii ve Ticaret AŞ. Eskişehir Fabrikasında Kalite Mühendisi olarak katıldığı Şişecam'da, halen aynı fabrikada Kalite Şefi olarak çalışmaktadır.

## **Özet**

Görsel sistem analizi (GSA/VSA) nedir? Görsel Sistem Analizi (GSA) / Visual System Analysis (VSA) GSA(VSA), ölçüm aleti tekrarlanabilirlik ve tekrar yapılabilirlik (Measurement System Analysis (MSA) tabanlı, ölçümlerde var olan bileşenlerin değişkenliğini saptamayı sağlayan özel bir şekilde dizaynedilmiş deneysel analizdir. MSA tekniğinden yola çıkılarak «görsel sistem analizi» olarak tarafımızca adlandırılmıştır. GSA analizindeki metrolojik yaklaşım, subjektif kıyas esasına bağlı kalmaktadır. Analizin değerlendirme aşamasında, MSA metodundaki bir cihaz veya ölçüm aleti kullanımının yerine, personelin daha önceden belirlenmiş maksimum kabul kriterlerini görsel olarak değerlendirip, buna göre yine daha önceden belirlenmiş bir «Master Ürün Seti» üzerinde karar verme kabiliyetini analiz etmeye odaklanılmaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** Ürün Kalite Kontrolünde Görsel Kontrol Sistem Analizi (GSA), Mavi Yakalı Kalite Personelinin Görsel Analiz Kalibrasyonu

## **1. GİRİŞ**

Paşabahçe Eskişehir Fabrikası Kalite Müdürlüğüne bağlı çalışan mavi yakalı kalite personelinin görsel analiz kalibrasyonunun yapılmasıdır. Bu sayede tüm personelin üretim makinelerinde yaptıkları proses kontrollerinin ve palet kontrollerinde ürünler hakkında verdiği «ret - kabul» kararının hem tutarlı hem de doğru olması sağlanacaktır.

## **2. UYGULAMA**

- 2.1 Kullanılan Metodoloji: Kappa istatistiği (tüm gruplar-kümülatif), yorumlama uyuma analizi (attribute agreement analysis - tüm gruplar)
- 2.2 Kullanılan Program: Minitab, versiyon 17.2.1
- 2.3 Kullanılan Master Numune Ürün Seti: 48 adet 44374 kalıp no.lu görsel analiz numunesi

Bu uygulama boyunca Paşabahçe Eskişehir Fabrikası Kalite Müdürlüğüne bağlı mavi yakalı çalışanların görsel ölçüm analizleri değerlendirilmiştir.



- 2.4 GSA çalışmasındaki mavi yakalı çalışan sayısı: 46
- 2.5 Yöntem: Personelin her birinden, master numune seti ürünlerini 1 - 48 dizi olacak şekilde 3'er kez kontrol etmeleri istenmiş, bu kontrolleri sonucu numunelerin iyi veya hatalı durumunun bildirilmesi sağlanmıştır. Numunenin hatalı olarak değerlendirilmesi olduysa, hatanın ne olduğu sorulmuştur. Sonuçlar, veri toplama formu aracılığıyla her bir personelden ayrı ayrı toplanmıştır. Personellerin tümü, değerlendirmelerini aynı master grubu numuneleri için, aynı şartlar altında, hiç bir etki altında kalmadan yapmıştır. Sonuçlar her iki metodolojide de iyi numuneler için «1» ve hatalı numuneler için «0» olarak "Mini tab" programına veri olarak girilmiştir.

### **MASTER NUMUNE SETİ**

48 adet 44374 kalıp no.lu numunelerin,  
32 adet (%67) iyi (hatasız)  
16 adet (%33) muhtelif hatalı ürünlerden oluşmaktadır.

Her bir numune 1'den 48'e kadar numaralandırılıp etiketlenmiştir.(Şekil 1)



**Şekil 1**

- 2.6 Çalışanlar vardiyalı durumları da gözeticilerle, 9 farklı gruba bölünmüş ve değerlendirme grupları arasında minitab programı kullanılarak «kappa istatistiği (tüm gruplar-kümülatif)»; «yorumlama uyumu analizi (attribute agreement analysis / tüm gruplar için)» metodları ile yapılmıştır.

NOT: Çalışanların kimlikleri bu sunumda gizli tutulmuştur. Yapılan çalışma sonucunda eğitim ihtiyacı olduğu tespit edilen personellere gerekli eğitimler verilmiştir.

### 3. SONUÇ (KAPPA İSTATİSTİĞİ)

#### ÖLÇÜT: KAPPA DEĞERİ (K) PUANLANDIRMA

< 0	Hiç uyuşma olmaması
0.0 – 0.20	Önemsiz uyuşma olması
0.21 – 0.40	Orta derecede uyuşma olması
0.41 – 0.60	Ekseriyetle uyuşma olması
0.61 – 0.80	Önemli derecede uyuşma olması
0.81 – 1.00	Neredeyse mükemmel uyuşma olması

#### PERSONELİN KENDİ İÇERİSİNDEKİ TUTARLILIĞI (Grafik 1)

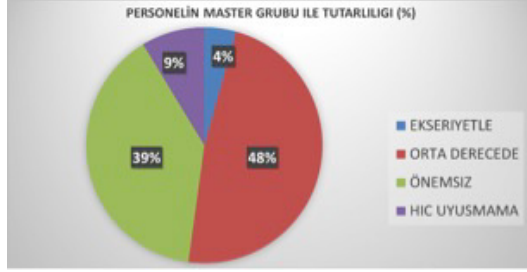
Neredeyse mükemmel uyuşma	: 7 kişi / 46 kişi (15.21 %)
Önemli derecede uyuşma	: 21 kişi/ 46 kişi (45.65 %)
Ekseriyetle uyuşma	: 12 kişi/ 46 kişi (26.08 %)
Orta derecede uyuşma	: 6 kişi/ 46 kişi (15.21 %)
Önemsiz uyuşma	: 0
Hiç uyuşmama	: 0



Grafik 1

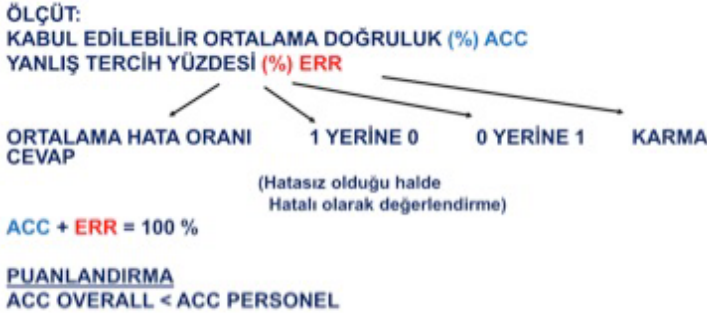
#### PERSONELİN MASTER NUMUNE SETİ İLE TUTARLILIĞI (Grafik 2)

Neredeyse mükemmel uyuşma	: 0
Önemli derecede uyuşma	: 0
Ekseriyetle uyuşma	: 2 / 46 ( 4.34 %)
Orta derecede uyuşma	: 22 / 46 ( 47.82 %)
Önemsiz uyuşma	: 18 / 46 ( 39.13 %) (eğitim planlanacak grup)
Hiç uyuşmama	: 4 / 46 (8.69 %) - Hiç uyuşma göstermeyen 4 Personele Eğitim Verilmiştir.



Grafik 2

## YORUMLAMA UYUŞMA ANALİZİ (ATTRIBUTE AGREEMENT ANALYSIS)



Tüm gruplar bir arada değerlendirilip kümülatif bir acc overall hesaplandığında bu değer, acc overall = 65 % olduğu belirlenmiştir.

## SONUÇ

Grupların (9 farklı grup) tümüne ait; acc overall = 65 %  
Bu değer esas alındığında, altındaki değerlere sahip personel için eğitim planı oluşturulmuştur.

## EĞİTİM PLANI

Analiz sonucu tüm personel için ortaya çıkan ACC'ler ve ACC Overall (65%) tümü değerlendirilmiş olup, ACC sonuçları baz alınarak aşağıdaki ilk etapta 5 personele analiz boyunca kullanılan master grubu numune seti üzerinden eğitim verilmesi kararlaştırılmıştır:

PERSONEL X ACC= 55,6 %      PERSONEL Y ACC= 53,5 %  
PERSONEL Z ACC= 47,9 %      PERSONEL Q ACC= 47,9 %  
PERSONEL W ACC= 31,9 %

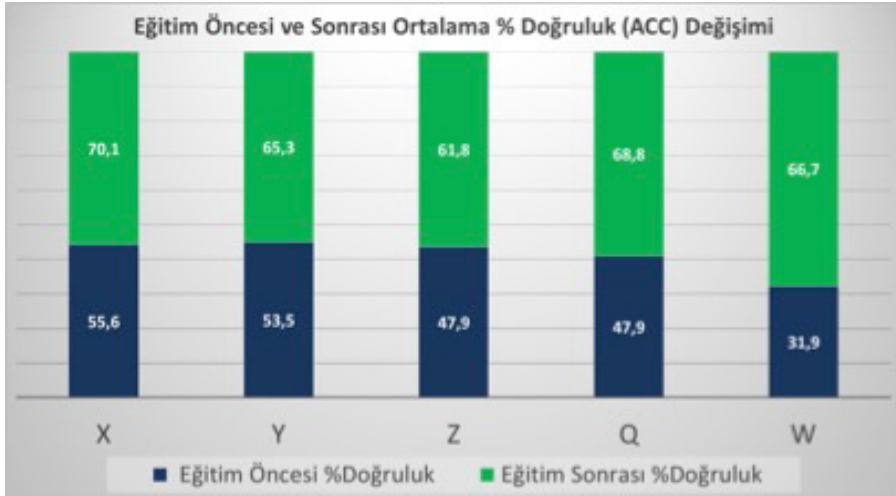
## EĞİTİM

İlgili personellerin eğitimi, çalışma durumları (vardiya vb.) gözetilerek şahsa özel programlanmıştır. Eğitim boyunca, öncelikle personelin analiz süresince olan değerlendirme sonuçları kendisine aktarılmış, sonra ise master grubu numuneler personelle birlikte ayrı ayrı tekrar incelenmiştir.

## EĞİTİM SONRASI DEĞERLENDİRME

Eğitim sonrasında, personelden aynı master numune setine göre analiz için geçerli olan yöntemle tekrar değerlendirme yapılması istenmiştir. Bu değerlendirmelerde ortaya çıkan veriler, analiz edilmiş ve aşağıdaki gibi sonuçlanmıştır: Eğitim sonrası, ilgili personele ait tüm sonuçlar ve ACC overall'da tatmin edici düzeyde iyileşme sağlandığı görülmüştür.

% (ACC OVERALL'da 3% artış)



**Grafik 3**

## **GÖRSEL SİSTEM ANALİZİ İLE;**

Görsel kalite kontrolde güçlü ve zayıf yanlarımızı belirleyerek, zayıf yanlarımızı güçlendirmemizi sağladık.

Görsel sistem analizinin tüm ev eşyası fabrikalarında uygulanması ile kalite kontrol bölümleri de kendilerini değerlendirdiler.

Eğitim ihtiyaçlarının ortaya konulması ve verilen eğitimlerin etkinliğinin değerlendirilmesini yaptık.

**Ali Bakova**

Endüstriyel Tasarımcı  
alibakova@gmail.com

Salon  
C-108  
16.00-16.20

# CAMIN GEÇMİŞ ÇAĞLARINDAN GELECEĞE; İNSANLIĞIN MARS'A DOĞRU SEYAHAT HAYALLERİNİ HARMANLAYAN BİR SUNUM

## **Biyografi**

Ali Bakova, orta doğu teknik üniversitesi endüstri ürünleri tasarımı bölümü mezunudur. Endüstriyel tasarımcılar meslek kuruluşu'nun kurucularından ve merkez yönetim kurulunda görev almıştır. 1998 yılından bu yana İstanbul'da farklı üniversitelerde yarı zamanlı öğretim üyeliği yapmaktadır.

Tasarımları yerel ve uluslararası sergilerde ve müzelerde sergilenen Ali Bakova'nın 'destination to İstanbul' seçkisinden üç cam tasarımı museum of modern art (moma new york - tokyo)'da satışa sunulmuştur.

2012 yılında paris le observateur de design'da 'pisa carafe set' yılın cam tasarımı, 2013 yılında new york wanted design'da yılın cam seçkisi 'extra carafe set' sergilemesi, 2014 yılında nazen likör şişesi ile asd yılın cam ambalajı ödülleri almıştır. 2015 yılında tasarımcı ve sanatçıların ortak çalışmalarını 3d yazıcılarla sergiledikleri "atölye maslak-maker kültürü" sergisinin küratörlüğünü yapmıştır.

2017 venedik tasarım bienalinde; her kültürün ortak tınlarını barındıran seslerin, insanlar üzerindeki iyileştirici etkilerini deneyimledikleri "sleepwalker-uyurgezer" enstelasyonu ile tasarımda yeni deneyim alanlarının keşfedileceğini önermiştir.

Yurt içi ve yurt dışında birçok sergiye katılan Ali Bakova, yayınlar için tasarım ve içerik editörlüğü ve küratörlük çalışmaları da yapmaktadır.

## **Özet**

Eski Mısırlıların Akdeniz'i geçerken ahşap teknelerde ürettikleri cam ürünlerle, Ege kıyılarından topladıkları zeytinyağı ve tahılları bu cam kaplarla taşıyarak ticaretini yapmalarından son bulunan verilerle Mars yüzeyinin jeolojisinin zengin Silisyum oluşumlarından meydana geldiğine değinerek; 3D print - üç boyutlu yazıcılardaki gelişmelerle bu silisyum kaynaklarını gerek mimari, gerekse cam ürünler anlamında değerlendirilmesiyle ilgili "tasarımcı" yaklaşımını teknolojik gelişmelerle birlikte aktarmak yönünde olacaktır.

\* 3D print teknolojisi ile çöl kumundan ürün yapımı videosunu burdan izleyebilirsiniz:<https://vimeo.com/25401444>

**Anahtar Kelimeler:** Cam, Tasarım

**Sevgi Kes Özalp**

Türkiye Şişe ve Cam Fabrikaları A.Ş., Bilim, Teknoloji ve Tasarım Merkezi  
skes@sisecam.com

Salon  
C-108  
16:20-16:40

# PAŞABAHÇE'DE CAM TASARIM SÜRECİ: DÜNÜ, BUGÜNÜ VE GELECEĞİ

## **Biyografi**

İstanbul Teknik Üniversitesi, Endüstri Ürünleri Tasarımı Bölümü'nden 2012 yılında mezun oldu. Politecnico di milano'da değişim öğrencisi olarak bulundu. Öğrencilik yıllarında keşfettiği cama olan tutkusunu, 2013'ten bu yana Paşabahçe Cam Sanayi tasarım ekibinin bir parçası olarak gerçeğe dönüştürüyor.

## **ÖZET**

Son çeyrek yüzyılda dünya çok hızlı bir değişim süreci yaşamaktadır ve bu süreç ciddi bir rekabet ortamı yaratmaktadır. Rekabetin başarı ile sonuçlanması için fark yaratmak gerekmektedir ve bugün artık sadece 'mamul mal' olmaktan fazlası beklenen ürünleri farklılaştıran en önemli unsur inovasyondur. İnovasyonun temelinde ise Ar-Ge ve tasarım faaliyetleri yatmaktadır. İlk cam üretimine 1935 ve ilk otomatik cam üretime 1955 yılında başlayan Paşabahçe Türkiye'de endüstriyel tasarımın öncülerindedir. Günümüzde Şişecam Bilim Teknoloji ve Tasarım Merkezi bünyesinde çalışmalarını sürdüren tasarım grubu tasarladığı yenilikçi ve özgün ürünlerle önemli ödüller kazanarak tasarım gücünü ortaya koymaktadır. Önümüzdeki yıllarda da Ar-GE çatısı altında cam üretimindeki teknolojik gelişmeleri ve trendleri yakından takip ederek tasarımlarıyla modern Türk toplumunun önemli bir kültürel ögesi ve küresel ekonomide etkili bir yenilik aracı olmaya devam etmeyi hedeflemektedir.

**Anahtar Kelimeler:** cam tasarımı, cam ev eşyası, endüstri ürünleri tasarımı

## **GİRİŞ**

İlk cam üretimine 1935 yılında başlayan Paşabahçe Türkiye'de endüstriyel tasarımın öncülerindedir.

CEE Tasarım Müdürlüğü, Şişecam Bilim Teknoloji ve Tasarım Merkezi çatısı altında cam üretimindeki teknolojik gelişmeleri ve trendleri yakından takip ederek tasarımlarıyla modern Türk toplumunun önemli bir kültürel ögesi ve küresel ekonomide etkili bir yenilik aracı olmaya devam etmeyi hedeflemektedir.

Bu bildiriye Türk cam sanayiinin kısa bir özetinin ardından, geçmişten günümüze Paşabahçe'de cam tasarımı süreçleri, tasarımın günümüzde ve gelecekte cam ev eşyası sektörü için öneminden bahsedilecektir.

## **Türk Cam Sanayii**

Camın tarihi dünyanın oluşumuna kadar gidebilir. Dünyanın oluşumu sırasında yüksek miktarda silis içeren taş eriyikleri donarak obsidian gibi doğal camlara dönüşmüştür. (Vogel, 1994)

Malzeme olarak ise cam ilk kez M.Ö 3500-3000 Mezopotamya'da boncuk yapımında kullanılmıştır.

5000 yıl önce, ateşin ve alevin parıltıları arasında yaratılan camlar, tarih boyunca en uzun süre hem günlük hayatta kullanılan, hem sanat açısından büyük ilgi gören hem de koleksiyonu yapılabilen endüstri ürünlerinden birisi olagelmıştır. (Küçükerman, 1998)

Anadolu topraklarında camın kullanımına baktığımızda bulunan en eski cam örnekleri M.Ö. 1600'lü yıllara dayanmaktadır ve bu topraklarda yaşamış her medeniyet bu sanatın gelişimine katkıda bulunmuştur. Önceleri sadece küçük biçimler üretilmiştir. Taş ve toprak boncuklar üzerine kaplanan camlar daha sonra bardak, sürahi gibi fonksiyonel ürünlerde ve çoğunlukla mimari eserlerde ışık unsuru olarak kullanılmıştır.

Cam yapımında ilk günlerinden bu yana çok pahalı bir üretim teknolojisi kullanılmaktadır. Bu nedenle camcılık 19. Yüzyıla kadar, bütün devletlerin, sarayların özel olarak desteklediği bir tür 'prestij teknolojisi' olarak gelişmiştir. Bu desteğin sonunda çıkan özel ürünler de, o gücün kimliğini yansıtmaktadır. (Küçükerman,1998)

Osmanlı İmparatorluğu döneminde çeşitli tarihlerde cam üretilmesi için çok sayıda sanayi düzenlemelerinin yapılmış olduğu belgelerden izlenmektedir.

19. Yüzyıla gelindiğinde III. Selim'in girişimiyle bu zamana kadar Tekfur Sarayı çevresinde konumlanan cam atölyelerinin yanı sıra Beykoz'da yepyeni bir camcılık başlatıldı. Beykoz'da kurulan ilk cam fabrikasından çıkan bugün birer 'el ustalığı eseri olarak kabul ettiğimiz 'Beykoz Camları' gerçekte dönemin en ileri sanayi kuruluşları arasındaki uluslararası rekabet yarışının ürünleridir. Beykoz bölgesinde geliştirilen camcılık hemen hemen hiç kesilmeden sürdürülmüş ve bir anlamda, günümüzün Türk cam sanayiinin de içinden yeşerdiği bir ortamı oluşturmuştur. (Küçükerman,1998)



**Resim 1. Beykoz Camı Örnekleri**



### ***Paşabahçe Şişe ve Cam Fabrikasının Kuruluşu***

Türkiye Cumhuriyeti ile birlikte Türk cam sanayiinin en önemli adımı yine eski camcılık merkezi olan Beykoz'da atılmıştır. 1934 yılında Bakanlar Kurulu kararı ile cam sanayiinin kuruluş görevi İş Bankasına verilmiştir ve 14 Ağustos 1934 yılında fabrikasının temeli dönemin başbakanı İsmet Paşa tarafından atılmıştır. Camcılık geleneğinin beşiği olması, deniz kenarında bulunmasının lojistik avantajları ve İstanbul gibi büyük bir pazara yakınlığı nedeniyle Paşabahçe semti seçilmiştir. (Kuban, 1999)

29 Temmuz 1935 Cuma günü temel atma töreninden 16 ay sonra Paşabahçe Cam fabrikası parlak bir törenle açılmıştır. Fabrikada hem otomatik makineler kullanılmakta hem de el üretimi yapılmaktadır. O günlerin en temel cam ürünleri ise, çeşitli şişeler, mürekkep hokkası takımları, renkli limonluklar, çeşitli kadehler ve zeytinyağı şişeleridir.



***Resim 2. Temel Atma Töreni***



***Resim 3. Fabrikanın Genel Görünüşü***

Mustafa Kemal Atatürk ilk kez 27 Mayıs 1935 günü Paşabahçe Şişe ve Cam Fabrikasını ziyaret etmiştir. Dönemin Umum Müdürü Adnan Berkay bu anısını şöyle anlatmaktadır:

“...Deha ve enerji fişkıran nazarları ile yapılmakta olan işleri tetkik ettikten sonra bana hitaben: ‘Adnan Bey bu fabrikada kesme kristal cam da yapılacak mı سوالını tevcih buyurdular. Ben fabrika tesisatı meyânında kristal cam imaline mahsus tertibatın bulunmadığını, ilk merhalede kristal imalatının müşkülâtını, böyle bir fabrikasyonun ileride ele alınmasının düşünöldüğünü izaha çalışırken, müşfik fakat itiraz kabul etmeyen kat’i bir sesle: ‘Ben bundan böyle soframda kendi fabrikamızın kristal bardaklarını kullanmayı isterdim. Yapılabilir ise, memnun kalırım’ emrini verdiler. Bu direktif bizim için ikinci bir enerji kaynağı oldu. Geceyi gündüze katarak kristal cam imaline lüzumlu tertibatı kısa bir zamanda fabrikaya ilave ettik. Mübarek Ata’mız için ‘KA’ inisyalini taşıyan kesme ve oymalı kristal bardakları Çankaya’ya gönderirken heyecandan kalbim duracak gibiydi.” (Küçükerman,1998)



**Resim 4. M.K.Atatürk'ün fabrikayı ziyareti**



**Resim 5. Atatürk için üretilen kristal ürünler**

Kuruluşundan itibaren Şişecam'ın ve dolayısıyla Paşabahçe'nin tarihsel gelişimi 4 evrede incelenebilir:

- 1) 1934-1960: Kuruluş ve olgunlaşma dönemi
- 2) 1960-1990: Teknolojiye hakimiyet, ürün çeşitlendirme ve uluslararası pazarlara hakimiyet
- 3) 1990-2000: Büyük yatırımlar, dev ölçekler ve yeniden yapılanma dönemi
- 4) 2000- : Bölgesel liderlik ve global vizyon

### **1934-1960: Kuruluş ve olgunlaşma dönemi**

Kuruluştan sonraki 25 yılda Paşabahçe'de var olma, üretimi öğrenme ve verimliliği artırma çalışmaları devam etmiştir. Fakat bu çalışmalar içinde tasarım yer almamaktadır.

Küçükerman (1998) kuruluş sırasında orada bulunan bir cam ustasının anlattıkları sayesinde fabrikada üretilen ilk ürünleri şöyle sıralamıştır: çay bardağı, su bardağı, gaz lambası, gemici feneri camı, sürahiler, küçük ilaç şişeleri, galonlar, pres çay tabağı, küllük, yemişlik ve ayaklı yemişlikler.

Aynı cam ustasının anlattıklarına dayanarak Paşabahçe fabrikasının Perşembe Pazarı'nda bir satış yeri bulunduğunu yazan Küçükerman (1998), bir kuryenin her sabah vapuruyla fabrikaya liste getirdiğini, akşam olunca da geri döndüğünü belirtmiştir. 1957 yılına gelindiğinde ise Şişecam'ın bir Paşabahçe fabrikası, bir de Beyoğlu'nda Zeki Müren'den kiralanan küçük bir dükkânda açılan mağazası vardır.



**Resim 6, 7. Bu döneme ait üretim resimleri ve bir ilan tasarımı**

1960-1990:Teknolojiye hakimiyet, ürün çeşitlendirme ve uluslararası pazarlara hakimiyet. Bu dönemin ilk büyük gelişmesi Paşabahçe'nin 150.000 Dolar'lık ilk ihracatını 1960 yılında Amerika Birleşik Devletleri'ne yapmasıdır.

1970'li yıllara gelindiğinde tasarım konusu ilk kez gündeme gelmiştir. Paşabahçe'de ürün tasarımının gelişimi ülkemizdeki endüstri ürünleri tasarımı olgusunun gelişimi ile paralellik gösterir. 70'li yıllara gelene kadar kopya ürünlerin üretiminin kolay olması, rekabetin olmaması ve ne üretilirse satılacağı düşüncesiyle tasarım kavramı gelişmemiştir.

1972 yılında Lizbon'da Ulusal Cam Sanayii tarafından düzenlenen 'uluslararası El yapımı Cam sergisi Türkiye Şişe ve Cam Fabrikalarını da davet eder. Ancak, fabrikada Türk cam sanayisi adına yer alabilecek yeni ürün tasarımı yapılmadığı, sadece eski ürünlerin büyük bir ustalıkla üretilmekte olduğu görülür. Bunun üzerine dönemin Genel Müdürü Şahap Kocatopçu'nun girişimiyle Güzel Sanatlar Akademisi'ne başvurulur. Akademi'den ressam Bedri Rahmi Eyüboğlu, heykeltıraş Zühtü Müridoğlu ve asistan Önder Küçükerman'ın isimleri verilir. Tasarım çalışmaları ve deneme üretimi sonrasında seçilen ürünler ve Lizbon'a gönderilir. Fuar kataloğunda Türkiye Şişe ve Cam Fabrikaları'nın ustaları Yusuf Görmüş, Remzi Köklü'nün ürünleri; tezyinat ustaları Amiran Yaylacı, Nuriye Ağar'ın tabağı ile Önder Küçükerman'ın yeni ürün tasarımları yer alır.

Bu girişimin sonucunda Paşabahçe Cam fabrikası için özel olarak tasarlanmış ilk ürünler elde edilmiş olur. Bu başlangıç yurt dışında rekabete girebilmenin öncelikle kendi cam tasarımlarına sahip olmayı gerektirdiğini ortaya çıkarır. Yine 1970'li yıllarda yeni ürün tasarımları Şişecam dergisinde 'Paşabahçe'den yeni tasarımlar' başlığı altında yayınlanmaya başlar.

1976 yılında Şişecam Araştırma Merkezi kurulur.

1983 yılında üç kadın tasarımcıdan oluşan Paşabahçe'nin ilk kadrolu tasarım ekibi Pazarlama Müdürlüğü'nün altında kurulur.



Resim 7. Ö. Küçükerman tasarımı Bahar Dalı serisi

Resim 8. Ö. Küçükerman tasarımı Lizbon Fuarı Ürünleri

### 1934-1960: Kuruluş ve olgunlaşma dönemi

Paşabahçe Cam Sanayii ve Ticaret A.Ş. 'Yeni Ufuklar' projesi kapsamında 'Tasarım Müdürlüğü' kuruldu. İhracat bazlı yenilik dönemi başladı. Bu kapsamda yabancı tasarımcılar devreye alınarak pazar özelliğine göre tasarım yapma fikri doğdu. Bu dönemde ürün, desen, ambalaj, fuar ve kataloglar için tasarım çalışmaları yapıldı.

### 2000- : Bölgesel liderlik ve global vizyon

Tasarım ekibi, Şişecam Bilim Teknoloji ve Tasarım Merkezi çatısı altında, Tasarım Müdürü Emre Bozbeyli yönetiminde çalışmalarını sürdürmektedir. Ekip içinde Paşabahçe ve Nude markaları için otomatik ve/veya el imalatı yeni ürün tasarım çalışmalarının yanı sıra desenli ürünler, aksesuarlı ürünler, dış tasarımcı projeleri, prototip çalışmaları ve ambalaj tasarımları yürütülmektedir.

Ürün tasarım süreci Pazar ve trend araştırmaları ile başlamaktadır. İlgili kaynaklardan yapılan analizler ve ortaya çıkan moodboardlarla beyin fırtınası ve eskiz süreci başlar. Onlarca alternatif arasından seçilen tasarımlar için 2D,3D çizimler, render ve prototip çalışmaları yapılır. Deneme üretimin ardından onaylanan tasarımlarlar tescillenir. Grafik tasarım ve ambalaj tasarım çalışmalarının tamamlanması ile de rafta yerini alır. Desen ve aksesuar tasarımları için de küçük farklarla benzer süreçler işlemektedir.



Günümüzde Paşabahçe tasarımlarıyla sektörde fark yaratmaktadır ve son beş yılda birçok önemli uluslararası tasarım ödülüne sahip olmuştur. Özellikle 2014 yılında lanse edilen Nude markası 'Şişecam'ın global tasarım markası' mottosu ile çıkmıştır. Bu motto göstermektedir ki, Nude ürünlerinde vurgu yapılan özellikler camın rengi, kalitesi, inceliği vs olmaktan fazlasıdır; Şişecam artık dünya ile tasarım konuşmaktadır. Bu bağlamda, tasarım Şişecam'ın gelecek vizyonunda önemli bir yer tutmaktadır. Tasarımın Ar-Ge ile birleşmesiyle de tasarım çalışmalarına inovatif bir yaklaşımla güçlenerek devam etmektedir.

### **Kaynaklar**

- [1] Küçükerman, Ö.1998. İstanbul'da 500 yıllık Sanayi Yarışı Türk Cam Sanayii ve Şişecam. Türkiye Şişe ve Cam Fabrikaları A.Ş., İstanbul.
- [2] Kuban, B. 1999. Cam Sektörü ve Şişecam, O. Baydar (Der.) 75 Yılda Çarklardan Çiplere içinde , Türkiye Ekonomik ve Toplumsal Tarih Vakfı, İstanbul, s.2017-227.
- [3] Er, H.A., 2006, Tasarımı Türkiye'de Türkiye İçin Tartışmak - 3. Ulusal Tasarım Kongresi Bildiri Kitabı içinde, İstanbul Teknik Üniversitesi, s.19.
- [4] Standard, 2007. Cumhuriyet Kuşaklarının Ortak Gururu Şişecam: Doğan Arıkan ile Röportaj. Standard Ekonomik ve Teknik Dergi. 45,546, s19-28
- [5] Esi, E., 2011. Türk Cam Sanayisinde Paşabağçe'nin Yeri, Firmada Tasarım Çalışmalarının Başlangıcı ve Bugünü, İTÜ Endüstri Ürünleri Tasarımı Bölümü, Yüksek lisans tezi.

**Cem Kincal, Umut Kamber, Oğuzhan Gürlü**

İstanbul Teknik Üniversitesi, Fizik Mühendisliği Bölümü  
kincalcem@gmail.com, umutkamber@gmail.com, gurlu@itu.edu.tr

Salon  
C-109  
11:00-11:20

## GRAFEN TABANLI TRANSPARAN ISITICILAR

### *Biyografi*

İzmir doğumlu Cem Kincal 2015 yılında İstanbul Teknik Üniversitesi Fizik Mühendisliği bölümünden mezun olmuştur. Yüksek lisansını yine aynı bölümde "Investigation of Swift Heavy Ion Irradiated Graphitic Surfaces and Novel Graphene Based Devices" başlıklı tezi ile 2017'de tamamlamıştır. 2018 yılında başladığı İstanbul Teknik Üniversitesi Malzeme Bilimi ve Mühendisliği doktora programında öğrenimine devam etmektedir. Yüksek lisansı esnasında iki farklı Tübitak projesinde araştırmacı olarak çalışan Cem'in çalışma konuları arasında; grafen üretimi, karakterizasyonu ve uygulamaları, taramalı uç mikroskopisi, manyetik malzeme üretimi ve karakterizasyonu yer almaktadır.

### *Özet*

Son yıllarda popülerlik kazanan transparan ısıtıcı yüzey kaplamalarının, araç camları, periskoplar ve güneş panelleri gibi bir çok uygulamada buğu ve buzlanma problemlerinin çözümünde kullanılabilirliği gösterilmiştir. Yüksek verim, geniş boyut ve düşük maliyete sahip saydam ısıtıcı kaplamaların geliştirilmesi ve cam üzerine uygulanabilirliği gösterildiği takdirde, bu kaplamaların bina ısıtma uygulamalarında dahi kullanılabilmesi söz konusudur. Mevcut kaplamaların zorlu üretim yöntemleri ve düşük performansları alternatif transparan ısıtıcı kaplama arayışına neden olmuştur. Grafitin tek atom kalınlığındaki katmanı olan grafen, 2010'da Nobel Fizik ödülünü kazanmış ve dünya çapında popüler bir malzeme haline gelmiştir. Grafenin üstün elektriksel özellikleri, yüksek görünür bölge ışık geçirgenliği ve uzun vadede üretim maliyetinin düşmesinin beklenmesi onu mevcut transparan ısıtıcı kaplamalara güçlü bir alternatif konumuna getirmektedir.

Bu çalışmada grafen, CVD yöntemi ile bakır folyolar üzerinde büyütülerek kuvars ve cam plakalar üzerine aktarılıp transparan ısıtma elemanları yapımı çalışılmıştır. Grafen aktarma prosedürü olarak ıslak kimyasal yöntem kullanılmış ve amacımıza göre geliştirilmiştir. Karakterizasyon sonuçlarımız bakır üzerinde büyütülen grafen filmlerinin tek bir katman grafen üzerinde çok katmanlı grafen adacıklar şeklinde olduğu bilgisini vermektedir. Ayrıca büyütülen grafen filmlerinde nokta ve ağaçsı yapılar kusurlar görülmüş ve bu kusurların kontrol edilebilmesi çalışılmıştır. Cam ve kuvars üzerine aktarılmış grafen filmleri ısıtma deneyi sonuçlarımız; üzerinden akım geçirilen kuvars üzerindeki grafen transparan ısıtma elemanlarının yüksek sıcaklıklara (350 C'ye kadar) düşük güç tüketimiyle çıkabildiğini göstermiştir. Bu sunumda, grafenin CVD ile bakır üzerinde büyütülmesinden transparan ısıtma elemanı haline gelişine kadarki yolculuğu anlatılacak ve CVD proses parametrelerinin grafenin ısıtma performansına etkisi tartışılacaktır.

**Anahtar Kelimeler:** *Kaplama, CVD, Grafen, Transparan Elektrot, Transparan Isıtıcı*

Hürriyet Yüce, Tuğrul Güner, Sinan Balcı, M. Mustafa Demir

İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü, Fizik Bölümü

hurriyetyuce@iyte.edu.tr, tugrulguner@iyte.edu.tr, sinanbalci@iyte.edu.tr,

mdemir@iyte.edu.tr

Salon  
C-109  
11:20-11:40

## FOSFOR (YAG:CE) TABAKASINA EKLENEN FARKLI YAPILARDAKİ CAMSI PARÇACIKLARIN FOSFOR DÖNÜŞÜMLÜ BEYAZ LED'LERİN VERİMİ ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ

### Biyografi

Hürriyet Yüce lisans derecesini 2011 yılında Balıkesir Üniversitesi Fizik bölümünden almıştır. Yüksek lisansını 2015 yılında İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü Fizik Bölümünden tamamlamış olup, Malzeme Bilimi ve Mühendisliği Bölümünün doktora programında "Polimerik Sistemler ve İnorganik Optik Elemanların Potansiyel Uygulamaları" tez başlığı ile araştırmalarına devam etmektedir.

### Özet

Yeni nesil katı hal aydınlatması için, fosfor dönüşümlü beyaz LED'ler (pc-wLED'ler) yüksek verimleri, düşük güç tüketimi ve uzun ömürleri nedeniyle araştırmacıların büyük ölçüde ilgisini çekmiştir. Beyaz ışık yayan LED (WLED)'ler, genel aydınlatma, medikal ürünler ve otomotiv aydınlatması gibi günlük yaşamımızın birçok alanında yaygın olarak kullanılmaktadır [1]. Fosfor teknolojilerini kullanarak iki farklı şekilde beyaz ışık elde edilebilmektedir. İlk olarak UV LED kullanımıyla kırmızı, yeşil ve mavi fosforlar kullanılır ve buradan yayılan kırmızı, yeşil ve mavi ışıkların karışımı beyaz ışığın oluşmasına sebep olur. İkincisi olarak, UV LED'e oranla ekonomik açıdan daha uygun olan mavi LED ve sarı fosfor kullanılır. Bu yapıda, mavi ışık ve sarı fosfordan yayılan sarı ışığın birleşimi beyaz ışık oluşturur. Bu çalışmada, fosfor dönüşümlü beyaz LED uygulamalarına dayanan beyaz ışığın verimini arttırmak için yeni rotalar geliştirdik. Burada cam balon, cam bilye ve SiO<sub>2</sub> tozu olan camsi parçacıkları YAG: Ce<sup>3+</sup> (sarı fosfor) malzemesine ekleyerek gönderilen ışığın fosfor örnekleri içinde daha fazla saçılmasıyla beyaz ışığın kalitesinin artırılması hedeflenmiştir. İlk olarak camsi parçacıkların hacim oranları değiştirilerek üretilen örneklerin farklı kalınlıklardaki optik özellikleri incelenmiştir. Üretilen örneklerin morfolojik yapılarını incelemek için SEM analizleri yapılmıştır. Hazırlanan her örnek için fotolüminesans (PL) spektrumları alınmış ve lümen - ışık verimi haritası belirlenmiştir. Ayrıca, örneklerin gönderilen akıma bağlı olarak CRI, CCT, lümen ve ışık verimi incelenmiştir. Cam parçacıklarının YAG: Ce<sup>3+</sup> yapısına ilave edilmesinin, ışık veriminde bir artışa yol açtığı gözlenmiştir. Bu sonuçlar, FDTD Lumerical simülasyon programı kullanılarak malzeme içindeki elektrik alan dağılımının hesaplanmasıyla desteklenmiştir.

**Kaynak:** 1. Yu, S., et al., *Photonics Research*, 2018. 6(2): p. 90-98.

**Anahtar Kelimeler:** YAG:Ce, Beyaz Işık, LED



**Neşe Güngör, Mustafa Aevli**

Marmara Üniversitesi, Fizik Bölümü

gungornese@yahoo.com, mustafaalevli@marmara.edu.tr

Salon  
C-109  
11:40-12:00

# OYUK KATOT PLAZMA DESTEKLİ ATOMİK KATMAN BİRİKTİRME YÖNTEMİ İLE SAFİR ÜZERİNE BÜYÜTÜLEN GaN'IN RAMAN SAÇILMA ÖZELLİKLERİ

## **Biyografi**

1987 yılında Kars'ta doğdu. 2010 yılında Selçuk Üniversitesi, Fizik öğretmenliği bölümünden mezun olmuştur. Aynı yıl Marmara Üniversitesi Fizik bölümünde yüksek lisans eğitimine başladı ve 2013 yılında mezun oldu. 2013 yılında yine Marmara Üniversitesi, Fizik bölümünde doktora eğitimine başladı. Halen doktora eğitiminin tez aşamasında çalışmalarına devam etmektedir. Hem yüksek lisans, hem de doktora eğitimi sırasında yurtiçi lisansüstü bursiyeri olarak TÜBİTAK-BİDEB tarafından desteklenmiştir. Çalışma alanları içerisinde, grup III nitrürlerden olan GaN, AlN ve InN ikili ve çoklu bileşiklerin yapısal, optik özelliklerinin belirlenmesi bulunmaktadır. Bu konu ile ilgili makaleleri, yurtiçi ve yurtdışında sunulan bildirileri ve posterleri bulunmaktadır.

## **Özet**

Bu çalışmada, film kalınlığının, oyuk katot plazma destekli atomik katman biriktirme yöntemi ile safir üzerine büyütülen GaN ince filminin Raman saçılma özelliklerine etkileri incelenecektir. Kalınlıkları 6.02-87.71 nm aralığında değişen GaN katmanları (0001) yönelimli safir alttaşı üzerine düşük sıcaklıkta (200 °C) büyütülmüştür. Büyütme işleminde, trimetilgalyum ve amonyak, sırasıyla galyum ve nitrojen öncülü olarak kullanılmıştır. Raman ve Kızılötesi spektroskopik elipsometri (IRSE) dataları sırasıyla iki dizi denklem serisi ve Lorentz osilatör fonksiyonu ile analiz edilerek, filmlerin kalitesi, gerilimi ve optik özellikleri elde edilmiştir. Raman ve IRSE spektrum analizi ile elde edilen optik fonon modları, bu katmanların saf altigen fazlardan ve fonon modlarının kalınlıkla hafifçe değiştiğini göstermektedir. 19.32 nm film haricinde GaN ince filmlerinin E2high modunun yüksek dalga sayısını değerini verdiği gözlenmiştir. Fonon modunun yüksek dalga sayısına doğru kayması sıkıştırma stresi ile açıklanır. Sıkıştırma stresinin varlığı, GaN /safir hetero yapısındaki ısıl genleşme katsayıları arasındaki farktan kaynaklanan termal gerilmeyi göstermektedir. Buna ek olarak, E2high fonon modunun FWHM'si artan film kalınlıkları ile artmaktadır. Ayrıca, serbest taşıyıcı ve A1(LO) değerlerinin artan film kalınlıkları ile arttığı ve A1(LO) değerlerinin gerilimsiz GaN'ye göre düşük dalga sayısına doğru kaydığını gözlenmiştir. Genel olarak, elde edilen sonuçlar 19.32 ve 52.73 nm kalınlıklarına sahip GaN filmlerinin diğer GaN ince filmlerden daha gerilimsiz olduğunu gösterdi. Bu sonuçlar, düşük sıcaklıklarda yüksek kaliteli epitaksiyal GaN filmlerinin büyüme kontrolü için önemlidir ve gelecekte grup III nitrür cihazlarının düşük sıcaklıklarda üretilmesi için bir yol açacaktır.

**Anahtar Kelimeler:** GaN, Raman Spektroskopisi, Kızılötesi Elipsometri, Atomik Katman Kaplama

Zürbiye Çapku, Dr. Perihan Aksu, Alperen Boncuk, Doç. Dr. Fikret Yıldız  
Gebze Technical University, Physical Department  
z.capku@gtu.edu.tr, paksugtu.edu.tr, fyildiz@gtu.edu.tr

Salon  
C-109  
12:00-12:20

## INVESTIGATING STRUCTURAL PROPERTIES OF YTTRIUM IRON GARNET FILMS DEPENDING ON GROWTH PARAMETERS

### *Biography*

Zürbiye Çapku graduated from physics teacher education department, Marmara University in 2010. She completed her master education in physics, Bogazici University in 2014. She is currently a Ph.D student in Boğaziçi University and a research assistant at Gebze Technical University.

### *Abstract*

Yttrium iron garnet (YIG-Y<sub>3</sub>Fe<sub>5</sub>O<sub>12</sub>) is one of the most important ferromagnetic materials for microwave devices (tunablings, isolators, phase shifters, etc.), acoustic, optical, and magneto-optical applications. It has the narrowest known linewidth of ferromagnetic resonance (FMR) in microwave region. Intrinsically low magnetic (spin-wave) damping and other essential electromagnetic properties; including tunable saturation magnetization, good temperature and chemical resistance have attracted much interest in spin-related phenomena such as spin pumping and spin Seebeck effect and especially in microwave device applications. Thus it is important to have an accurate structural and magnetic characterization of YIG thin films.

In this work, YIG films were prepared by Pulsed Laser Deposition (PLD) which is a technique to obtain high-quality ferrite films for microwave device applications on naturally oxidized Si (100) substrates. The growth conditions were optimized by adjusting laser power, oxygen partial pressure and thermal treatment parameters. The effect of laser power and post annealing temperature on the magnetic properties of the films deposited at substrate temperature (T<sub>s</sub>) of 400°C were investigated by Ferromagnetic Resonance (FMR) technique. Composition, stoichiometry and chemical state of the films were analyzed by X-ray Photoelectron Spectroscopy (XPS) technique. Crystal structure of the YIG films depending on thickness, annealing temperature and laser power was also characterized by XRD analysis. The effects of laser energies and temperature on growth rate and crystal structure of thin films were successfully explored. XRD measurement revealed that YIG film is of homogeneous garnet phase structure. The FMR spectra performed out of plane at 9, 5 GHz yielded the magnetic anisotropy exist due to the demagnetization field.

**Keywords:** *Yttrium Iron Garnet, PLD Technique, Magnetic Thin Films, Magnetic Anisotropy*

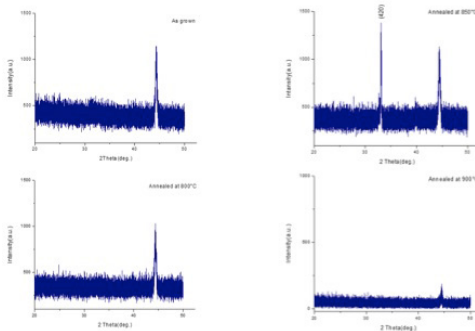
## 1. INTRODUCTION

Yttrium iron garnet (YIG-Y3Fe5O12) is one of the most important ferromagnetic insulator materials for microwave devices, acoustic, optical and magneto-optical applications [1]. It has the narrowest known linewidth of ferromagnetic resonance (FMR) in microwave region [2]. Intrinsically low magnetic (spin-wave) damping (10-5) gives rise to extremely low losses as a resonant element in filtering [3] and other essential electromagnetic properties; including tuneable saturation magnetization, good temperature and chemical resistance have attracted much interest in spin-related phenomena such as spin pumping, spin Seebeck effect and especially in microwave device applications (microwave filters, delay lines etc.), magneto-optical transparencies, deflectors, optical insulators, read heads. We prepared YIG films on Si (100) substrates by PLD which is a technique to obtain high-quality ferrite films for microwave device applications and studied the effect of annealing temperature after deposition on the crystallization of the yttrium - iron garnet film. The magnetic properties of the YIG films were studied at room temperature by FMR technique. The effect of post annealing temperature on the magnetic properties of the films deposited at substrate temperature (Ts) of 400°C were explored.

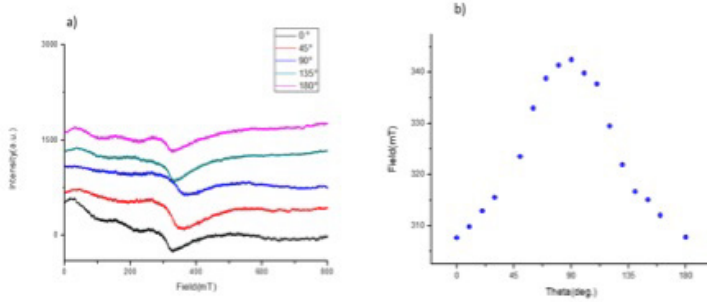
## 2. METHODS

PLD (a KrF excimer laser 248nm) was used to obtain the desired YIG film stoichiometry in that adjustment of the oxygen vacancy, deposition temperature and epitaxial growth were systematically controlled. Films were fabricated using laser energy of 170mJ at 10 Hz in oxygen atmosphere of 10<sup>-5</sup> mbar at the substrate temperatures of 400°C. After deposition the films were cooled to room temperature and annealed in air atmosphere at a range of 800°C, 850°C and 900°C for 3 hours.

## 3. STRUCTURAL AND MAGNETIC CHARACTERIZATION



**Figure 1. XRD patterns for YIG thin film deposited on Si substrate at 400 °C and post annealed at different temperatures**



**Figure 2. FMR absorption spectra of YIG film for different angles at 9.5 GHz with magnetic field (H) applied perpendicular directions to the film plane. b) Angular dependence of the resonance field.**

## 4 RESULTS

The film thickness was measured by X Ray Reflection (XRR) method (15nm). The crystal structures of the as-prepared and annealed YIG films were studied using XRD. We observed stronger and sharper peak when the annealing temperature was increased. XRD patterns of the annealed films at a range of different temperatures reveals that annealing leads to high quality crystallization of YIG films. XRD measurement shows the most intense peak of YIG film (420) at 850°C in Figure 1. FMR was performed at 9.5 GHz with magnetic field (H) applied perpendicular direction to the film plane in Figure 2. Single resonance mode was observed in the out of plane FMR spectra. The resonance peak shifted towards the higher magnetic field which refers to the in plane magnetic anisotropy existed due to the demagnetization field.

## 5 CONCLUSIONS

We investigated the phase formation, crystallization and magnetic properties of YIG thin films prepared by PLD. Growth of YIG on a silicon substrate is difficult due to the lattice mismatch. We optimized the growth parameters and saw that XRD patterns of the annealed films at 850°C for 3 hours lead to sharper and stronger peak at (420) crystal plane. We conclude that a post deposition annealing process is required to obtain proper crystal structure of the YIG film.

## 6 REFERENCES

- [1] B. Bhoi et al. 2013. FMR and Magnetic Studies on Polycrystalline YIG Thin Films Deposited Using Pulsed Laser. *IEEE Transactions on Magnetics* 49(3).
- [2] A.J. Princep et al. 2017. The full magnon spectrum of yttrium iron garnet. *Nature* 63.
- [3] Carter P.S. 1961. Magnetically Tunable Microwave Filters Using Single Crystal Yttrium Iron Garnet Resonators. *IEEE Transactions on Microwave Theory and Applications* 252-260

Yenal Yalçinkaya, Hürriyet Yüce, Gökhan Topçu,  
Tuğrul Güner, M. Mustafa Demir

İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü, Malzeme Bilimi ve Mühendisliği  
yenalyalcinkaya@iyte.edu.tr, hurriyetyuce@iyte.edu.tr, gokhantopcu@iyte.edu.tr,  
tugruguner@iyte.edu.tr, mdemir@iyte.edu.tr

Salon  
c-109  
12:20-12:40

## PEROVSKİT TABANLI BEYAZ LED ÜRETİMİ VE KARAKTERİZASYONU

### Biyografi

Yenal Yalçinkaya, lisans derecesini 2015 yılında Kocaeli Üniversitesi Metalurji ve Malzeme Mühendisliği bölümünden almıştır. Yüksek lisans derecesini 2018 yılında Gebze Teknik Üniversitesi Malzeme Bilimi ve Mühendisliği bölümünden "Anataz Fazının Titanyum Diskler Üzerinde Hidrotermal İşleme Büyütülmesi" tez başlığı ile almış olup, doktora çalışmalarına İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü Malzeme Bilimi ve Mühendisliği bölümünde devam etmektedir.

### Özet

Halit perovskitler,  $ABX_3$  kristal yapısına sahip kristallerdir (A: organik ya da inorganik katyon, B: divalent metal katyon, ve X: halit anyonu (Br<sup>-</sup>, I<sup>-</sup>, Cl<sup>-</sup>)). Son zamanlarda tek başına perovskit oluşturabildiği rapor edilen katyonlar: metilamonyum (MA), formaminyum (FA) ve sezyumdur [1]. Goldschmidt tolerans faktörünün  $0,8 < t < 1,0$  aralığında sağlandığı durumlarda 3-D perovskit yapısının oluşumu için daha iyi olduğu gözlenmiştir. Morötesi ve kızılötesi arasında kolayca değiştirilebilen dar dağılımlı fotoluminesansları (PL), dar bant aralıkları ve kolay sentezlenebilirlikleri sebebiyle kurşun halit perovskiteler son zamanlarda en fazla çalışılan yarıiletken malzemeler arasındadırlar. Kolloid nanokristallerin çözeltide kolaylıkla sentezlenebilmeleri sebebiyle spin-coating gibi yöntemlerle, cihaz uygulamalarında hızlı ve kolay üretime imkan tanımaktadır. Ancak perovskitlerin sıcaklık, nem ve organik solvent ortamındaki kararsızlıkları araştırmacıları bu malzemelerin kararlılıklarını artırmaya yöneltmiştir. Kararlılığı artırmak için; katkılama yapmak, polimer ve kararlı seramik malzemeler ile nanokompozit oluşturmak gibi yollar izlenmiştir.

Bu çalışmada perovskitler, mavi LED ile kombine edilerek beyaz ışık eldesinde kullanılmış olup karakterize edilmiştir. Aynı zamanda,  $ABX_3/SiO_2$  nanokompozitlerinde  $SiO_2$ 'nin kurşun halit perovskitin optik özelliklerine ve kararlılıklarına etkisi incelenmiştir. Bu çalışmalar beyaz ışık LED uygulamaları için büyük önem taşımaktadır.

[1] C. C. Stoumpos, M. G. Kanatzidis, *Accounts Chem. Res.* 2015, 48, 2791.

**Anahtar Kelimeler:** Halit perovskit,  $SiO_2$  kaplama, Nanokompozit, LED

**Prof. Dr. Arcan F. Dericioğlu**

Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü  
arcan@metu.edu.tr

Salon  
C-109  
14:00-14:20

## DOĞADAN ESİNLENİLMİŞ SİLİKA BAZLI İNOVATİF KOMPOZİTLER

### *Biyografi*

Prof. Dr. Arcan F. Dericioğlu, doktora derecesini Tokyo Üniversitesi'nden Malzeme Bilimi dalında "Fiber Takviyeli Seramik Matrisli Işık Geçiren Kompozitlerin Optik ve Mekanik Özellikleri" başlıklı tezi ile almıştır (2002). Takiben, 2002-2003 yıllarında Tokyo Üniversitesi, Endüstri Bilimleri Enstitüsü'nde Doktora Sonrası Araştırmacı olarak "Elektromanyetik Parazit Engelleme Kompozitleri" ve "Termal Bariyer Kaplamalarında Hasar Tespiti ve Değerlendirilmesi" projelerinde yer almıştır. Dr. Dericioğlu daha sonra Japonya'da Ulusal Malzeme Bilimi Enstitüsüne katılmış ve burada 2003-2005 yılları arasında "Nanoyapılı Çok Katlı Kompozitlerin Geliştirilmesi" adlı projesinde baş araştırmacı olarak çalışmıştır. 2005 yılında Orta Doğu Teknik Üniversitesi Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü bünyesine öğretim üyesi olarak katılan Dr. Dericioğlu, 2015-2017 yılları arasında Massachusetts Üniversitesi Lowell'da misafir öğretim üyesi olarak da çalışmıştır. Dr. Dericioğlu, 2016 yılından bu yana Orta Doğu Teknik Üniversitesi Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü'nde profesör olarak görev yapmaktadır. Şu anda vermekte olduğu bazı dersler, Malzeme Bilimi ve Mühendisliği Temelleri, Fiziksel Metalurji, Faz Dönüşümleri, Metalografi ve Metallerin Isıl İşlemidir. Aktif araştırma konuları ise Metalik Malzemelerin Katmanlı İmalatı (3D Printing), Doğal ve Biyo-esinlenilmiş Kompozitler, Mikrodalga İşleme (Seramik ve Metaller), Seramik Matrisli Kompozitler, Fiber-Metal Lamineler ve Elektromanyetik Parazit Engelleme ve Radar Soğurucu Malzemeler/Kompozitlerdir.

### *Özet*

Elektronik ve optik cihazlar, sensörler ve MEMS gibi ileri mühendislik uygulamalarında kullanılan bileşenlerin mekanik güvenilirliği ve termal stabilitesi genel olarak bu uygulamaların fonksiyonel bütünlüğünü sınırlandırmaktadır. Bu sınırlama, sürekli artan performans gereksinimleri ile sınırlı hacimlerde ve yüksek sıcaklıklarda çalışan bileşen malzemelerin mekanik özelliklerinin iyileştirilmesiyle giderilebilir. Daha yüksek spesifik sertlik, mukavemet, kırılma tokluğu vb. ile mekanik olarak daha güvenilir malzemelerin elde edilmesine yönelik nihai hedefe doğru, bilim adamları ve mühendisler, doğal malzemeleri ilham kaynağı olarak kullanmaktadır. Doğal malzemeler üstün yapısal özelliklerinin yanı sıra sergiledikleri minyatürleştirme, uyumluluk ve çok işlevlilik gibi ileri nitelikleri sebebiyle de "biyo-esinlenmenin" temelini oluşturmaktadır. Doğal malzemelerin olağanüstü özellikleri, nanometre'den mikrometre ölçeğine kadar hiyerarşik bir düzen gösteren karmaşık tasarımlarının veya mimarilerinin bir sonucudur. Bu nedenle, bu özelliklerin arkasındaki fenomenleri tamamen çözmek ve benzer yapıları yapay olarak oluşturmak veya oluşum proseslerini "biyomimik" etmek için artan bir çaba vardır. Bu bağlamda, son yıllarda "biyomimetik" çalışmalar, sedif, ahşap, kemik ve sünger spikülleri gibi çeşitli doğal materyallere odaklanmıştır.

Bu sunumun ilk kısmı, silika bazlı doğal kompozit malzemelerin bazılarında mekanik özellik -mikro yapı ilişkisini anlama ve bu bilgiyi benzer özelliklere sahip mühendislik malzemeleri oluşturmak için genişletme çabalarımızı kapsayacaktır. Bu kapsamda, sünger spiküllerin (Euplectella Sünger) yapısal ve mekanik karakterizasyonu üzerine yaptığımız bir çalışmanın sonuçları sunulacaktır. Sunumun ikinci kısmında, sedef yapısına benzer bir mikro yapıya sahip cam pul takviyeli polimer matrisli, gelişmiş mekanik özelliklere sahip biyo-esinlenilmiş inovatif kompozit malzemelerin üretimi ve mekanik özelliklerini üzerine yaptığımız çalışmaların sonuçları yer alacaktır. Laboratuvarımızda geliştirdiğimiz bir yöntemle ürettiğimiz sedef mikro yapısına benzer lameller bir yapıya sahip cam pul takviyeli polimer matrisli kompozitlerin sergiledikleri geliştirilmiş mekanik özellikleri ve yüksek sıcaklık dayanım potansiyelleri ile otomotiv, savunma sanayi ve yapı sektöründe kullanım alanı bulabilecek biyo-esinlenilmiş yapısal kompozitler oldukları değerlendirilmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** *İnovatif, Kompozit Malzeme*

**Dr. Mehtap Özdemir Köklü, Yeşim Alduran,  
Prof. Dr. Gülnur Aygün, Prof. Dr. Lütfi Özyüzer**  
İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü, Fizik Bölümü  
mehtapkoklu@gmail.com, yesimalduran@iyte.edu.tr,  
gulnuraygun@iyte.edu.tr, lutfiozyuzer@iyte.edu.tr

Salon  
C-109  
14:20-14:40

# SODA CAMI ÜZERİNE METAL KATKILANMIŞ $TiO_2$ İNCE FİLMLEİN FOTOKATALİTİK ÖZELLİKLERİ: KENDİNİ TEMİZLEYEN VE YANSITMASIZ KAPLAMALAR

## *Biyografi*

Lisans eğitimi- Ege Üniversitesi Fizik Bölümü Yüksek Lisans - İzmir Yüksek Teknoloji - Malzeme Bilimi  
Doktora - Dokuz Eylül Üniversitesi - Metalurji ve Malzeme Mühendisliği. Şuan İzmir Yüksek Teknoloji Fizik  
bölümünde doktora sonrası araştırmacı olarak çalışmaktayım.

## *Özet*

Önemli bir inorganik bileşik olan  $TiO_2$ ; ekonomik oluşu, yüksek foto iletkenliği, kolay elde edilebilmesi, yüksek kırma indisi, geniş bant aralığı gibi özelliklerinden dolayı en çok kullanılan yarıiletken malzemelerden biridir. Bu özelliklerinden dolayı da yüksek sıcaklık gaz sensörleri, güneş hücreleri, lityum pillerinde anot olarak, anti bakteriyel olarak, kemik implantlarında biosensör ve biyoyumlu malzeme olarak kullanılmasının yanı sıra son zamanlarda  $TiO_2$ 'nin fotokatalitik özelliğinden de faydalanılmaktadır [1-3]. Fotokatalitik özellik, ultraviyole (UV) ışığın etkisi ile yüzeyde kuvvetli yükseltgen (oksiteleyici) ortam oluşturan bir yarı iletken olduğundan bu etkiye sahip malzemeler ışığı absorbe ederek yüksek enerjili bir hale getirir ve bu enerjiyi reaktif maddelere transfer ederek kimyasal tepkimeyi başlatır. Böylece içinde temas ettiği organik yapıyı parçalar.  $TiO_2$ 'nin fotoaktivitesini artırmak amacıyla içerisine Pt (Platinyum), Au (Altın), Ag (Gümüş), Ru (Rutenyum), V (Vanadyum) ve Mo (Molibden) gibi metaller ilave edilmiştir [4]. Bu elementler  $TiO_2$ 'nin bant aralığının değişmesi ve normal güneş ışığında da fonksiyonel olarak görevini yerine getirebilmesini sağlarlar. Bu çalışmada 77 nm kalınlığında  $TiO_2$  ince filmler vakumda miknatıssal saçırma yöntemi kullanılarak soda camları üzerine üretilmiştir. Üretilen camlar fotokatalitik özelliğini arttırmak için Ru ile katkılandırılmıştır. Üretilen filmlerin karakterizasyonu taramalı elektron mikroskobu (SEM), X-ışını kırınımı (XRD) ve X-ışını fotoelektron spektroskopisi (XPS) cihazları kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Ru katkılı  $TiO_2$  ince filmlerin fotokatalitik özellikleri UV/Vis spektrofotometre yardımıyla belirlenmiştir. Sonuçlar endüstriyel uygulamalar açısından irdelenerek sunulacaktır.

**Anahtar Kelimeler:**  $TiO_2$ , Fotokatalitik, Kendi Kendini Temizleyen Kaplamalar, Yansıtmasız Kaplamalar



Anıl Özen<sup>1</sup>, Melih Üstün<sup>1</sup>, Gökçer Ercan<sup>2</sup>, Aytaç Öztürk<sup>2</sup>,  
Seçil Erman<sup>3</sup>, Duygu Çemişkezek<sup>3</sup>, Sinan Ulcan<sup>4</sup>, Onur Yavaş<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Türkiye Şişe ve Cam Fabrikaları A.Ş. Bilim, Teknoloji ve Tasarım Merkezi

<sup>2</sup> Türkiye Şişe ve Cam Fabrikaları A.Ş. Düzcam Grubu,  
Trakya Cam Sanayii A.Ş. Trakya Fabrikası

<sup>3</sup> Türkiye Şişe ve Cam Fabrikaları A.Ş. Düzcam Grubu,  
Geliştirme Direktörlüğü

<sup>4</sup> Türkiye Şişe ve Cam Fabrikaları A.Ş. Düzcam Grubu,  
Müşteri Kalite Müdürlüğü

<sup>5</sup> Türkiye Şişe ve Cam Fabrikaları A.Ş. Düzcam Grubu,  
Pazarlama Grup Müdürlüğü

anozen@sisecam.com, melustun@sisecam.com, gokercan@sisecam.com,

aytozturk@sisecam.com, serman@sisecam.com, dcemiszek@sisecam.com,

ulcan@sisecam.com, oyavas@sisecam.com

Salon  
c-109  
14:40-15:00

## MİMARİDE YENİLİKÇİ BİR ÇÖZÜM: ŞİŞECAM TEMPERLENEBİLİR BOYALI CAM

### *Biyografi*

Anıl Özen, 2001 yılında Orta Doğu Teknik Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi Kimya Bölümü'nden mezun olmuştur. Aynı üniversitede, Prof. Dr. Levent Toppare ve Prof. Dr. Jale Hacıoğlu danışmanlığında "İletken Polimerler" üzerine yüksek lisans çalışmasını yürüterek 2002 yılında mezun olmuştur. 2002-2005 yılları arasında Şişecam Soda Sanayi A.Ş. Geliştirme Grup Müdürlüğü'nde çoğunlukla Kromsan ve Oxyvit Fabrikaları'na yönelik AR-GE projelerinde görev almıştır. 2005 yılından bu yana Şişecam Bilim ve Teknoloji Merkezi'nde "Sol-jel esaslı kaplamalar" ve "Yenilikçi boya uygulamaları" konularında araştırma çalışmalarına devam etmektedir.

### *Özet*

Boyalı düzcamlar ürünleri; bina dış cephelerinde, iç dekorasyon, duvar kaplamaları, ayraç ve paravanlar, mobilya, dolap ve sürgü kapakları gibi alanlarda kullanılmaktadır. Parapet camı olarak mimaride ve iç mekânlarda kullanılan temperli boyalı camları elde etmek için bayilerimiz ham camları kesim ve işleme süreçlerinin ardından kendi imkânları ile boyandıktan sonra temperlemekteydi. Başka bir deyişle boyaların temper öncesindeki işleme süreçlerine dayanımları yoktu. Bu kapsamda, temper öncesi nakliye ve işleme süreçlerine dayanıklı, Şişecam Düzcam ayna hatlarında perde kaplama yöntemiyle üretilerek Düzcam boyalı cam ailesine temperlenebilir yeni bir ürün eklenmesinin hedeflendiği tedarikçi işbirliği temelli bir proje yürütülmüştür. Projenin Ar-Ge süreçleri kapsamında temel olarak uygun boya formülasyonunun belirlenmesi üzerine çalışılmıştır.

- Boyanın inorganik bileşenleri olan frit ve pigmentlerin seçimi
- Boya bileşenlerinin tane boyutu dağılımlarının belirlenmesi
- Boyanın organik bileşeni olan reçine tipinin tespit edilmesi
- Solvent tipinin belirlenmesi
- Boyanın parlaklık seviyesinin artırılması için katkılanması

Tedarikçi işbirliği temelli proje çalışmaları sonucunda geliştirilen boya ile üretilen Şişecam Temperlenebilir Boyalı Cam sayesinde Şişecam tarafından üretilen boyalı camlar bayilerimizde başarılı bir şekilde kesilip işlendikten sonra temperlenebilir hale gelmiştir.

Böylelikle; Şişecam Düzcam boyalı cam ailesine temperlenebilir, dayanıklı, homojen, parlak görümlü, örtücülük gücü yüksek, çevre dostu bir boyalı cam kazandırılmıştır. Temperlenebilir olması sayesinde kullanım alanlarında güvenliği sağlayan ürünümüz, işlemeciler için ise ekonomik, stoklanabilir, işleme dayanımı yüksek, sürdürülebilir kaliteye sahip ve kolay tedarik edilebilen bir ürün oluşturulmuştur.

**Anahtar Kelimeler:** Cam, Temperlenebilir, Boya

**Türkey Yıldız, Dadal Arıburnu, Dr. Refika Budakoğlu,  
Dr. Aref Cevahir, Lukas Simurka**

Türkiye Şişe ve Cam Fabrikaları A.Ş. Bilim, Teknoloji ve Tasarım Merkezi  
tyildiz@sisecam.com, darıburnu@sisecam.com, rbudakoğlu@sisecam.com,  
ajavaheerian@sisecam.com, lsimurka@sisecam.com

Salon  
c-109  
15.00-15.20

# ULTRAHIZLI LAZER VE SOL-JEL UYGULAMASIYLA CAM YÜZEYİNE HİDROFOBİK VE SÜPERHİDROFOBİK ÖZELLİKLER KAZANDIRILMASI

## **Biyografi**

Türkey Yıldız 1984 yılında İstanbul'da doğmuştur. 2007 yılında Yıldız Teknik Üniversitesi Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü lisans eğitimini; 2011 yılında da Yıldız Teknik Üniversitesi Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü yüksek lisans eğitimini tamamlamış, Şubat 2012'den beri Şişecam Bilim ve Teknoloji Merkezi'nde Cam Özellikleri Müdürlüğü'nde Araştırmacı olarak çalışmaktadır.

## **Özet**

Yüzey enerjisi, yüzey pürüzlülüğü ve temas açısı temel parametrelerine bağlı olarak su iticilik olarak da tanımlanan hidrofobiklik en önemli malzeme yüzey özelliklerinden biridir. Hızlı gelişme gösteren lazer teknolojilerinin uygulama alanları da buna bağlı olarak yaygınlaşmıştır. Ultrahızlı lazer sistemlerinin kaplama uygulamalarıyla birlikte kullanılmasıyla kendini temizleyebilen, hidrofobik, süperhidrofobik ve yapılandırılmış yüzeyler oluşturulması da bu alandaki yeni uygulamalardandır. Söz konusu yenilikçi yaklaşımın temel felsefesi, mikro ve nano düzeyde pürüzlülüğe sahip yüzeylerin elde edilmesi ve düşük enerji düzeyli bir kimyasalın yüzeye uygulanmasıyla göreceli olarak yüksek temas açılarına ulaşılmasıdır. Hidrofobik yüzey için temas açısı aralığı 90°-150° ve süperhidrofobik yüzey için ise >150° olarak tanımlanmaktadır.

Ultrahızlı fiber lazer ile yürütülen deneysel çalışmalarda, lazer işlemi sonrasında cam yüzeyinde mikro ve nano yüzey pürüzlülüğünde yapılar oluşturulmuş ve camın yüzey pürüzlülüğündeki artış ile birlikte 0° temas açısına sahip su tutucu (hidrofilik) karakterde yüzeyler meydana getirilmiştir. Silan kaplamalar ile yapılan yüzey modifikasyonu sonrasında ise yüzey yapısı hidrofilik özellikten hidrofobik ve süperhidrofobik özelliğe kavuşturulmuştur. Ultrahızlı lazer deney parametreleri düzenlemelerine bağlı olarak, temas açısı 130-160° aralığında elde edilmektedir. Ultrahızlı lazer ve kaplama uygulaması sonrasında görünür bölgede %88'e varan ışıık geçirgenliği değerine ulaşılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** *Ultrahızlı Lazer, Süperhidrofobik, Cam, Temas Açısı*

**Ezgi İnci, Gökhan Topçu, Mustafa Muammer Demir**

İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü, Malzeme Bilimi ve Mühendisliği  
94ezgiinci@gmail.com, gökhantopcu@gmail.com, m.demir@gmail.com

Salon  
C-109  
16:00-16:20

## KOLLOİDAL SİLİKA TEMELLİ MEKANİK ETKİLERE DUYARLI NANO FİLM ÜRETİMİ

### **Biyografi**

2017 yılında Anadolu Üniversitesi Malzeme Bilimi ve Mühendisliği bölümünden mezun olmuştur. 2017 yılında İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü Malzeme Bilimi ve Mühendisliği Bölümünde Yüksek lisans eğitimine başlamış olup, şu anda 'Kolloidal Silika Temelli Mekanik Etkilere Duyarlı Nano Film Üretimi' konusu üzerinde çalışmaktadır.

### **Özet**

Yapısal renk, doğada yaygın olarak görülen bir olgudur. Morfo Kelebeği, bazı böcek türleri ve bukalemun gibi doğada bulunan canlılar sahip oldukları periyodik olarak dizilmiş submikron yapıları sayesinde yapısal renk özelliğini gösterirler. Kolloidler, doğal ve biyomimetik yapısal renk uygulamasında yararlıdır, çünkü görünür ışığın dalga boyu ile eşleşebilen boyutlara sahiptirler.[2] Bu çalışmada, elastik polimerik bir ortama (polidimetil siloksan) yerleştirilen silika kolloidal malzemenin geliştirilmesine odaklanılmaktadır, elde edilen kompozit malzemenin mekanik etkiye bağlı olarak renk değiştiren bir sensör olması amaçlanmaktadır. Bu akıllı malzemenin elde edilmesi için elastik polimer matrise gömülmesi amaçlanan silika nano parçacıklarının düzenli bir yapıda dizilerek bir film oluşturulması gerekmektedir. Bu dizilim Langmuir Blodgett cihazı ile silikanın cam yüzeye kaplanması ile sağlanmıştır. Cam malzemelere hidrofilik özellikler kazandırılarak silika kaplaması yapılmıştır ve elde edilen cam filmlerin açığa bağlı gösterdikleri renk değişimine bağlı olarak fotonik kristal filmler elde edilmiştir. Cam üzerine kaplanan silikaların pigmentsiz olarak renklenebilmesi, yanardöner bir renge sahip olması ve çevre dostu olması nedeniyle fotonik cam uygulamalarında yüksek potansiyel göstermektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Silika, Cam, Langmuir Blodgett, Yapısal Renklenme

**Mustafa Çağrı Bayır, Doç. Dr. Ebru Mensur Alkoy**

Gebze Teknik Üniversitesi,  
Malzeme Kimyası, Malzeme Bilimi ve Malzeme Mühendisliği  
cagribayir@gtu.edu.tr, ebrualkoy@gtu.edu.tr

Salon  
C-109  
16:20-16:40

# SOL-JEL YÖNTEMİ İLE GZO ALTLIKLAR ÜZERİNDE ÜRETİLEN PZT VE PLZT İNCE FİLMLERİN ELEKTRİKSEL VE OPTİK ÖZELLİKLERİ

## **Biyografi**

1995 yılında İskenderun'da doğdu. İlköğretim ve liseyi İskenderun'da tamamladı. 2013 yılında girdiği Kocaeli Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği bölümünden 2017 yılında mezun oldu. Lisans öğreniminde çeliklerin ısıtma işlemi ve hasar analizi üzerine çalıştı. Aynı yıl Gebze Teknik Üniversitesi, Malzeme Bilimi ve Mühendisliği bölümünde yüksek lisansa başladı. Elektroseramikler üzerine çalışmalar yapmakta, Mayıs 2018 tarihinden beri Malzeme Bilimi ve Mühendisliği bölümünde araştırma görevlisi olarak çalışmaktadır.

## **Özet**

Bu çalışmada, kurşun zirkonat titanat (PZT) ve kurşun lantan zirkonat titanat (PLZT) ince filmler sol-jel metodu ile üretilmiştir. Altlık olarak bir saydam iletken oksit olan galyum doplanmış çinko oksit (GZO) kullanılmıştır. Filmlere ait başlangıç çözeltileri 0.4 ve 0.5M olarak hazırlanmıştır. Filmler 600°C ve 700°C'de 1 saat süre ile hızlı termal tavlama (RTA) işlemine tabi tutulmuştur. Stokiyometrik ve %2-mol kurşun fazlası içerikli başlangıç çözeltilerinden üretilen, 600°C'de 1 saat tavlanan filmlerin saf perovskite fazına sahip olduğu gözlemlenmiştir. Film kalınlığı taramalı elektron mikroskobu (SEM) ile ~530 nm olarak ölçülmüştür. Bu çalışmada lantan dopantının filmlerin elektriksel özelliklerine olan etkisinin ortaya konulması hedeflenmiştir. Ayrıca, optik özelliklerin nasıl geliştirilebileceği ve hangi parametrelerin saydam bir ferroelektrik malzeme olan PLZT üzerine etkisinin olduğu irdelenmiştir. Bu kapsamda 200-1000 nm dalga boyu aralığında UV-Vis ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Filmlerin enerji bant aralığı hesaplamaları yapılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Sol-jel, İnce film, Ferroelektrik, gzo, pzt, plzt, Optik

**Senem K. Helvacı, Erhan Sarıca, Ali Doğan, Ergün Tekin,  
Mehmet Ali Can, Zafer Demirel**

Türkiye Şişe ve Cam Fabrikaları A.Ş. Düzcam Grubu,  
Trakya Cam Sanayii A.Ş. Mersin Fabrikası  
sehelvaci@siseecam.com, esarica@siseecam.com, aldogan@siseecam.com,  
etekin@siseecam.com, mecan@siseecam.com, zdemirel@siseecam.com

Salon  
C-109  
16:40-17:00

## AYNA ÜRETİM MALİYETLERİNİN DÜŞÜRÜLMESİ

### **Biyografi**

1984 Sakarya doğumludur. Lisans eğitimini Anadolu Üniversitesi Kimya Mühendisliği bölümünde tamamlamıştır. İş hayatına üretim mühendisi, ardından seramik sektöründe Ar-Ge Mühendisi olarak başlamış, 2014 yılı Mart ayında Şişecam ailesine Mersin Trakya Cam Sanayii A.Ş. de İşletme Mühendisi olarak katılmıştır. 2017 yılı Haziran ayı itibari ile aynı fabrikada Ayna Üretim Şefi olarak çalışmaya devam etmektedir.

### **Özet**

Katma değerli ürünlerimizden ayna ürünümüz, mobilyalardan banyolara, evlerden mağazalara, stüdyolardan spor salonlarına tüm iç mekanların vazgeçilmez dekoratif unsurudur. Flotal ayna, kusursuzluğu, dayanıklılığı ve kaliteyi, şıklık ve parlaklık ile birleştirmekte; kullanıldığı mekanlara aydınlık ve derinlik katmaktadır.

2016 yılı Haziran ayında ekolojik ayna üretimine başlanıldığı günden itibaren hat üzeri birçok deneme çalışması gerçekleştirilmiştir. Geliştirme çalışmaları ile birlikte ayna ürünü için, üretim sürecinde hiçbir kalite zafiyetine yer vermeden üretim maliyetlerinin düşürülmesi hedeflenmiştir. Bununla birlikte mevcut hat hızında kapasite artışını sağlamaya yönelik çalışmalar yapılmış, olumlu sonuçlar elde edilmiş ve geliştirme çalışmalarına devam edilmiştir. Girdilerin etkin kullanılması ile maliyetlerin azaltılmasına devam edilmiştir.

Bu kapsamda, Trakya Cam Sanayii A.Ş. Mersin Fabrikası Ayna Hattı olarak çalışmalara başlanılmıştır. Bu çalışma 3 farklı başlıkta ele alınmış ve birlikte yürütülmüştür.

- Kesintisiz üretim randımanını arttırma çalışmaları
- Kalite randımanını arttırma çalışmaları
- Kimyasal reaksiyon verimlerini arttırma çalışmaları ile kimyasalların miktar optimizasyon çalışmaları

2016 yılı ikinci yarısında ekolojik ayna üretimine geçilerek maliyetler analiz edilmeye başlanmıştır. Ekolojik ayna üretiminde gördüğümüz gelişime açık noktalar değerlendirilerek fırsata çevirecek noktalara gelindi. 2017 yılı içerisinde de planladığımız şekli ile adım adım çalışmalara başlanılarak maliyetleri üzerine gidilmiştir. Bu doğrultuda belirlediğimiz ve plana aldığımız çalışmalara 2018 yılı içerisinde de devam edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** *Ayna, Ekolojik Ayna, Maliyet, Tasarruf*

## 1. GİRİŞ

Kalite zafiyetine neden vermeden ayna sinai maliyetlerinin düşürülmesi projemizde, 2.000.000 TL/Yıl maliyet tasarrufu sağlanması hedeflenmiştir. Bu kapsamda ele alınan iki ana başlık bulunmaktadır.

OEE Göstergesi

Ayna Sinai Maliyet Göstergesi

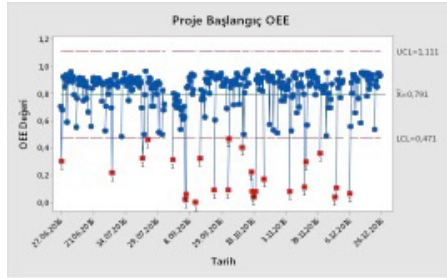
OEE: Over all Equipment Efficiency yani toplam ekipman verimliliği çalışmaları. Üretim sürecini etkileyen tüm ekipmanların/parametrelerin ne kadar verimli çalıştırıldığını ifade eden göstergedir. Ve üç bileşenden oluşmaktadır. Kalite Seviyesi, Yükleme Seviyesi ve Performans Seviyesi.

OOE=Kalite Seviyesi x Yükleme Seviyesi x Performans Seviyesi

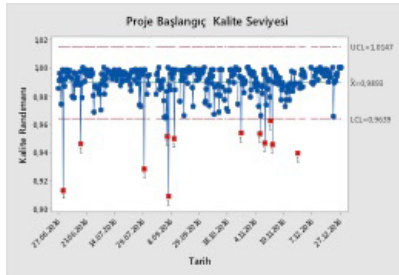
Kalite Seviyesi: Vardiyada üretilen net üretim m<sup>2</sup> sinin brüt üretim m<sup>2</sup> sine oranını ifade etmektedir.

Yükleme Seviyesi: Vardiyada fiili üretim alınan sürenin bir vardiya süresine oranını ifade etmektedir.

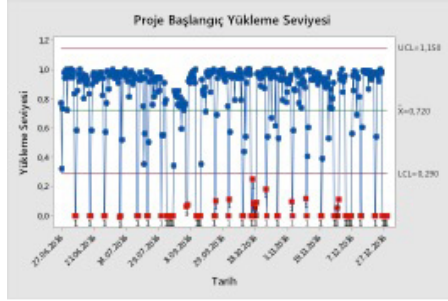
Performans Seviyesi: Vardiyada fiili üretilen miktarın ( m<sup>2</sup> ) üretilmesi gereken miktara oranını ifade etmektedir.



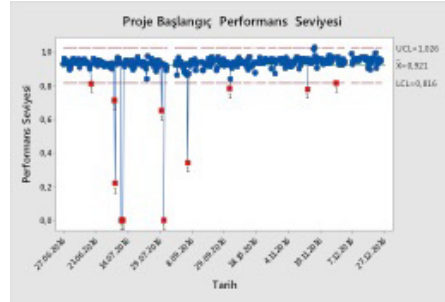
Şekil 1. Başlangıç OEE Grafiği



Şekil 2. Başlangıç Kalite Seviyesi



**Şekil 3. Başlangıç Yükleme Seviyesi**



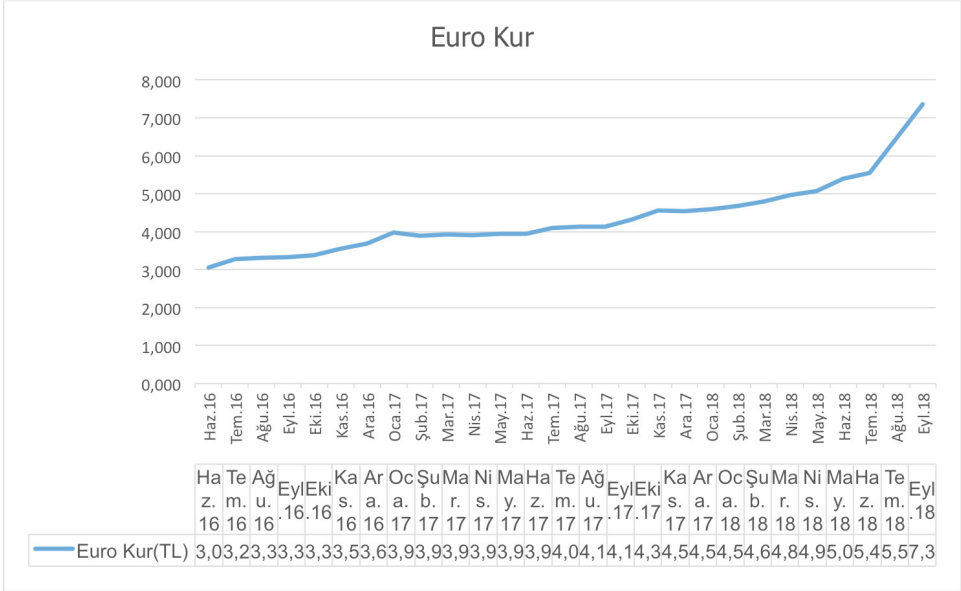
**Şekil 4. Başlangıç Performans Seviyesi**

Ayna Sınai Maliyet: 1 m<sup>2</sup> ayna üretimi için gerekli tüm malzeme, işçilik vb. değerlerin toplamından oluşmaktadır. Toplam sınai maliyet 9 adet parametrenin toplamından oluşmaktadır.

- İlk Madde
- Yardımcı Malzeme
- Yakıtlar
- Malzeme Maliyetleri
- İşçi Ücretleri
- Memur Ücretleri
- Su&Enerji
- Dışarıya Yaptırılan Bakım&Hizmetler
- Amortisman



Maliyet düşürme projelerimizi Euro/m<sup>2</sup> olarak takip etmekteyiz. Bunun nedeni ise ayna üretiminde 13 adet kimyasal kullanılmakta ve bunların 12 adedi yani yaklaşık %93 USD ve Euro kurundan satın alınmaktadır. Aylar bazında döviz kurundaki değişiklikler sinai maliyette de etkisini göstermektedir. Bu yüzden projemizde yapmış olduğumuz çalışmaların sinai maliyete etkilerini doğru olarak takip etmek için aylık ortalama Euro kurunu takip edilmektedir.



**Şekil 5. Aylık Ortalama Euro Kur Değişim Grafiği**

Euro kurundaki değişiklik;

Haziran 2016- Haziran 2017	%30 artış
Haziran 2017- Haziran 2018	%38 artış
Eylül 2016- Eylül 2017	%24 artış
Eylül 2017-Eylül 2018	%78 artış

Proje sürecinde karşılaştığımız problemlerde 5N kuralını uygulaması baz alındı. Ne-Neden-Nasıl-Nerede-Ne zaman soruları her bir faaliyet için ayrı ayrı sorularak değerlendirildi. 5N sorularına aldığımız cevaplar aslında bizlerin asıl sorunları olması nedeni ile bu sorunlara karşı aksiyon planları belirlendi.

Toplam ekipman verimlilik indeksine etki eden parametreler;

Performans, kalite ve yükleme seviyelerini etkileyen parametrelere yönelik pareto çalışması yapıldı. Pareto çalışması sonrasında kapasite kaybına neden olan ve en yüksek orana sahip verimlilik parametreleri üzerinde aksiyon alınmaya başlandı.

Elde edilen sonuçların kapasiteye etkileri incelendi.

Olumlu sonuç alınan aksiyonlarda çalışmalara devam edildi.

Ayna hattında gerçekleştirilen tüm faaliyetler için katma değersiz zamanlar belirlenerek bunların ortadan kaldırılması için çalışmalar gerçekleştirildi.

Her bir nozull ve ekipmanı teker teker değiştirilmesi yerine nozull barı komple değiştirildi.

Yüzey temizleme alanında kullanılan kimyasal değiştirilerek hem temizlik süreci kısaltıldı hem de o alandaki ekipmanların ömürleri uzatıldı.

Üretim sürecinde boya kaplama bölgesinde kullanılan boya filtreleri, üretime ara verilerek değişim sağlanıyor idi, yeni sistemde by pass hattı ile birlikte üretim süreci devam eder iken değişim gerçekleştirilmektedir.

Mekanik ve elektrik arızalar için bakım çalışmaları alt yapısı sağlanarak, arıza kaynaklı duruşların önüne geçilmesi hedeflenmiştir.

Sınai maliyet kalemini oluşturan her bir madde kendi içinde irdelenmeye başlandı. Sınai maliyete etki eden yardımcı malzeme maliyetleri üzerinde çalışmalar başlandı. Her bir kimyasalın cam üzerindeki reaksiyon verimi inceleme çalışmalarına başlandı

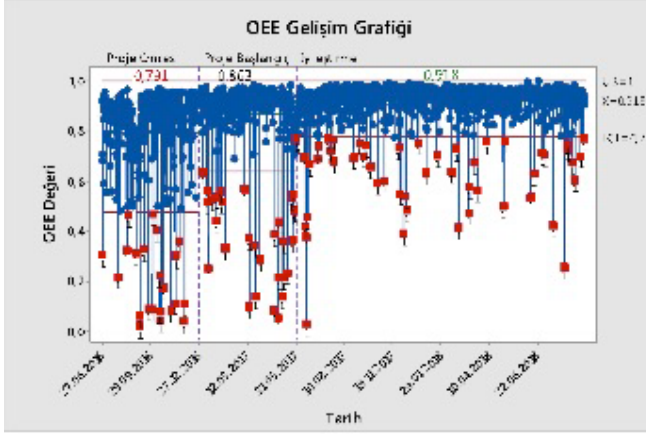
## 2. SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

- Ayna hattında meydana gelen kalite kayıplarının azaltılması için pareto çalışması gerçekleştirildi. Pareto çalışması sonucunda en yüksek kalite kayıp nedenimizin vardiyalarda alınan numuneler olduğu tespit edildi. Bunun için Kalite Kontrol laboratuvarında atıl olarak duran ve sonrasında kırılacak ham camlar kullanılarak numune kayıpları azaltılmıştır. Yıllık 28.800m<sup>2</sup> ayna kazancı sağlanmıştır.

- Proje öncesi; 5 ve 6 mm kalınlıkta ki ayna üretimi 3,6 m/dak. -3,4 m/dak. hat hızı ile çalışılmakta idi. Metal fırında mekanik revizyonlar yapılarak IR ısıtıcıları verimli kullanılmaya başlandı. Bu çalışmalar sonucunda standart hız olan 4m/dak. hıza bu kalınlıklarda da ulaşıldı. Isıtıcıların verdiği ısı homojen ve sürekli hale getirerek verimli ısı dengesi ile 4m/dak. hız ile üretilmeye başlandı.

- Aynı dönemleri baz almak ister isek Haziran 2016-Haziran 2017 de Euro kuru %30 artış gösterir iken, sınai maliyetlerimizde Euro bazında inceler isek %37 düşme mevcuttur.

- Aralık 2016-Aralık 2017 de Euro kuru %25 artış gösterir iken, sınai maliyetlerimizde Euro bazında inceler isek %15 düşme mevcuttur.



**Şekil 6. OEE Gelişim Grafiği**

### 2017 Yılı Proje Finansal Çıktısı

OEE Değerindeki Artış İle Elde Edilen Tasarruf (TL/YIL)	1.049.858
Kimyasal Miktar Optimizasyonundan Elde Edilen Tasarruf (TL/YIL)	3.846.350
<b>TOPLAM (TL/YIL)</b>	<b>4.896.208</b>

### 2018 Yılı Proje Finansal Çıktısı

OEE Değerindeki Artış İle Elde Edilen Tasarruf (TL/8 Ay)	349.783
Kimyasal Miktar Optimizasyonundan Elde Edilen Tasarruf (TL/ 8 AY)	1.492.491
<b>TOPLAM (TL/8 AY)</b>	<b>1.842.274</b>

<b>Toplam Kazanç</b>	<b>6.738.482 TL</b>
----------------------	---------------------

## Altuğ Bayram

Kimyasallar Grubu Başkanlığı, Geliştirme ve Kalite Direktörlüğü  
albayram@sisecam.com

Salon  
C-109  
17:00-17:20

# BAZIK KROM SÜLFAT KALİTESİNİN İNCELENMESİ İÇİN DERİ TOZU SEPİLEME YÖNTEMİ GELİŞTİRİLMESİ

## Biyografi

Altuğ Bayram 1988 İstanbul doğumludur. Lisans derecesini Koç Üniversitesi Kimya-Biyoloji Mühendisliği bölümünden almıştır. Yüksek lisans derecesini ise İstanbul Teknik Üniversitesi Kimya bölümünden "Deri Sepilemek İçin Krom İçeren Kompleks Sentezi" isimli çalışması ile almıştır. 2016 yılında Soda Sanayii A.Ş. Geliştirme ve Kalite Direktörlüğü, Geliştirme Müdürlüğü bünyesinde Geliştirme Uzman Yardımcısı olarak göreve başlayan Bayram, 2018 yılında Soda Sanayii A.Ş. Müşteri Teknik Hizmetleri Uzmanı olarak atanmıştır. Çalışmalarına Tuzla Deri Uygulama Laboratuvarı bünyesinde devam etmektedir.

## Özet

Kromsan'ın önemli ürünlerinden bazik krom sülfat (BCS, krom hidroksi sülfat), deri sepileme (tabaklama) için Dünya genelinde en çok tercih edilen malzemedir. Sodyum dikromatin organik veya inorganik yöntemle indirgenmesi sonucu elde edilen BCS, müşteriye sunulmadan önce belli başlı kalite kontrol testlerine tabi tutulmaktadır. Kimyasal ve fiziksel analizlerin yanı sıra, ürünün kalitesini kontrol etmede kullanılan bir diğer yöntem ise pilot ölçekli deri sepilemedir. Deri sepileme, rutin kalite kontrol analizi olarak uygulanamamakta; yeni ürün geliştirmede BCS'nin deri üzerindeki etkilerini saptamak veya müşteri taleplerini incelemek için yapılmaktadır. Deri sepileme denemelerinin istenilen sıklıkta pratik anlamda yapılamamasının sebepleri: - Her hayvanın farklı deri yapısına (yağ oranı, cilt hastalığı, damarı, kalınlığı, kıl kökü yapısı vb.) sahip olması, - Ham veya kısmi işlenmiş deri temininin mali yükü ve zamanı, deri sepileme denemelerinin uzun zaman alması, - Derinin BCS'nin iyonlaşma özelliklerini tespit etmede kullanılan analizler için yeterli kadar kimyasal modifikasyona (pridin ile sülfat analizi, esterifikasyon, deaminasyon) elverişli olmaması Üretim şartları, sepileme banyosunun derişimi, sıcaklığı, bekleme süresi, pH'ı vb. parametrelerin etkisi sonucunda, BCS farklı molekül büyüklükteki ve yükteki (anyonik, katyonik, non-iyonik) komplekslerden oluşmaktadır. Bu çalışmada, BCS'nin kalitesini ciddi anlamda belirleyen iyonlaşma karakterleri laboratuvar ölçeğinde saptamak için standart olarak kullanılabilen deri tozu ile sepileme yöntemleri araştırılıp geliştirilmiştir. Böylece ürün kalitesini artırma çalışmaları doğru şekilde değerlendirebilecek, müşteri taleplerine hızlı dönüş yapılabilecek, tabakhanedeki üretim şartları daha iyi değerlendirilebilecek, maliyet ve zaman tasarrufu sağlanacaktır. Literatür araştırmaları ve deneysel çalışmalar sonucu elde edilen bilgiler deri tozu sepileme ve boyama reçetelerinin geliştirilmesinde kullanılmıştır. Geliştirilen yöntem ürün kalitesini artırma ve yeni ürün geliştirme çalışmalarında kullanılmaya başlanmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Bazik Krom Sülfat (BCS), Krom İdroksi Sülfat, Deri Tozu, Sepileme, BCS İyon Yapısı

**Prof. Dr. James L. Thomason, Dr. Liu Yang, Ross Minty**

University of Strathclyde, Department of Mechanical and Aerospace Engineering,  
james.thomason@strath.ac.uk, l.yang@strath.ac.uk

Salon  
C-110  
11:00-11:20

# AN EXPLORATION OF THE RELATIONSHIP OF THE CHEMICAL AND PHYSICAL PARAMETERS WHICH DETERMINE THE INTERFACIAL STRENGTH IN GLASS FIBRE COMPOSITES

## **Biography**

James L. Thomason has 25 years industry experience, at Shell Chemicals and Owens Corning Fibreglass, leading global fibre and composite product development programmes involving extensive fundamental research and development of glass fibre sizings, interfaces and composites structure-property relationships.

In 2007 he moved to the University of Strathclyde where he was appointed Professor of Advanced Materials and Composites. He now leads the Advanced Composites Group whose mission is to generate industrially relevant fundamental understanding of reinforced polymer composites.

His research group is highly active in the field structure-(re)processing-performance relationships in composites with a strong focus on sizings and interfaces in glass fibre reinforced composites and the recycling, regeneration and reuse of glass fibres recycled from end of life composites and composites manufacturing waste. He has recently published two review books on Glass Fibre Sizings.

## **Abstract**

The continued success of glass fibre as the reinforcement of choice of the global composites community is primarily due to an attractive performance to price ratio and the ability to tailor the fibre surface coating (or size) to the demands of many diverse applications. In terms of the success of a glass fibre product in a new application the fibre size is a critical component, and within the size the role of the silane coupling agent is considered paramount. It is probably not an overstatement to say that organosilanes are the most important class of chemicals used in the glass fibre, and consequently the composites, industry. The continued successful development of new and improved glass fibre products depends on fully understanding the role of silanes in the structure-performance relationships of glass fibre reinforced polymers.

One of the best-known assertions about these multifunctional silane molecules is that they promote chemical bonding across the fibre-matrix interface. This concept was fixed in the collective consciousness of the composites community early in its history when developments were focussed on chemical reactive matrix systems and the foundations of our concepts of the composite interface were being developed by researchers with a predominantly chemistry background. Nevertheless, the more recent developments in thermoplastic matrix composites have often raised questions about the simplistic chemical bridging model of silanes at the glass fibre-polymer interface. Moreover, despite the high level of attention commonly focused on the chemical influences on glass fibre-polymer adhesion, a growing number of researchers have also commented on the role of residual stress contributing to the stress transfer capability at the fibre-matrix interface.

We will review data on the temperature dependence of the apparent interfacial shear strength (IFSS) in (unsized) glass fibre-polypropylene, a system where there is no a priori reason to expect any chemical bonding at the interface. The results indicate that the apparent IFSS in thermoplastic matrix composites can be largely explained by the level of residual thermal stresses in the system. This phenomenon is characterised by a large drop in the measured IFSS when the test temperature is raised above the matrix glass transition temperature. We will also present data to show that the same phenomenon is present in the IFSS of glass fibre-epoxy composites, although the magnitude of the measured values of IFSS for epoxy systems cannot be explained by residual thermal stress alone. However, by further considering the possible contribution of the thermosetting polymer phenomenon of cure shrinkage we will demonstrate that it is also possible to explain the level of IFSS in this chemically reactive system by physical residual stresses alone.

The state of the interface/interphase in epoxy composites is somewhat more complex than for (relatively) non-reactive thermoplastics. Many of the properties required to model residual stress in these systems vary with the curing agent to epoxy resin ratio near the interface. Since fibres are often coated with sizings containing reactive groups found in both curing agents and epoxy resins it is likely that the polymerised matrix near the fibre surface (the interphase) will have a different ratio of reactive groups than was mixed in the original resin system. To fully explore this concept it is therefore necessary to characterise both the IFSS and the epoxy matrix properties as a function of temperature and stoichiometry. This presentation will review our results on the investigation of this complex experimental challenge.

**Keywords:** *Glass fibre, Stress*

**Sultan Telli, Dr. Aref Cevahir, Gülşah Kahraman**

Türkiye Şişe ve Cam Fabrikaları A.Ş., Bilim, Teknoloji ve Tasarım Merkezi  
stelli@siseecam.com, ajavaherian@siseecam.com, gkahraman@siseecam.com

Salon  
C-110  
11:20-11:40

## NANO-MALZEME TAKVİYELİ CAM ELYAF ÜRÜNLERİ GELİŞTİRME

### *Biyografi*

1977 yılında Ankara'da doğmuştur. Lisans derecesini 1999 yılında Orta Doğu Teknik Üniversitesi Kimya Mühendisliğinden almıştır. Aynı üniversitenin Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümünde, "metalik camlar" üzerine yüksek lisans çalışmalarını tamamlamıştır. 2008 yılında Şişecam Topluluğu'na katılmış, Soda Sanayi A.Ş. Geliştirme Grup Müdürlüğünde Geliştirme Uzmanı olarak çalışmış, çoğunlukla Kromsan ve Oxyvit Fabrikalarına yönelik ar-ge çalışmalarında görev almıştır. Daha sonra 2011 yılında Geliştirme Uzmanı olarak görev aldığı Cam Elyaf Sanayi A.Ş Geliştirme Müdürlüğünde ar-ge çalışmalarına devam etmiştir. 2014 yılından beri Araştırma ve Teknolojik Geliştirme Başkanlığı bünyesinde çalışmalarını sürdürmektedir.

### *Özet*

Cam elyaf takviyeli polimer kompozitleri, geleneksel mühendislik malzemelerine göre üstün özelliklere sahiptir. Malzemenin özellikleri ve mekanik performansı kimi zaman daha çok cam kompozisyonuna kimi zaman da elyaf üzerindeki bağlayıcı kimyasına bağlıdır. Bazı durumlarda her iki faktör de son kullanıcı malzemesinin özelliklerine etki eder. Cam elyafı ile polimer matriksinin bir bütün olarak kompozit malzeme davranışını kazanmasını sağlayan bağlayıcının kimyası, cam-polimer ara-yüzeyinin davranışını belirler. Akademik ve endüstriyel araştırmalar bu ara-yüzeyin çeşitli yollardan güçlendirilmesine odaklanmıştır. Bu yollardan biri, kompozit yapıların nano-malzeme ile güçlendirilmesidir.

Bu çalışmanın amacı, cam elyaf ürünlerinde mekanik performans artırma yöntemlerini gözden geçirmek ve seçilen bir nano-malzemenin cam elyaf ürünündeki performansını ölçmektir. Bu kapsamda, nanokil malzemenin, polipropilene uyumlu cam elyaf kırpma ürününde kullanılmasına ilişkin deneysel çalışmalar yürütülmüştür. Mekanik performans değişimine yönelik detaylı sonuçlar sunulmuştur.

**Anahtar Kelimeler:** *Cam Elyaf, Cam Elyaf Takviyeli Kompozit, Polipropilen, Nano-Malzeme, Nano-Kil*

**Prof. Dr. Ali Serpengüzel**

Koç University, Department of Physics  
aserpenguzel@ku.edu.tr

Salon  
C-110  
11:40-12:00

## RESONATORS AND WAVEGUIDES IN FIBER OPTICS AND INTEGRATED PHOTONICS

### *Biyography*

Ali Serpengüzel received his Ph.D. in Applied Physics from Yale University. At Yale, he worked on stimulated Raman scattering from droplets and sprays. Later on, he joined Polytechnic University, Microparticle Photophysics Laboratory for postdoctoral work, where he performed the first coupling experiment of solid microspheres to optical fibers. Afterwards, he joined Bilkent University as a faculty member, where he concentrated his research on the optoelectronic properties of semiconductor microcavities. He is currently a Professor of Physics and the Director of the Koç University, Microphotonics Research Laboratory, Est. 2000. His current research focuses on integrated photonics with optical many novel microresonator and waveguide structures. Other research interests include optical spectroscopy in complex media, nanophotonics, nonlinear optics, and laser diagnostics. He is a fellow of SPIE, a senior member of IEEE and OSA, and a member of Sigma-Xi.

### *Abstract*

Monolithic guided wave structures such as spherical optical microcavities and distributed feedback (DFB) meandering waveguides are studied numerically and experimentally.

Spherical optical microcavities are the building blocks of three dimensional photonics, as linear optical microcavities are the building blocks of one dimensional photonics. Dielectric and semiconductor based lightwave circuit elements are being integrated into fiber optics and integrated photonics. Silicon microspheres lead themselves to various lightwave circuit element applications such as channel dropping filters, tunable filters, and optical modulators using optical fiber half couplers manufactured from single mode optical fibers.

Silicon on oxide (SOI) DFB meandering waveguides, as novel integrated optical elements, can exhibit a variety of spectral responses such as coupled resonator induced transparency filter, Fano resonator, hitless filter, Lorentzian filter, Rabi splitter, self coupled optical waveguide, and tunable power divider.

We focus on properties of various novel resonators, such as diamond spheres, and SOI-DFB meandering waveguides, and their potential for electromagnetic applications in fiber optics and integrated photonics.

**Keywords:** *Resonators, Fiber Optics*



Suat Kurt, Nurperi Yavuz, Syed Sultan Shah Bukhari,  
Prof. Dr. Ali Serpengüzel

Department of Physics, Koç University  
skurt16@ku.edu.tr, nyavuz16@ku.edu.tr, sbukhari14@ku.edu.tr,  
aserpenguzel@ku.edu.tr

Salon  
C-110  
12:00-12:20

## THZ REGION ELASTIC SCATTERING FROM GLASS MICROSPHERES

### *Biography*

Suat Kurt was born in Samsun, Turkey in 1992. He received his Diploma degree in Electronics and Communication Engineering from the Technical University of Istanbul, Turkey in 2015. He is currently an Electrical and Electronics Engineering Ph.D. student in the Koç University Micro-Photonics Research Laboratory in Istanbul, Turkey.

### *Abstract*

Transverse electric (TE) and transverse magnetic (TM) polarized  $0^\circ$  transmission and  $90^\circ$  elastic scattering spectra from a 200 Qm radius glass microsphere in the THz band between 110 Qm to 130 Qm, was studied using generalized Lorenz-Mie theory (GLMT). For both TE and TM polarization whispering gallery modes (WGMs), the numerically simulated mode spacing of 7 Qm agrees well with the theoretical estimations. The quality factors (Q-factors) of the WGMs are on the order of 104. These numerical simulations herald that, glass microspheres might have potential for novel THz region applications.

**Keywords:** *Cavity resonators, Scattering, Terahertz spectroscopy, Optical coupling, Whispering gallery modes.*

**Deniz Koçyığıt<sup>1</sup>, Melis Gökçe<sup>2</sup>, Aytaç Gürhan Gökçe<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Aydın Adnan Menderes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Fizik Anabilim Dalı

<sup>2</sup>Aydın Adnan Menderes Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Fizik Bölümü  
d.kocyyigitadu@gmail.com, mgokce@adu.edu.tr, aytac.gokce@adu.edu.tr

Salon  
C-110  
12:20-12:40

## KATIHAL AYDINLATMA UYGULAMALARI İÇİN NADİR TOPRAK İYONU KATKILI CAMLAR

### **Biyografi**

1989 yılında Aydın'da doğmuştur. 2008-2012 yılları arasında Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Fizik Bölümünde Lisans eğitimini tamamlamıştır. 2012-2015 yılları arasında Aydın Adnan Menderes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Fizik Anabilim Dalından Yüksek Lisans derecesiyle mezun olmuştur. 2015 yılı itibarı ile aynı üniversitede Doktora eğitimine başlamış olup şuan tez aşamasındadır. Yüksek lisans ve doktora eğitimi sırasında TÜBİTAK ve BAP projelerinde cam ve cam-seramik malzemelerin sentezi, yapısal, optik ve lüminesans özelliklerinin araştırılması üzerine yapılan araştırmalarda görev almıştır. 2018 yılı itibarı ile YÖK 100/2000 öncelikli alanlar bursiyeri olmuş ve bu alanlar arasında yer alan çalışmada yer alan mikro-nanoteknoloji öncelikli alanında doktora tez çalışmalarını yürütmektedir. Çeşitli dergilerde yayınları ve ulusal/uluslararası bildiri kitaplarında sözlü bildirimleri yer alan Deniz KOÇYIĞIT, cam alanında yaptığı çalışmalar ile geleceğe ışık tutacağını düşünmektedir.

### **Özet**

Günümüzde atmosferdeki karbondioksit içeriği dünya enerji üretimi nedeniyle artmaktadır. Bu artış yavaşlatmak için bilim adamları farklı bilim alanlarında enerji tasarrufu ve verimliliği için araştırmalara devam etmektedir. Bu alandaki ilgili araştırmalardan biri de katihal aydınlatma uygulamalarıdır. Katihal aydınlatma sistemleri arasında yer alan beyaz ışık yayan diyotlar ile enerji tüketimi potansiyel olarak yüzde elli oranında azaltılabileceği düşünülmektedir. Bu doğrultuda homojen, kararlı, lüminesans yayınlaması ve geçirgenliği yüksek olan, nadir toprak (NT) iyonları ile katılanabilen cam malzeme grupları beyaz ışık yayan diyotlar için iyi bir alternatiftir. NT iyonu katkılı camların sentezi ve önemli özelliklerinin incelenmesi lazerler, optik dalga kılavuzları, kuantum hafızalar ve katihal aydınlatma gibi birçok alandaki uygulamaları nedeniyle bilimsel ve teknolojik araştırmaların ilgi odağı haline gelmiştir. Bu çalışma NT iyonu ile katılanmış borogermanat camlarının sentezlenmesini, elde edilen camların fiziksel, yapısal, optik ve lüminesans özelliklerinin katihal aydınlatma ve teknolojik uygulamaları açısından araştırılmasını içermektedir.

Camlar eritme-tavlama yöntemi ile sentezlenmiştir. Camların yapısal analizleri x-ışını kırınımı ve Fourier dönüşümlü kızılötesi spektroskopisi kullanılarak araştırılmıştır. UV-vis-NIR spektrometresi kullanılarak örneklerin soğurma ve geçirgenlik spektrumları alınmıştır. Elde edilen spektrumlardan camların optik band aralığı enerjisi, kesme kenarı dalga boyu ve geçirgenlik değerleri belirlenmiştir. Fotolüminesans yayınlama ve uyarma spektrumlarından yararlanılarak, elektronik enerji seviyeleri, yayınlama dalga boyları ve maksimum lüminesans şiddeti veren NT katkı oranları belirlenecektir. Fotolüminesans spektrumları kullanılarak Uluslararası Aydınlatma Komisyonu renk koordinatları diyagramından renk kromatikliği koordinatları ve ilişkili renk sıcaklık değerleri belirlenmiştir.

Bu çalışmadan elde edilen veriler ışığında sentezlenen camların çeşitli özelliklerinin geliştirilmesi ile bu malzemelerin katihal aydınlatma uygulamalarında rekabet ettiği diğer malzemelere üstünlük sağlayabileceği ve ticarileşme yolunun açılacağı düşünülmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Cam, Nadir Toprak İyonu, Katihal Aydınlatma, Fotolüminesans

**Dr. Ann Jans Faber**  
CelSian Glass & Solar B.V.  
anne-jans.faber@celsian.nl

Salon  
C-110  
14:00-14:20

# APPLICATION OF ADVANCED SENSORS IN THE GLASS INDUSTRY

## Biography

Anne Jans Faber (57) finished his study Experimental Physics at Utrecht State University (NL) cum laude in 1985. He started his career as project leader at the TNO Institute of Applied Physics in Delft in 1986. During the nineties he has been leader of the group Glass Melting Technology of TNO Science and Industry in Eindhoven. Since January 2012 he works as senior scientist at CelSian Glass & Solar (former TNO Glass Group).

He has written a large number of scientific publications and is holder of several patents. In 1997 he received, together with 3 colleagues of TNO, the Otto Schott Research Award for applied and fundamental research in the area of glass technology and glassy materials.

In 2005 he received the Descartes-Huygens prize from the French Government/Academy of Sciences for his contribution to the scientific cooperation between France and The Netherlands, especially in the domain of innovation.

In June 2012 he received the German Industry prize (Adolf Dietzel Industriepreis) from the German Glass Society (Deutsche Glastechnische Gesellschaft).

He is chairman of the Managing Board of GlassTrend ([www.glasstrend.nl](http://www.glasstrend.nl)), an industrial consortium of worldwide operating, glass manufacturing and supplying companies (Europe, Asia, Americas). GlassTrend aims at coordinating and promoting R&D and knowledge transfer within the international glass industry to improve the competitive strength of its members. A specific goal of GlassTrend is to support the glass industry in the transition to CO<sub>2</sub> neutral glass production in view of the Paris climate agreement. Currently, around 50 international companies are member of the GlassTrend consortium. In the framework of the organization GlassTrend he organizes industrial R&D consortia and Seminars and he presents Glass Technology training courses for international glass companies.

## Abstract

The availability of advanced sensors, next to thermocouples, in industrial glass melting furnaces is a prerequisite for application of artificial intelligence in the glass manufacturing industry. These advanced sensors should provide real time, quantitative information about the quality of the glass melt, position and thickness of the batch and foam layers, the key parameters of the combustion process, the energy flows in the furnace and the status/integrity of the furnace lining (refractories and insulation). In this presentation a survey will be given of available sensors, like in-line redox sensors of the glass melt, CO & O<sub>2</sub> laser sensors for combustion gases and batch sensors. Next, the needs for the development of new, reliable sensors will be discussed.

**Keywords:** *Sensors*

**Prof. Dr. Mehmet Ali Gülgün, Shalima Shawuti, Ahmet D. Benli**  
FENS, Sabanci University  
m-gulgun@sabanciuniv.edu, shalima.shawuti@istanbul.edu.tr,  
abenli@sabanciuniv.edu

Salon  
C-109  
12:00-12:20

## HOW LIQUID-LIKE IS OUR GLASS

### **Biography**

Dr. Mehmet Ali Gulgun has graduated from Bogazici University Mechanical Engineering Department in 1988, received his MSc. Degree in Materials Science at the Michigan State University MMM department, and his PhD in Ceramic Engineering at the University of Illinois at Urbana-Champaign. 1996 he visited Prof. Yoshimura's Group at Tokyo Institute of Technology as a JSPS Scholar. Later that year he joined Prof. Manfred Rühle's Group in Stuttgart Max Planck Institute. In 2000 September he was appointed as an Asst Professor at Sabanci University where he is currently a professor in the Materials Science and Nanoengineering Program. He has over 100 publications with 1100 citations and h-index of 15. He holds jointly 3 patents and enjoys being part of education the next generation of engineers.

### **Abstract**

Our studies with nanocomposite electrolytes forces us to re-consider the behavior of an amorphous solid below (glass) and above (supercooled liquid). In early 2000s, insulating oxide particles were shown to enhance the ionic conductivity of liquid electrolytes in ion batteries. This new type of liquid electrolytes was dubbed as "soggy sand" electrolytes. The function of oxide nanoparticles in liquid electrolytes were explained as generating an electrical double layer that will further facilitate ionic transport. Our experiment with nanocomposite fuel cell electrolytes composed of a solid amorphous salt matrix with dispersed ceria particles in it provided us insight how the charged particles surfaces interact with amorphous solids below and above glass transition temperature. The talk will start with electrical double layer concept and show examples of ionic interactions at solid/"liquid" interfaces.

**Keywords:** *Amorphous salt matrix, Electrical double layer, Surface charge, Dissociation, Ionic conduction*

**Orhan Kıbrıslı, Dr. Miray Çelikkbilek Ersundu, Dr. Ali Erçin Ersundu**

Yıldız Teknik Üniversitesi

orhankibrisli@gmail.com, miraycelikkbilek@gmail.com, ersundu@gmail.com

Salon  
C-110  
14:40-15:00

# BEYAZ IŞIK YAYAN LED'LER İÇİN NADİR TOPRAK İYONU KATKILI YENİ NESİL CAMLARIN GELİŞTİRİLMESİ

## **Biyografi**

Orhan Kıbrıslı, Yıldız Teknik Üniversitesi, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği bölümünde doktora öğrencisidir. Yüksek lisans çalışmalarını holografik veri kaydı için ışığa duyarlı camların geliştirilmesi üzerine gerçekleştirmiştir. Doktora çalışmalarını ise yüksek ışıma verimli beyaz ışık yayan LED'ler için nadir toprak elementi katkı camların geliştirilmesi üzerine yürütmektedir.

## **Özet**

Aydınlatma ve ekran uygulamalarında israf edilen enerjinin azaltılması konusunda yeni nesil beyaz ışık yayan LED'ler umut vaat eden bir teknoloji olarak ön plana çıkmış, dolayısıyla günümüzde bu teknoloji üzerine gerçekleştirilen çalışmalar oldukça önem kazanmıştır. Ticari olarak yaygın olan LED'ler, genellikle UV/mavi LED çipi ile uygun fosfor malzemelerin bir araya getirilmesi ile üretilmektedir. Ancak epoksi reçine ve silikon gibi malzemelerle kaplanan bu LED'ler uzun süreli ışıma sonucunda bozunmakta ve ışıma verimlilikleri zamanla azalmaktadır. Düşük ısı kararlılıklarının sebep olduğu bu dezavantaj nedeniyle de mevcut ticari LED'lerin kullanım alanları büyük ölçüde sınırlanmaktadır. Bu nedenle, yüksek ısı kararlılık ve ışıma verimine sahip, modern aydınlatma sistemleri, ekran teknolojileri, fotovoltaiik sistemler, optik fiberler ve katı hal lazerleri gibi alanlarda uygulama potansiyeli olan nadir toprak iyonu katkı yeni nesil cam malzemelerin geliştirilmesi üzerine çok sayıda araştırma yapılmaktadır. Bu çalışmada,  $WO_3-Li_2O-TeO_2$  cam sistemine farklı oranlarda (0-3 %mol)  $Dy^{3+}$  iyonu katkılı olarak, nadir toprak iyonu katkısının camların fotolüminesans özelliklerine etkisini incelemek ve bu camların beyaz ışık yayan LED'lerde kullanım potansiyelini araştırmak amaçlanmıştır. Sintezlenen camların XRD, FTIR ve DSC teknikleri ile yapısal ve ısı özellikleri incelenmiş, ışıma ve renk özelliklerinin incelenmesi amacıyla ise optik soğurma ve fotolüminesans ölçümleri gerçekleştirilmiştir. CIE renk koordinatları ve CCT (ilişkili renk sıcaklığı) değerleri hesaplanmış ve elde edilen sonuçlar saf beyaz ışık değerleri ile karşılaştırılmıştır. Sonuç olarak, bu çalışma kapsamında geliştirilen nadir toprak iyonu katkı yeni nesil camların beyaz LED'lerde yüksek kullanım potansiyeline sahip olduğu belirlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Beyaz LED, Nadir toprak iyonu, Fotolüminesans, Cam

Gürkan Yiğiter<sup>1</sup>, Kaan Ertaş<sup>1</sup>, Emrah Can<sup>1</sup>, Faruk Erkal<sup>1</sup>,  
Fehiman Akmaz<sup>2</sup>, Duygu Güldiren<sup>2</sup>, Merve Akdemir Kutluğ<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Türkiye Şişe ve Cam Fabrikaları A.Ş.

Düzcüm Grubu, Trakya Cam Sanayii A.Ş. Trakya Fabrikası

<sup>2</sup> Türkiye Şişe ve Cam Fabrikaları A.Ş. Bilim, Teknoloji ve Tasarım Merkezi

gyigiter@sisecam.com, kertas@sisecam.com, emcan@sisecam.com,

ferkal@sisecam.com, fakmaz@sisecam.com, dguldiren@sisecam.com,

makdemir@sisecam.com

Salon  
C-110  
15:00-15:20

## FÜME PRIVACY CAM ÜRETİMİNDE BAŞLANGIÇTAN BUGÜNE

### Biyografi

Kasım 1985 Ankara doğumlu olan Gürkan Yiğiter, Hacettepe Üniversitesi Kimya Bölümü'nden 2009 yılında mezun olmuştur. Aynı yıl askerlik görevini tamamlamış ve ilaç sektörü ile mesleki hayatına başlamıştır. Kalite Kontrol ve Ar&Ge birimlerinde görev almıştır. 2012 yılı sonunda sektör değiştirerek "Cam" ile tanışmıştır. Ocak 2013'de Araştırma ve Teknolojik Geliştirme Başkanlığı bünyesinde, Analiz ve Destek Hizmetleri Direktörlüğü'ne bağlı Trakya Bölge Laboratuvarı'nda "Şişecam" kariyerine başlamıştır. Sorumlu olduğu Laboratuvar ile Trakya lokasyonunda bulunan Düzcüm, Cam Ev Eşyası ve Kimyasallar Grupları'na bağlı üretim şirketlerine analitik destek sağlamıştır. 2013-2018 yılları arasında mevcut görevinin yanı sıra ürün geliştirme ve yeni ürün projelerinde aktif rol almıştır. Nisan 2018'de görev değişikliği ile Düzcüm Grubu'na Geliştirme Uzmanı unvanıyla geçiş yapmıştır. Halen bu görevi sürdürmektedir. Geliştirme Müdürlüğü bünyesinde Düzcüm Grubu'nun yurtiçi ve yurt dışı tüm fabrikalarında ürün geliştirme ve yeni ürün projelerinden sorumludur.

### Özet

Işığı ve ısıyı az geçiren camlar "privacy cam" olarak adlandırılır. Otomotiv uygulamalarında; iç mekan gizliliği sağlamak üzere gün ışığı geçirgenliği düşük, aracın klima yükünü azaltmak ve iç mekan tekstil ve plastiklerinde degradasyonu engellemek üzere UV ve IR geçirgenlikleri düşük olma özellikleri nedeniyle kullanılırlar. Privacy camin eldesinde hem görünür bölge hem de kızıl ötesi bölgede absorpsiyona sahip renk katkı malzemeleri kullanılır. Otomotiv sektörüne yönelik olarak üretilen füme privacy camlar, harmana ilave edilen demir oksit, kobalt oksit ve selenyum katkı malzemeleri ile elde edilmektedir.

Füme privacy cam üretimindeki en önemli parametrelerden biri selenyum kalıcılığı olup; sıcaklık, fırın atmosferi, camın indirgenlik seviyesi, kullanılan cam kırığı oranı, fırın çekişi gibi pek çok parametreye bağlı olarak değişkenlik göstermektedir. Bu sebeple de, selenyum kalıcılığının doğru tespit edilmesi, istenilen süre içinde hedeflenen optik performans değerlerine ulaşılması açısından oldukça önemlidir. Son olarak 2018 yılında üretimi gerçekleştirilen füme privacy cam kampanyasında, selenyum kalıcılığının artırılmasına yönelik yapılan çalışmalar neticesinde bu süre ciddi oranda kısaltılmıştır.

Cam sektörü enerjisi yoğun kullanan, yüksek kapasite ile çalışan bir sektördür. Fırınlarda farklı renklerdeki camların üretimi sırasında yaşanan enerji ve randıman kayıpları, renk geçiş sürelerinin kısaltılmasıyla azaltılabilir. Bu süreçte selenyum kalıcılığının istenen değerlerde daha hızlı elde edilmesi ve diğer renk geçişlerinden farklı olarak gerçekleştirilen fırın parametrelerindeki geçiş değişkenleriyle füme privacy geçiş sürelerinin de kısaltılması başarılmıştır. Bu çalışma kapsamında, 2014 yılından bu yana füme privacy üretimlerinde verimliliği arttırmaya yönelik yapılan çalışmaların tümü özetlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Füme Privacy Cam, Selenyum Kalıcılığı

Bilgen Aktaş<sup>1</sup>, Duygu Güldiren<sup>2</sup>,  
Merve Akdemir Kutluğ<sup>2</sup>, Fehiman Akmaz<sup>2</sup>, Melek Erol Taygun<sup>1</sup>

<sup>1</sup>İstanbul Teknik Üniversitesi, Kimya Mühendisliği Bölümü  
<sup>2</sup>Türkiye Şişe ve Cam Fabrikaları A.Ş. Bilim, Teknoloji ve Tasarım Merkezi  
baktas@sisecam.com, dguldiren@sisecam.com, makdemir@sisecam.com,  
fakmaz@sisecam.com, erolm@itu.edu.tr

Salon  
C-110  
15:20-15:40

## METAL OKSİT KATKILAR KULLANILARAK BAL RENKLİ CAMIN RENKSİZLEŞTİRİLMESİ

### Biyografi

1995 yılında İstanbul'da doğan Bilgen Aktaş, Kocaeli Üniversitesi Kimya Mühendisliği mezunudur. Lisans döneminde biyokütle enerjisi ve polimer malzemeler üzerine araştırmalarını yürütmüştür. "Chlorella variabilis Mikroalg türünden Geri Dönüştürülebilir Biyodizel Yağ Eldesi" başlıklı çalışması TÜbitak 2209A programı tarafından desteklenmiştir. Arçelik A.Ş. ile birlikte yürüttüğü "Farklı Koşullarda Çamaşır Makinesi Kölüğü Yaşlanma Davranışının Tespiti" konulu lisans bitirme tezi bulunmaktadır. 2017'de İstanbul Teknik Üniversitesi'nde Kimya Mühendisliği alanında yüksek lisans eğitimine başlamıştır. Halen burada eğitimini devam ettiren Bilgen Aktaş, Şişecam Bilim, Teknoloji ve Tasarım Merkezi'nde Proje Stajyeri olarak görev almaktadır.

### Özet

Günümüzde hızla artan enerji ihtiyacına karşılık kaynakların azalması, hayatın her alanında olduğu gibi sanayideki üretim proseslerinde de enerji tasarrufuna olan yönelimi zorunlu kılmıştır. Cam üretimi de yoğun enerji kullanımının olduğu bir alandır. Aynı fırında farklı renklerin üretilmesi sebebiyle, renk geçişleri süresince enerji ve üretim kaybı yaşanabilmektedir. Dolayısıyla renk geçiş sürelerinin kısaltılması, enerjinin verimli kullanılması ve üretim kayıplarının en az seviyede tutulması açısından büyük önem arz etmektedir. Bu çalışma kapsamında, cam ambalaj ürünleri için bal renkli camdan renksiz cama geçiş süresinin kısaltılmasına yönelik deneysel çalışmaların yapılması ve elde edilen sonuçlar doğrultusunda uygulanabilirliğinin değerlendirilmesi amaçlanmıştır.

Camda bal rengi oluşumu, indirgenmiş olan kükürt iyonunun (S<sup>2-</sup>), Fe<sup>3+</sup> tetrahedral koordinasyonundaki oksijen iyonlarından biriyle yer değiştirmesi ile oluşan ve bal kromoforu olarak adlandırılan yapı ile sağlanmaktadır. Bal renkli cam üretiminden renksiz cam üretimine geçilirken, kükürt iyonunun kromofordan uzaklaştırılması ile bal kromoforu bozulur ve bu yolla renksizleştirme gerçekleşmiş olur.

Bu çalışmada bal renkli cam üretiminden renksiz cam üretimine geçiş sürecinin kısaltılması amaçlanmıştır. Bu kapsamda çinko oksit (ZnO), bakır oksit (CuO), mangan oksit (MnO<sub>2</sub>) gibi farklı metal oksitler kullanılarak deneysel çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Her bir metal oksit ağırlıkça %0,1-5 oranında bal renkli cam kırığına ilave edilerek 1450 °C'de 3 saat süresince ergitilmiştir. Elde edilen cam numunelerin öncelikle UV-VIS spektrofotometresi kullanılarak optik ölçümleri yapılmış, numuneler renk özellikleri açısından karşılaştırmalı olarak incelenmiştir. X-ışını floresan spektroskopisi (XRF) tekniği ile seçilen numunelerin kimyasal kompozisyonları belirlenmiştir. Yapıya ilave edilen metal oksit katkıları sebebiyle oluşması muhtemel fazlar, X-ışınları kırınımı (XRD) tekniği kullanılarak incelenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Bal Renkli Cam, Renksizleştirme

**Dr. Gökтуğ Günkaya, Ecem Yılmaz**  
Anadolu Üniversitesi, Güzel Sanatlar Fakültesi  
ggunkaya@anadolu.edu.tr, ecemylmz08@gmail.com

Salon  
C-110  
16:00-16:20

## CAM SANATINDA TAVLAMA İŞLEMİ VE TAVLAMA KONTROLÜ

### **Biyografi**

Gökтуğ Günkaya, 1998 yılında Anadolu Üniversitesi Seramik Mühendisliği Bölümünden mezun oldu. 2001 yılında Anadolu Üniversitesi, Seramik Mühendisliği Anabilim Dalında yüksek lisansını tamamladı. Doktora sırasında TÜBİTAK bursiyeri olarak projede görev aldı. 2008 yılında Anadolu Üniversitesi, Seramik Mühendisliği Anabilim Dalında doktor ünvanını aldı. 2008-2010 yılları arasında Anadolu Üniversitesi, Cam Bölümünde misafir öğretim görevlisi olarak derslere girdi. 2010-2013 yılları arasında Anadolu Üniversitesi, Cam Bölümünde öğretim görevlisi olarak görev yaptı. 2013 yılından bu yana Anadolu Üniversitesi, Cam Bölümünde doktor öğretim üyesi olarak görev yapmaktadır. Çalışma alanları, cam teknolojisi, kaplama (EPD, elektrokaplama), camların kimyasal dayanımı, ileri teknoloji seramikleri, nano teknoloji, algılayıcılar ve cam bünyelerin renklendirilmesidir.

### **Özet**

Camin bulunuşundan beri, yüksek sıcaklıkta cam şekillendirme sürecinin en önemli aşamalarından bir tanesi de tavlama işlemidir. Bu aşama çeşitli şekillendirme tekniklerinin hemen hemen hepsinde bulunmaktadır. Örneğin ergitme fırınından cam alınıp şekil verildikten sonra cam oda sıcaklığına soğutulurken belirli hızlarda soğutulmalı ve belirli sıcaklıklarda bekletilmelidir. Camın içerisinde bulunan gerilimin (tansiyonun) tamamen giderilmesi ilgili camın tavlama sıcaklığına ve kalınlığına göre tavlama işleminin uygun bir şekilde yapılıp yapılmamasına bağlıdır. Dolayısıyla camın şekillendirme yöntemine, tipine ve et kalınlığına göre fırın diyagramının yazılıp belirli hızda ısıtılması ve soğutulması süreci camın fırından hasarsız olarak alınabilmesi için gereklidir. Eğer camın kontrollü soğutulması gerçekleştirilmez ise cam içerisinde çeşitli büyüklükte gerilmeler kalır ve zamanla aldığı darbeler ya da sıcaklık değişimi sonucu camda çatlamalara neden olur. Bu yüzden ki camın bulunuşundan günümüze kadar çok az eserin arkeolojik kazılardan sağlam çıktığını görmekteyiz. Bu yüzden cam sanatçıları içinde bir kılavuz olması amaçlanan bu çalışmada cam sanatçılarının da kullandığı ticari bir camın et kalınlığına göre tavlama sıcaklıklarının ve sürelerinin belirlenmesi üzerine odaklanılmıştır. Bu deneyler 3 farklı sıcaklıkta 3 ayrı sürede tavlama işleminin gerçekleştirilmesi şeklindedir. Isıl işlem sonunda polariskop ile ve görsel olarak değerlendirilmeler yapıp yorumlanmıştır. Ayrıca bu çalışmada tavlamanın önemi, tavlama problemleri ve geçmişten günümüze tavlama şekilleri konusunda bilgi aktarmak hedeflenmiştir. Tavlama sıcaklığı bilinmeyen camın tavlama sıcaklığının geleneksel ve teknolojik yöntemlerle nasıl bulunabileceği belirtilmiştir. Tavlama problemleri ve tavlamanın nasıl kontrol edilebileceği açıklanmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** *Tavlama, Tavlama problemleri, Tavlama sıcaklığı, Tavlama süresi*



**Süleyman Görpınar, Samet Erdem, Mehmet Bolu**

Türkiye Şişe ve Cam Fabrikaları A.Ş. Cam Ev Eşyası Grubu,  
Denizli Cam Sanayii ve Ticaret A.Ş.

sgorpınar@siseecam.com, saerdem@siseecam.com, mbolu@siseecam.com

Salon  
C-110  
16:20-16:40

## FRİT, PUDRA, GRANÜL VB. YARDIMCI MALZEME ÜRETİMİ

### *Biyografi*

1979 yılında Denizli’de dünyaya gelmiş, ilk ve ortaöğrenimini Denizli’de tamamlamıştır. Ankara üniversitesinde Kimya Mühendisliğinde Lisans öğrenimini görmüş ve mezuniyeti ile birlikte askerler görevini yerine getirmiştir. Çalışmaya hayatına Tekstil sektöründe başlamış, Tekstilde ARGE, Boyama bölümlerinde görev almıştır. 2008 yılında Denizli Cam Sanayii ve Ticaret A.Ş.’ de Fırın Harman Mühendisliği kadrosu ile Şişecam bünyesinde çalışmaya başlamıştır. Fırın Harman Şefi olarak Şişecam bünyesinde görev almaya devam ederken Bilim ve Teknoloji Merkezi tarafından yürütülen çalışmaların fabrika ayağında faal olarak görev almaktadır.

### *Özet*

Frit, pudra, cam çubuk, granül v.b. üretim yardımcı malzemeleri üretim aşamasından kısmi renklendirmelerde kullanılmaktadır. Yurt dışından tedarik edilmekte olan bu malzemelerin tedarigi ve kullanımı sırasında yaşanan cam kompozisyon uyumsuzlukları, termin gecikmeleri, renk uyumsuzlukları gibi nedenler ile üretim ve terminlerde gecikmeler yaşanabilmektedir. Bu gecikmeler müşteri memnuniyetsizlikleri ve şikâyetlerine neden olmaktadır. Yurt dışı ilk tedarik ve/veya yaşanabilecek problemlerin çözümü için termin sürelerinin uzun olması kaynaklı sorunların önüne geçebilmek adına bu ürünlerin Denizli Cam Fabrikasında üretimi için çalışmalar yapılmaktadır. - İlk aşamada istenilen ürün üzerinden analizler yaptırılarak oksit içeriği tespit edilmektedir. - 2. aşamada tespit edilen oksit kompozisyonunu elde etmek için harmandan oksitler ayarlanarak küçük ölçekli fırınlarda deneme ergitmeleri yapılmaktadır. - 3. aşamada elde edilen ürünler kullanılarak numune üretim çalışmaları yapılarak kalite kontrol ve müşteri onayı aşamalarından geçirilerek, onaylanan reçete ile üretimde kullanılmak üzere yardımcı ürün üretimi yapılmaktadır. Fabrika içerisinde yürütülen bu çalışmalar kapsamında hem maliyet hemde tedarik süresi konusunda avantaj sağlanmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** *Frit, Pudra, Granül, Yardımcı Malzeme, Üretim, Ergitme, Renklendirme*

## 1. GİRİŞ

Cam çubuk, granül, pudra v.b. yardımcı cam malzemeler, el imalatı üretim prosesinde, sıcak hatta kısmi renklendirme işleminde kullanılmaktadır. ( Şekil 1-2 )

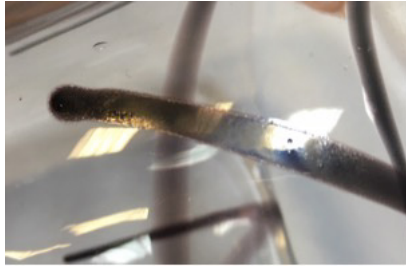


**Şekil 1. El İmalatı Üretiminde Kullanılan Yardımcı Cam Malzemeler**



**Şekil 2. Yardımcı Malzemeler ile Üretilen Çeşitli El İmalatı Ürünler**

İlgili yardımcı malzemeler, yurt dışından uzun tedarik süreçlerinde temin edilmektedir. Kullanımı sırasında ana cam ile termal uyumsuzluklar, renk uyumsuzlukları vb. beklenmedik sorunlar ile karşılaşabilmektedir. Bu nedenle terminlenen müşteri sevinde gecikmeler yaşanabilmektedir. Bu gecikmeler müşteri memnuniyetsizlikleri ve şikayetlerine neden olmaktadır. (Şekil 6-7 )



**Şekil 6. Tedarik edilen siyah çubuktaki kurşun içeriği nedeniyle, alev parlatma sonrası ürün üzerinde yanma efekti sorunu**



**Şekil 7. Denizli Cam'da üretilen kurşunsuz siyah çubuğun alev parlatmalı ürün üzerindeki görseli**

Belirtilen sorunları aşmak adına, ilgili yardımcı malzemelerin Denizli Cam Fabrikası'nda el imalatı üretim tekniği ile üretimi için geliştirmeler yapılmaktadır:

- İlk aşamada yurtdışından tedarik edilerek kullanılmakta olan ilgili yardımcı malzemelerin XRF cihazı ile yarı kantitatif kimyasal analizi yapılarak oksit içerikleri tespit edilir. (Tablo 1-2)

**Tablo 1: Tedarik Edilen Kurşunlu Siyah Çubuğun XRF Kimyasal Analizi [1]**

Kullanılan Metod No : XRF/DM.01																	
Numunenin Niteliği	Numune No	% SiO <sub>2</sub>	% Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	% Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	% CaO	% Na <sub>2</sub> O	% K <sub>2</sub> O	% PbO	% MnO	% Sb <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	% Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	% P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	% Au <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	% CoO	% CuO	% ZnO	% NiO
Siyah Çubuk	2016-126009	53,2	0,54	0,38	2,22	7,66	6,41	16,0	8,00	0,18	0,55			0,26	2,42		1,79

**Tablo 2. Denizli Cam Üretimi Kurşunsuz Siyah Çubuğun XRF Kimyasal Analizi [2]**

Kullanılan Metod No : XRF/DM.01																	
Numunenin Niteliği	Numune No	% SiO <sub>2</sub>	% Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	% Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	% CaO	% Na <sub>2</sub> O	% K <sub>2</sub> O	% PbO	% MnO	% Sb <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	% Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	% P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	% Au <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	% CoO	% CuO	% ZnO	% NiO
Siyah Çubuk	2016-126009	53,2	0,54	0,38	2,22	7,66	6,41	16,0	8,00	0,18	0,55			0,26	2,42		1,79

- İkinci aşamada tespit edilen cam oksit değerleri üzerinden, fabrika ana kurşunsuz kristal cam kompozisyonuna termal açıdan uygun, doğru renk tonunda ürün elde etmek için alternatif harman kompozisyonları hazırlanır. ( Tablo 3-4 ) Bu alternatif reçeteler küçük ölçekli fırınlarda ergitilir.

**Tablo 3. Denizli Cam'ın Kurşun İçermeyen Siyah Çubuk Üretimi İçin Harman ve Termal Genleşme [3] Tablosu**

DENİZLİ CAM ÜRETİMİ SİYAH ÇUBUK REÇETESİ								
HAM MADDE	kg	CAM A DÖNÜŞÜM		CAM OKSİT		CAM OKSİT		TERMAL GENLEŞME *10-7
		ORANI ( % )	MİKTARI (KG)	%	TOPLAMDA %			
BARYUM KARBONAT	3,700	BaO	77,1	2,85	2,85	BaO	2,85	3,99
BORAKS PENTA HIDRAT	2,140	Na <sub>2</sub> O	21,23	0,45	0,45	Na <sub>2</sub> O	12,70	54,85
		B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	47,95	1,03	1,03	B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1,03	-0,34
KALSİT	11,900	CaO	56	6,66	6,66	CaO	6,66	7,78
KUVARS	67,600	SiO <sub>2</sub>	100	67,60	67,59	SiO <sub>2</sub>	67,59	18,05
POTASYUM KARBONAT	2,000	K <sub>2</sub> O	68,11	1,36	1,36	K <sub>2</sub> O	2,20	8,58
POTASYUM NİTRAT	1,800	K <sub>2</sub> O	46,53	0,84	0,84	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,06	0,10
SODA	20,000	Na <sub>2</sub> O	58,49	11,70	11,70	MnO <sub>2</sub>	2,16	1,58
SODYUM SÜLFAT	1,250	Na <sub>2</sub> O	43,66	0,55	0,55	CoO	0,26	0,38
		SO <sub>3</sub>	35,00	0,44	0,44	SO <sub>3</sub>	0,44	
KROM OKSİT	0,060	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	100	0,06	0,06	ZnO	2,00	1,20
MANGAN OKSİT	2,160	MnO <sub>2</sub>	100	2,16	2,16	NiO	2,00	2,66
KOBALT OKSİT	0,260	CoO	100	0,26	0,26	CuO	0,05	0,05
ÇİNKO OKSİT	2,000	ZnO	100	2,00	2,00			
BAKİR OKSİT	0,050	CuO	100	0,05	0,05			
NİKEL OKSİT	2,000	NiO	100	2,00	2,00			
TOPLAM	116,92		0,86	100,0	100,00		100,00	98,9

**Tablo 4. Denizli Cam Kurşunsuz, Renksiz Ana Kristal Cam Termal Genleşme Analizi [4]**

Fiziksel Özellikler	Metod No	
	DC BARDAK (10165)	
Doğrusal Isıl Genleşme Katsayısı, $\alpha(1.24 \cdot 10^{-7} / ^\circ\text{C})$	99,1	CTG.DM.07

- Üçüncü aşamada ergitilen sıvı camdan, el imalatı üretim teknikleri kullanılarak yardımcı malzeme numune çubuk ve granül üretimi gerçekleştirilir. ( Resim 3-4 ) Granüllerin biyalı değirmende öğütülmesi ile pudra elde edilir.( Resim 5 )



**Şekil 3. El İmalatı Üretim Tekniği Kullanılarak Cam Çubuk Üretimi**



**SU İÇİNE AKITMA**



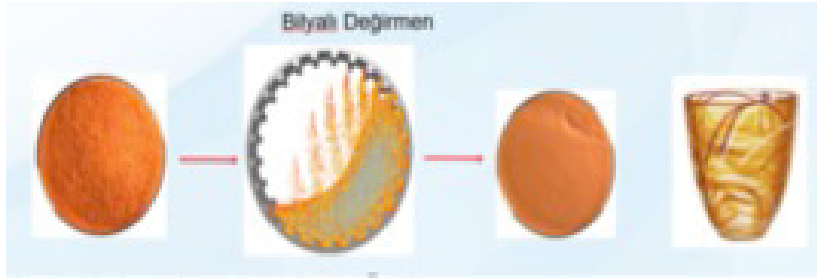
**KURUTMA VE ELEME**



**GRANÜL FİRİN**



**Şekil 4. El İmalatı Üretim Tekniği Kullanılarak Cam Granül Üretimi**



**Şekil 5. Cam Granülden Pudra Üretimi**

- Numune bazlı üretilen bu yardımcı malzemeler kullanılarak, müşteriye sevk edilecek hedef ürün için numune üretimleri gerçekleştirilir.
- Son aşamada numune ürünler için kalite kontrol ve müşteri onayı alınır. Onay süreci sonunda, uygun reçete ile ihtiyaç miktarı kadar yardımcı malzeme üretimi gerçekleştirilir.

## KAYNAKÇA

[1] Yıldırım, E. (2017). Türkiye Şişe ve Cam Fabrikaları A.Ş. Araştırma ve Teknoloji Geliştirme Başkanlığı (Rapor no. 2017-6022), İstanbul.

[2] Akkaya, P. (2018). Türkiye Şişe ve Cam Fabrikaları A.Ş. Araştırma ve Teknoloji Geliştirme Başkanlığı (Rapor no. 2018-44912), İstanbul.

[3] Fluegel, A.(n.d.). Thermal Expansion Calculation of Silicate Glasses at 210°C, Based on the Systematic Analysis of Global Databases, Jena, p 2. from the World Wide Web: [http://glassproperties.com/expansion/Expansivity\\_Glass\\_2006.pdf](http://glassproperties.com/expansion/Expansivity_Glass_2006.pdf)

[4] Arıburnu, D., Aşar, R. (2017). Türkiye Şişe ve Cam Fabrikaları A.Ş. Araştırma ve Teknoloji Geliştirme Başkanlığı (Rapor no. 11927), İstanbul.

Pelin Akkaya, Ayşegül Yörür Yıldız, Şener Yılmaz,  
Merve Akdemir Kutluğ

Türkiye Şişe ve Cam Fabrikaları A.Ş. Bilim, Teknoloji ve Tasarım Merkezi  
pakkaya@siseccam.com, ayorur@siseccam.com, senyilmaz@siseccam.com,  
makdemir@siseccam.com

Salon  
C-110  
16.40-17.00

## FARKLI OKSİDASYON SEVİYESİNE SAHİP DEMİR OKSİT HAMMADDE KAYNAKLARININ CAM RENGİNE ETKİLERİ

### Biyografi

Pelin Akkaya lisans eğitimini 2013 yılında, yüksek lisans eğitimini ise 2016 yılında Ankara Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü'nde tamamlamıştır. Nisan 2015 tarihinden itibaren Şişecam Bilim ve Teknoloji Merkezi Analiz ve Destek Hizmetleri Direktörlüğü'nde çalışmaktadır. Cam hatalarının karakterizasyonu ve kaynaklarının belirlenmesi, cam üretimi için alternatif veya mevcut hammaddelerin kimyasal ve mineralojik incelemeleri konularında araştırmalar yapmaktadır.

### Özet

Yeşil renkli cam üretiminde harmanda renklendirici olarak kullanılan demir oksit hammaddesi, içerisinde oksidasyon seviyesi farklı olan demir mineral fazları [Vüstit ( $\text{FeO}$ ), Manyetit ( $\text{FeO}\cdot\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) ve Hematit ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) gibi] içerebilmektedir. Üretimde, camın yeşil rengini etkileyen parametre  $\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}$  toplam oranı olup, söz konusu demir oksit kaynağı hammaddelerden gelebilecek  $\text{Fe}^{2+}$  ve  $\text{Fe}^{3+}$  değerlikli demir miktarları da doğrudan cam rengine etki etmektedir.

Çalışma kapsamında Şişecam Düzcam yeşil renk üretiminde, YS++ kodlu camın katalog değerleri referans olarak alınmıştır. Standart olarak alınan yüksek saflıktaki  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  (hematit),  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  (manyetit) ve  $\text{FeO}$  (vüstit) hammaddeleri farklı oranlarda tartılarak, cam eritişler yapılmıştır. Eritişlerden elde edilen cam numunelerinin UV spektrofotometre ile renk analizleri yapılarak referans cam rengine en uygun demir oksit hammaddesinin mineralojik içeriği belirlenmiştir.

Sonuç olarak demir oksit hammaddelerindeki farklı oksidasyon seviyelerinin cam rengine etkisi belirlenmiş ve yeşil cam üretimi için kullanılması gereken demir oksit hammaddesinin mineralojik spesifikasyonu belirlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Hematit, Demir Oksit, Yeşil Cam

## 1. GİRİŞ

Cam üretiminde renklendirici hammadde olarak kullanılan demir oksit her işletmemizde farklı tedarikçilerin farklı kaynaklarından temin edilmektedir. İşletmelerimizin güvenilir hammadde kaynağı olarak kullanabilmesi için kimyasal ve faz analizleri yapılarak cam üretiminde problem oluşturmayacak nitelikte olduğunun kontrolü gerekmektedir.

Yeşil renkli cam üretiminde kullanılan demir oksit hammaddeleri içerisinde oksidasyon seviyesi farklı olan demirli mineral fazları içerebilmektedir. Bu fazlar;

- Hematit ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) -  $\text{Fe}^{+3}$
- Manyetit ( $\text{FeO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$ ) -  $\text{Fe}^{+3}$ ,  $\text{Fe}^{+2}$
- Vüstit ( $\text{FeO}$ ) -  $\text{Fe}^{+2}$

Demir, soda-kireç camlarında  $\text{Fe}^{+2}$ (ferrous) ve  $\text{Fe}^{+3}$  (ferric) formunda bulunur.  $\text{Fe}^{+2}$  cama mavi yeşil,  $\text{Fe}^{+3}$  sarı yeşil renk verir.  $\text{Fe}^{+2}$ 'nin kızıl ötesi bölgede 1050 nm dalga boyunda merkezlenen kuvvetli bir absorpsiyonu vardır.  $\text{Fe}^{+3}$  ise görünür bölgede 440-430 ve 380 nm dalga boylarında merkezlenen ve mor ötesi bölgede devam eden absorpsiyon bandına sahiptir.

Demirin cama vermiş olduğu renk (demir iyonlarının oksidasyon durumu) aşağıdaki parametrelerden etkilenir:

- $\text{Fe}^{2+}$ /Fetoplam oranı,
- Fırın atmosferi,
- Ergime süresi,
- Ergime sıcaklığı,
- Harmana ilave edilen indirgen (kömür/antrasit) ve yükseltgen (sülfat/nitrat) maddeler
- Fırın şartları (Hava/yakıt oranı, çekiş vb.)

Bu çalışmada, düzcama yeşil renk üretiminde "YS++ cam" ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$  %1.05) hedef alınarak yapılan laboratuvar ergitışlerinde, 3.2 mm renk ve geçirgenlik katalog değerleri ile karşılaştırmalar yapılmıştır.

## 2. MATERYAL VE YÖNTEM

Yapılan çalışma kapsamında demir oksit hammaddesinden gelen fazlar deneysel tasarım yapılarak farklı kombinasyonlarda karıştırılarak ergitışler yapılmıştır (Tablo 1). Deneylerde Trakya Cam Trakya Fabrikasının ham maddeleri kullanılarak YS++ cam rengi için harman tablosu hazırlanmıştır.



**Tablo 1. Ergitiş numunelerine ait demir oksit ham maddesi oranları**

Numune	Manyetit ( $Fe_3O_4$ )	Hematit ( $Fe_2O_3$ )	Vüstit (FeO)
1	% 33	% 50	% 17
2	% 50	% 33	% 17
3	% 50	% 17	% 33
4	% 33	% 17	% 50
5	% 17	% 33	% 50
6	%17	% 50	% 33
7	% 33	% 33	% 33
8	-	% 100	-
9	% 100	-	-
10	-	-	% 100



**Şekil 1. Farklı fazlarda demiroksit içerikli hammadde ile deneyi yapılmış cam numuneleri**

## 2. 1. XRF Analizi

Farklı fazlarda demiroksit içerikli hammadde ile deneyi yapılmış cam numuneleri Rigaku ZSX Primus II X-Işını Floresans (XRF) spektrometresi ile kantitatif olarak analizlenmiştir (Tablo 2).

**Tablo 2. Ergitiş numunelerinin XRF analiz sonuçları**

Numune	% Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> içeriği
1	1.02
2	1.03
3	1.08
4	1.10
5	1.06
6	1.04
7	1.06
8	1.18
9	1.07
10	1.11

## 2. 2. Renk Analizi

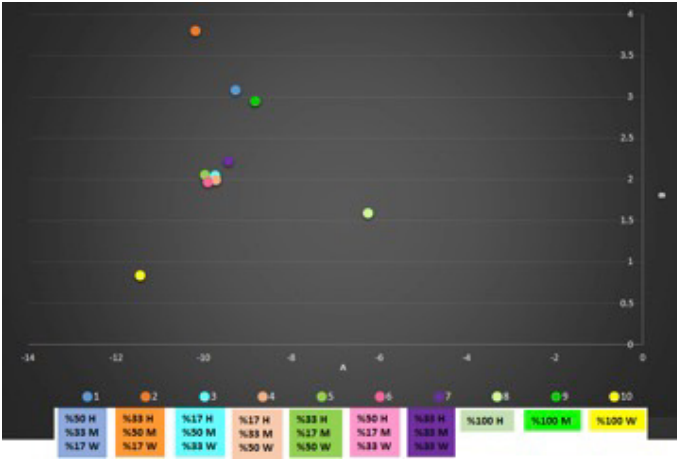
Hazırlanan ergitiş numuneleri Perkin Elmer Lambda 950 UV Vis NIR cihazı kantitatif olarak analizlenmiştir (Tablo 3).

**Tablo 3. Ergitiş numunelerinin Fe<sup>+2</sup>/Fe<sub>toplam</sub> oranları**

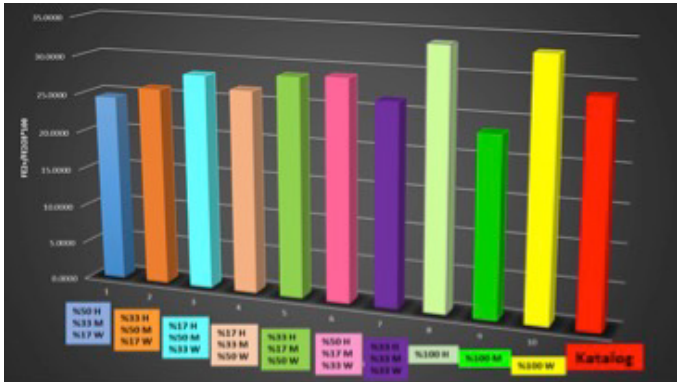
Numune	Fe <sup>+2</sup> /Fe <sub>Toplam</sub> *100
1	24.51
2	25.53
3	28.06
4	26.55
5	28.68
6	29.13
7	26.42
8	33.73
9	23.36
10	33.24

### 3. SONUÇLAR

Bu çalışmada, demir oksit farklı değerliklerinin cam rengine olan etkisi incelenmiştir. Teorik çalışmalarda da belirtildiği gibi +2 değerlikli demirin rengi mavimsi yeşil; +3 değerlikli demirin sarımsı yeşil renk verdiği görülmüştür (Şekil 2-3).



Şekil 2. Numunelere ait Lab grafiği



Şekil 3. Numunelere ait Fe<sup>2+</sup>/Fetoplam grafiği

Çalışmada yapılan ergitiş numuneleri ile fabrikada üretilmiş (antrasit kullanılarak) düzcam katalog değeri karşılaştırılmıştır. Katalog değeri ile elde edilen numuneler harmana eklenen indirgen/yükseltgen maddeler ve fırın şartları itibariyle aynı şartları temsil etmeseler de yapılan karşılaştırmalarda katalog değerine en yakın renk sonucu 4-5-6 kodlu numuneler vermiş olup demir oksit oranları %17-50 Manyetit ( $Fe_3O_4$ ), %17-50 Hematit ( $Fe_2O_3$ ) ve %33-50 Vüstit ( $FeO$ ) olduğu görülmüştür.

İşletmelerde indirgen/yükseltgen madde hava/yakıt oranı gibi değişimlerle hedef renk aralığı sağlanmaktadır. Laboratuvar ölçeğinde yapılan bu çalışma sonucundan; kullanılan demir oksit ham maddesinin değerliğinin sabit tutulması ile fırın şartlarında yapılacak değişikliğe gerek duyulmayacaktır. Her işletme/çalışılan cam rengi için aynı değerlikteki demir oksit ham maddesiyle üretim tamamlanması önerilmektedir.

### **TEŞEKKÜR**

*Çalışmanın yürütülmesi sırasında yardımlarından dolayı Sn. Gülin Demirok'a, Sn. Duygu Güldiren'e, Sn. Semih Binay'a ve Sn. Ahmet Yılmaz'a teşekkür ederiz.*

Ayhan Aydemir<sup>1</sup>, Seçil Erman<sup>2</sup>, Barış Keser<sup>3</sup>,  
Tuncay Aydın<sup>4</sup>, Fehiman Akmaz<sup>5</sup>, Ahmet Bay<sup>6</sup>

<sup>1</sup> Türkiye Şişe ve Cam Fabrikaları A.Ş.,  
Düzcam Grubu, Trakya Cam Sanayii A.Ş. Mersin Fabrikası

<sup>2</sup> Türkiye Şişe ve Cam Fabrikaları A.Ş.,  
Düzcam Grubu, Geliştirme Müdürlüğü

<sup>3</sup> Türkiye Şişe ve Cam Fabrikaları A.Ş.,  
Kimyasallar Grubu, Camış Madencilik A.Ş.

<sup>4</sup> Türkiye Şişe ve Cam Fabrikaları A.Ş.,  
Düzcam Grubu, Yurtiçi Satışlar Grup Müdürlüğü

<sup>5</sup> Türkiye Şişe ve Cam Fabrikaları A.Ş.  
Bilim, Teknoloji ve Tasarım Merkezi

<sup>6</sup> Türkiye Şişe ve Cam Fabrikaları A.Ş.  
Düzcam Grubu, Trakya Cam Sanayii A.Ş. Mersin Fabrikası  
aaydemir@siseccam.com, serman@siseccam.com, bkeser@siseccam.com,  
tunaydin@siseccam.com, fakmaz@siseccam.com, abay@siseccam.com

Salon  
C-110  
17:00-17:20

## RENKSİZ DÜZCAM ÜRÜNLERİNDE RENK TONUNUN AÇILMASI

### Biyografi

Eylül 1978 Büyükkada doğumlu olan Ayhan Aydemir, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Kimya Mühendisliği Bölümü'nden 2000 yılında mezun olmuştur. Aynı üniversitede İşletme Yüksek Lisans Programı'na başlamış; örgütsel liderlerde stres, tükenmişlik sendromu ve iletişim çatışmaları arasındaki ilişkiler üzerinde araştırmalarını sürdürmüştür. 2001-2004 yılları arasında tekstil endüstrisinin çeşitli alanlarında çalışmış ve askerlik görevini ifa etmiştir.

2005 yılı sonunda Düzcam Grubu'nun Yenişehir Fabrikası ile Şişecam kariyerine başlamıştır. İşletme Mühendisi unvanı ile İki düzcam hattının montajı ve devreye alma çalışmalarında görev almış, aynı fabrikada Üretim Şefliği'ne terfi etmiştir. Ağustos 2013'e kadar bu görevde kalmış, aynı yıl Mersin Fabrikası Üretim Müdürlüğü'ne terfi etmiştir. Halen bu görevi sürdürmektedir. Üretim Müdürlüğü çatısı altında iki düzcam, iki buzlu cam hattından sorumludur.

### Özet

Renksiz düzcam ürünlerinde hammaddelerin içerdiği safsızlıklardan biri demir mineralidir. Renkli cam üretimlerinde yeşil renk elde edilebilmesi için kullanılan demir mineralleri, safsızlık olarak cam üretim sürecine katıldığında da ürün kesitinde koyu yeşil renge sebep olmaktadır. Ürün camdaki demirin oranı ve minerolojik dağılımı camın solar performansını da direkt olarak etkilemektedir. Toplam demiri ve FeO oranı düşük ürünlerin ışık-solar geçirgenlikleri daha yüksek değerlere ulaşmaktadır.

Son dönemde Avrupa Pazarı'nda daha açık renk tonuna sahip renksiz düzcam ürünlerinin fark yaratma ve tüketicinin ilgisini çekmede başarılı olduğu görülmektedir. Kesit görüntüsü açık-parlak yeşil düz cam ürünlerinin yüksek kalite algısı oluşturduğu ve Kuzey Avrupa ülkelerinde gün ışığından etkin faydalanma aracı olarak sunulduğu bilinmektedir. Bu beklentiyi karşılamak adına Düzcam Grubu renksiz ürünlerinin toplam demir içeriklerinin %0,100-0,110 seviyesinden %0,070-0,075 seviyesine düşürülmesine yönelik çalışmalar 2015 yılı itibarıyla başlatılmıştır.

Kaynağın jeolojik yapısına bağlı olarak kum diğer hammaddelere kıyasla yüksek oranda demir içerebilmekte ve çoğu zaman nihai ürünün toplam demir içeriğinin temel belirleyicisi olmaktadır. Yerli kum kaynaklarının yüksek demir içerikleri sebebiyle Camiş Madencilik A.Ş. tüm yurtiçi kaynaklarında bu hedefe yönelik olarak çalışmalarına başlamış ve düşük demir içerikli kum arzını sağlamıştır.

Hedef demir içeriğinin yaklaşık üçte bir oranında düşmesi sebebiyle tüm düz cam fırınlarda taban sıcaklıkları yükselmiş, devitrit habbeleri artmış ve ergitme-afinasyon performansları değişmiştir. Renk tonu açıldıkça fırınlar arası renk tonu farkları hissedilir hale gelmiştir. Harman kimyası ve fırın parametrelerine yönelik çalışmalar sonrasında yanma verimliliği, randıman, ürün cam kalitesi ve kapasiteden taviz verilmeksizin düşük demir içerikli cam üretimi standart hale getirilmiştir ve bahsi geçen sorunlar çözülmüştür. Fırınlar arası renk tonu farkları müşteri toleransları dahilinde kalacak şekilde minimum seviyeye getirilmiştir.

Değişken piyasa koşulları, kaliteli ürün arzının artması, birim maliyetlerde hareket alanının daralması gibi sebepler fark yaratacak, tüketicinin ilgisini çekecek ürün arzını zorunlu kılmaktadır. Yüksek tonajlı kütle üretimi yapan düzcam fırınlarında piyasa gündemine uyum sürecinin ilk adımı başarılı şekilde yönetilmiş, ürün arzı ve kalite seviyesinde sorun yaşanmaksızın %0,070-0,075 demir oranı aralığına gelinmiştir. Orta vadede toplam demir içeriğinin düşürülmesi ve renk tonunu açılmasına yönelik çalışmaların sürdürülmesi planlanmaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** Rensiz, Düzcam, Renk, Demir

## 1. GİRİŞ

Camın ticari binaların dış cephelerinde cam kullanım oranı %95'e kadar yükselmiştir. İç mekanlarda da uygulama kolaylığı, seçici özelliklere sahip ürünlerin sağladığı fonksiyonellik, görece düşük maliyet, az yer kaplama ve estetik cazibe sebebiyle cam kullanımı yükselen bir hızla artmaktadır. Son yıllarda Avrupa pazarında 8-10mm renksiz düz cam ürünlerin kesit görüntülerine ilişkin talepler üreticileri bu konuda çalışma zorlamaktadır. Yakın zamanda global düz cam üreticilerinden biri renksiz ürünlerin demir içeriğini düşürmüş ve kesit görüntüsünün daha açık, berrak ve göz alıcı olmasını sağlamıştır. Bir diğer global düzcam üreticisinin dar bir zaman aralığında bu pazara hitap eden tüm fırınlarında renk tonunu açmasıyla birlikte 8-10 mm müşterilerinin neredeyse tamamı bu yeni ürüne yönelmiştir.

## 2. RENK TONUNUN AÇILMASI

Renksiz ürünlerin toplam demir içeriğinin % 0,110 seviyesinde % 0,070'e düşürülmesi amacıyla Camış Madencilik A.Ş. saha çalışmalarına başlamış ve kum demir içeriğini % 0,070-0,074 bandına düşürmüştür. Belli oranda Mısır Kumu kullanan fabrikalarımızda yerel kaynakların demir içeriğinin düşürülmesi yeterli gelmediği için düşük demir içerikli dolomit kaynaklarına geçilmiştir. Nihayetinde 2016 yılı itibarıyla tüm renksiz fırınların hedef demir değerinde üretimi başlamıştır. Geçiş sürecinde öngörüldüğü üzere fırın taban sıcaklıkları 30-50 °C aralığında yükselmiş, devitrit çözünmesi kaynaklı küçük sınıf habbe hatalarında geçici yükseliş görülmüş, birkaç haftalık değişkenlikten sonra tüm fırınlarımızda denge kurulmuştur. Yükselen fırın taban sıcaklıkları ergitme performansını olumlu etkilemiş ve özgül yakıtta 1-2S m<sup>3</sup>/ton'luk iyileşmeler görülmüştür. Demir içeriğinin yaklaşık % 36 düşmesi ile birlikte iki farklı fırına ait plakaların kesit görüntülerindeki renk tonu farkı daha hissedilir hale gelmiştir. Bahsi geçen fabrikalardan renksiz düzcam tedarik eden ve dekoratif amaçlı boyama işlemi yapan müşteriler ikincil işlem sonrası renk tonu farkını cepheden gözlemede tespit edebildiklerini ve riskli seviyede olmamakla birlikte bu farkın nihai müşteride rahatsızlık yaratabileceğini ifade etmişlerdir. Düzcam Grubu Üretim Müdürleri, Düzcam Geliştirme Müdürü, Şişecam Bilim ve Teknoloji Merkezi çalışanlarından oluşan bir komite biri sarı-yeşil, diğer mavi-yeşil nüansa kalarak fark yaratan bu iki fırına yönelik çalışmalara başlamıştır.

## 3. FIRINLAR ARASI RENK TONU FARKI

Cam ürünlerin demir içeriklerinin minerolojik dağılımı ışık geçirgenliği, solar geçirgenlik ve renk tonu üzerinde direkt etkilidir. Fe<sup>2+</sup>/Toplam Demir oranı yükseldikçe solar performans düşmekte ve renk tonu mavi-yeşil nüansa kaymaktadır. Bu durum renk matrisinde "b" değerinin negatif yönde hareketine sebep olmaktadır. Fe<sup>2+</sup>/Toplam Demir oranının düşmesi durumunda ise geçirgenlik değerleri yükselmekte, "b" değeri pozitif yönde hareket etmektedir. Böyle bir camda kesit rengi sarı-yeşil nüansa olmaktadır.

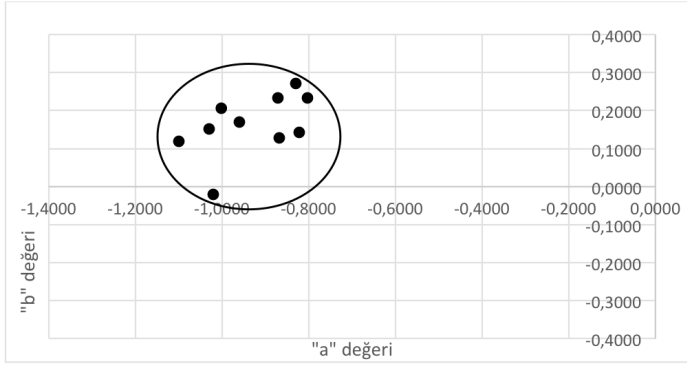
Düşük Oran (sarı yeşil)

$Fe^{+2} / FeO.Fe_2O_3$

Yüksek Oran (mavi yeşil)

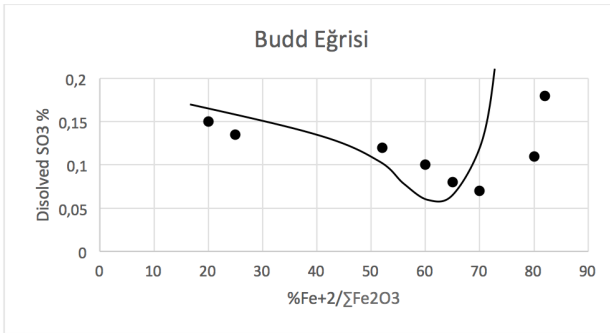
**Şekil 1. Camda  $Fe^{+2}$ /Toplam Demir Oranı ve Renk Tonu İlişkisi**

Renksiz ürünlerin demir içeriklerinin düşürülmesi sonrasında grubun bütününün kümelendiği noktadan görece farklı yerde konumlanan bir fırının ürünü mavi-yeşil nüansta kalmıştır.



**Şekil 2. Düşük Demir İçeriğinde Fırınlara Renk Değerleri**

Mavi-yeşil nüansta kalan fırının  $Fe^{+2}$ /Toplam Demir oranının % 22-25 bandından % 32-34 bandına yükseldiği görülmüştür.  $SO_3$  çözünürlük dengesini etkileyen bu değişim tonaj üst limitinde çalışan fırının afinasyon performansında da dalgalanmaya sebep olmuş ve toplam hata yoğunluklarının 3-3,5adet/20m<sup>2</sup> aralığında seyretmesine sebep olmuştur.

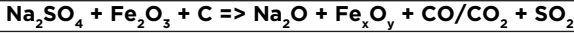


**Şekil 3.  $Fe^{+2}$ /Toplam Demir - Çözünmüş  $SO_3$  İlişkisi**



Mavi-yeşil nüansta kalan fırına ait renksiz ürünlerde “b” değerinin (4mm değeri) 0,10-0,20 aralığına yükseltilmesi için demir oksidasyonuna yönelik müdahaleler yapılmıştır. Bu doğrultuda aşağıdaki müdahaleler yapılmıştır:

**Karbon-Sülfat Oranlarının Revizyonu:** Harman reçetesindeki sodyum sülfat oranının kademeli şekilde yükseltilmesi ve antrasit oranının düşürülmesi yönünde hareket edilmiştir. Bahsi geçen harman bileşenleri için yapılan her değişiklikten sonra minimum bir hafta süre ile geçirgenlik, renk ve Fe<sup>+2</sup>/Toplam Demir oranlarının seyri izlenmiştir. Özellikle karbon miktarındaki düşüşün “b” değerini hedeflenen yönde şiddetli etkilediği ölçüm ve veri analiz yöntemleri ile desteklenmiştir. Ancak “b” değerinin hedeflenen aralığa getirilmesi için antrasitin önceki dönemlerde söz konusu olmamış değerlere düşürülmesi gerekmiş ve bu durum ergitme-afinasyon zaafiyeti doğurmuştur. Silika segregasyon kaynaklı saatlik K5 hata sayısı 70-80 bandına yükselmiş, ergimemiş harman parçaları boyun soğutucu önünde birikmeye başlamış ve kalite kayıplarını arttırmıştır. Küçük sınıf habbe hatalarındaki artış kalite kayıplarını arttırmamış ancak nitelikli cam performansını olumsuz etkilemiştir. Bahsi geçen müdahalenin besleme ağızında gerçekleşen demir-karbon-sülfat reaksiyonunun performansını düşürdüğü düşünülmektedir.



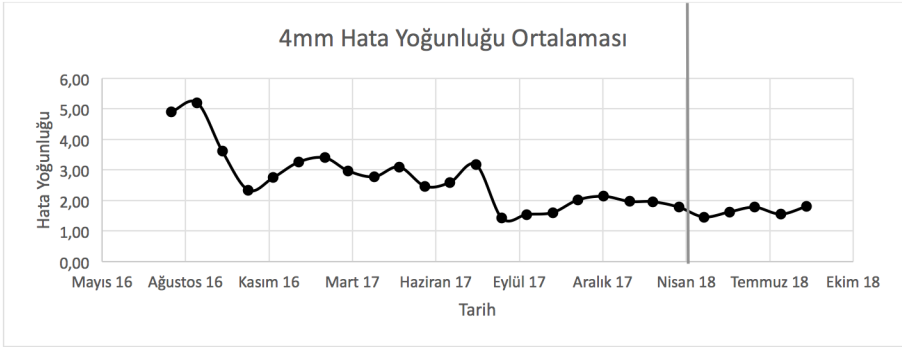
**Hava-Yakıt Oranı Artışı:** İlk 5 portta hava-yakıt oranları gaz analizlerinde % 3-4 O<sub>2</sub> görecek şekilde arttırılmıştır. “b” değerinde anlamlı bir değişim gözlenmemiş, yanma verimliliği düştüğü için 10-20 Sm<sup>3</sup>/ton özgül yakıt artışı gözlenmiştir.

**Ergitme Cam Sıcaklığı Düşüşü:** Demir oksidasyonunun arttırılması amacıyla ergitme cam sıcaklığı kademeli olarak 20°C düşürülmüştür. Karbon müdahalesi kadar şiddetli olmamakla birlikte “b” değerinin artış yönünde hareketlendiği gözlenmiştir. Ancak hedef “b” değerine gelmesi için tek başına yeterli gelmeyeceği görülmüş ve diğer müdahalelerle birlikte uygulanmıştır. Düşük ergitme cam sıcaklığı silika segregasyon kaynaklı kalite kayıplarını arttırmış, habbe kaynaklı hata yoğunluğu yükselişi sebebiyle nitelikli cam performansını olumsuz etkilemiştir.

Yukarıda özetlenen müdahalelerle hedef “b” değerinde üretim mümkün olmuş ancak ergitme-afinasyon performansındaki gerileme, kalite kayıpları, nitelikli cam performansının düşmesi gibi sebepler sürdürülebilir bir noktaya gelinemediğini göstermiştir. Gerek sinai maliyete ilişkin kaygılar gerek üretim planına uyuma ilişkin hedefler sebebiyle “b” değerini yükseltmeye yönelik tüm müdahaleler geri alınmış ve fırın şartları performans odaklı üretim için revize edilmiştir. Bu süreçte yine renk, geçirgenlik, hata yoğunluğu, K5 hatalar ile fırın-harman değişkenleri arasındaki ilişkileri somut şekilde görme ve sayısallaştırma imkanı doğmuştur. Nisan 2018’den itibaren düz cam üretim sürecine uygun kuvvetli oksidan bir harman bileşeni belirlenmiş ve hayli düşük oranda beslenmiştir. Fe<sup>+2</sup>/Toplam Demir oranı % 24-26 aralığına gerilemiş ve “b” değeri olması gerektiği gibi

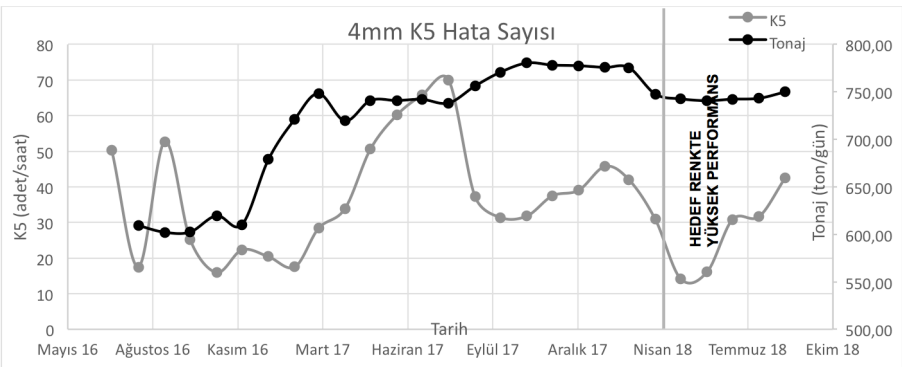
0,10-0,15 bandına yerleşmiştir. Ergitme-afinasyon performansında herhangi bir olumsuzluk görülmemiştir.

Çalışmaya konu fırında “b” değeri ve ergitme-afinasyon performansına yönelik müdahalelerin meydana getirdiği etkiler aşağıdaki şekillerde özetlenmiştir:



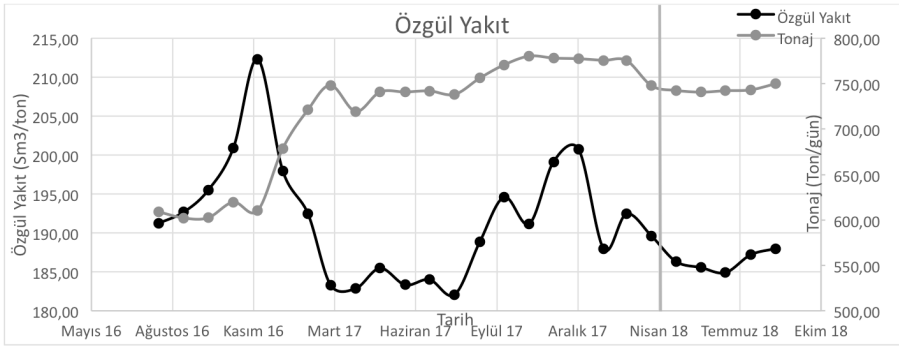
Şekil 4. 4 mm Üretimlerinde Hata Yoğunluğu Eğrisi

Ekim 2016-Eylül 2017 tarihleri arasında renge yönelik müdahaleler sebebiyle hata yoğunluğu görece yüksek seyretmiştir. Eylül 2017'den itibaren renge yönelik müdahaleler geri alınmış ve performans odaklı çalışılmıştır. Nisan 2018'den itibaren oksidan harman bileşeni ile “b” değeri hedefine getirilmiştir.



Şekil 5. 4 mm Üretimlerinde K5 Hata Eğrisi

Eylül 2017'den itibaren performans odaklı çalışmaya dönülmesi ile K5 hataların sayısı sert şekilde düşmüştür. Nisan 2018'deki oksidan harman kimyasalı şarjı K5 seyrini etkilememiştir.



Şekil 6. Özgül Yakıt Eğrisi

Hava/yakıt oranlarına yönelik müdahalelerin olumsuz etkileri 2016 yılı son çeyreğinde görülmektedir. Mart-Eylül 2017 döneminde "b" değerini artırma amacıyla ergitme cam sıcaklığı radikal şekilde düşürülmüştür. Özgül yakıtın bu dönemde düşük gerçekleşmesinin sebebi ergitme performans artışı değil, ihtiyacın altında yakıt tüketimi ile çalışılmasıdır. 2017 yılı son çeyreğinde ergitme-afinasyon performansı gözetilerek çalışılmış ve yakıt tüketiminde sert yükseliş gözlenmiştir. Nisan 2018'den itibaren hedef renk değerine gelinmiş, ergitme cam sıcaklığı optimum seviyeye çekilerek özgül yakıt düşüşü sağlanmıştır.

#### 4. SONUÇ

Nisan 2017 itibarıyla tüm float hatlarında renksiz cam demir içeriği % 0,070-0,075 bandına düşürülmüş, fırınlar arası renk tonu farkları giderilmiştir. Kalite, tonaj, randıman, özgül yakıt gibi sınav maliyetleri direkt olarak etkileyen parametrelerde herhangi bir zafiyet görülmemektedir. Ancak fiili demir içeriği ve renk tonu 8-10 mm müşterisinin beklentilerini tam anlamıyla karşılayacak seviyede değildir. Nihai demir içeriğini belirlemeye yönelik çalışmalarda yurtiçi kum rezervlerinin uygunluğu-ömrü, yurtdışı kum kaynaklarının sınav maliyet üzerindeki etkisi, sıcak coğrafyalardaki 4 mm müşterilerinin artan solar geçirgenlik için sergileyecekleri tutum göz önünde bulundurulmalıdır.

**Ayşegül Yörür Yıldız, Dr. Fulya Elgin**

T.Şişe ve Cam Fabrikaları A.Ş., Bilim, Teknoloji ve Tasarım Merkezi  
ayorur@sisecam.com, felgin@sisecam.com

Salon  
C-110  
17:20-17:40

## DÜŞÜK B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> İÇEREN CAMLARDA ALTERNATİF ANALİZ YÖNTEMLERİ

### **Biyografi**

Ayşegül Yörür Yıldız, lisans eğitimini 2006 yılında İstanbul Teknik Üniversitesi, Kimya Bölümü'nde yüksek lisans eğitimini ise 2008 yılında İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Kimya Anabilim dalında tamamlamıştır. 2009 yılından itibaren Şişecam Araştırma ve Teknolojik Geliştirme Başkanlığı, Analiz ve Destek Hizmetleri Direktörlüğü'ne bağlı Malzeme Analiz ve Karakterizasyon Müdürlüğü'nde Uzman Araştırmacı olarak görev yapmaktadır.

### **Özet**

Ticari soda kireç camları kompozisyonlarında bor oksit içermez iken borosilikat camlar %11- 13, E-camları % 0-6 ve kurşunlu kristal camlar da % 0 -2,5 B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> içermektedir.

Bor içerikli cam ürünlerde kantitatif bor analizi için Şişecam Bilim ve Teknoloji Merkezinde İndüktif Eşleşmiş Plazma-Optik Emisyon Spektroskopisi (ICP-OES) veya titrasyon gibi uzun sürelerde tamamlanan farklı metotlar kullanılmaktadır.

XRF cihazı ile borosilikat camlarda bor analizleri pratik ve zamandan kazanacak bir şekilde yapılabilmektedir. Ancak düşük miktarda bor oksit içeren cam numunelerinde hafif bir element olan borun XRF ile yapılan analizleri istenilen hassasiyette elde edilemediği için yukarıda bahsi geçen yaş kimyasal yöntemlerden farklı tekniklerle ile bor analizlerinin yapılabilirliği incelenmiştir.

Bu çalışmada B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> içerikleri %2-10 arasında değişen oranlarda hazırlanan referans borosilikat cam numunelerinde bulunan bor oksit miktarının belirlenmesi için XRF, Raman ve FT-IR Spektroskopileri ile cam örnekleri kantitatif olarak analizlenmiş ve uygun kalibrasyon eğrileri oluşturulmuştur. Ayrıca taramalı elektron mikroskopuna bağlı çalışan penceresiz enerji dağılım spektrometresi ile de aynı numunelerin yarı kantitatif analizleri yapılmıştır. Farklı yöntemler ile analizleri yapılan numunelerin yaş kimyasal yöntemle alınan sonuçları ile karşılaştırılmıştır.

Sonuç olarak düşük bor içerikli camlarda en hızlı ve en doğru yöntem olarak FTIR ile kantitatif yapılan analizler olduğu belirlenmiş olup, penceresiz EDS dedektörü ile yapılan yarı kantitatif analizlerin ise hassasiyet olarak FTIR'a yakın sonuçlar verdiği görülmüştür.

**Anahtar Kelimeler:** Camda bor analizi, Karakterizasyon, Analiz

## 1. GİRİŞ

Cam üretiminde bor oksit ( $B_2O_3$ ) ikinci en önemli cam yapıcı oksittir. Bor oksit, ısıl genişleme katsayısının düşük olması istenen camlarda kullanılır. Cam üretimi sırasında ergimeyi ve camlaşmayı kolaylaştırır. Camı asitlere karşı duyarsız hâle getirerek camın kimyasal dayanımını artırır. Tüm bu avantajlarından dolayı cam yapısında kullanılan bor oksitin, cam kompozisyonundaki az miktarlardaki içeriklerinin kantitatif olarak tespit edilmesi bor elementinin hafif element olması sebebiyle zorlaşmaktadır.

Cam kompozisyonunda bulunan bor oksit miktarının analizleri yaş kimyasal metot olan titrasyon metodu kullanılarak gerçekleştirilmektedir. Bu metot ile kesin ve güvenilir sonuçlar elde edilmekte, fakat numune ön hazırlığı ve analiz süresinin uzunluğu ile kimyasal malzeme sarfiyatı metodun dezavantajlarıdır.

Bu çalışmada, bor oksitin cam kompozisyonundaki az miktarlardaki içeriklerinin (% 2-10) tespitinde mevcutta kullanılan yaş kimyasal metoda alternatif olabilecek enstrümantal analiz yöntemlerinin uygulanabilirliği incelenmiştir.

## 2. MATERYAL VE YÖNTEM

Yapılan çalışma kapsamında öncelikle deneysel tasarım yapılarak düşük bor içerikli standart camların hazırlanması için harman tabloları (Tablo 1) oluşturulmuş ve eritme çalışmaları yapılmıştır.

**Tablo 1. Eritme Numunelerine Ait Harman İçerikleri**

Eritme Numuneleri	Hedef Oksitler (%)				
	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	Na <sub>2</sub> O
1 nolu eritme numunesi (~ %2 B <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	72	1.5	8	3	13.5
2 nolu eritme numunesi (~ %4 B <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	72	1.5	8	3	11.5
3 nolu eritme numunesi (~ %6 B <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	72	1.5	9	-	11.5
4 nolu eritme numunesi (~ %8 B <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	72	1.5	8	-	10.5
5 nolu eritme numunesi (~ %10 B <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	72	1.5	8	-	8.5

Bor elementinin eritme çalışmaları sırasında uçucu olması nedeniyle oluşabilecek kayıpların, enstrümantal yöntemlerle yapılacak incelemelerde meydana getirebileceği problemlerin önlenmesi amacıyla elde edilen referans standart cam numunelerinin içerdikleri bor oksit miktarlarının net olarak belirlenebilmesi için yaş kimyasal metot kullanılarak analizleri yapılmıştır (Tablo 2).

**Tablo 2. Referans Standart Cam Numunelerinin Yaş Kimyasal Analiz Sonuçları**

<b>Referans Standart Cam Numuneleri</b>	<b>% B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> içeriği (yaş kimyasal metot analiz sonuçları)</b>
No 1.	1.94
No 2.	3.62
No 3.	5.36
No 4.	7.35
No 5.	9.00

Hazırlanan referans cam standartları ve yaş kimyasal metot ile elde edilen sonuçlar kullanılarak alternatif ölçüm cihazları olarak seçilen Rigaku ZSX Primus II X-ışını Floresans (XRF) spektrometresi, Hitachi Regulus 8220 taramalı elektron mikroskopu (SEM)'na bağlı çalışan Oxford Ultim Extreme enerji saçınımlı X-ışını spektrometresi (EDS), Renishaw in Via Reflex Raman Spektroskopisi ve Bruker Vertex 70 Fourier Dönüşümlü Kızılötesi Spektroskopisi (FTIR) cihazlarıyla kalibrasyon eğrileri oluşturulmuştur. Elde edilen kalibrasyon eğrileri kullanılarak numunelerin az miktardaki bor oksit içeriklerinin kantitatif analizleri yapılmıştır.

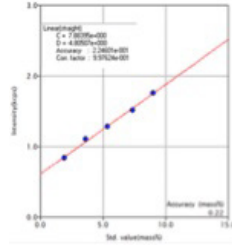
### **1. 1. XRF kalibrasyon eğrisinin oluşturulması ve ölçümleri**

Yapılan çalışmada, oluşturulan referans standart cam numunelerinin yaş kimyasal metotlarla belirlenen bor oksit içeriklerine karşılık XRF Spektrometresinde elde edilen intensite değerleri (Tablo 3) kullanılarak az miktardaki bor oksit içeriklerinin kantitatif analizleri için kalibrasyon eğrisi (Grafik 1) oluşturulmuştur.

**Tablo 3. XRF Spektrometrisi Intensite Değerleri**

<b>Intensite (kcps)</b>	<b>Konsantrasyon (% B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> )</b>
0.4778	1.94
0.7171	3.62
0.8558	5.36
1.0906	7.35
1.3049	9.00

**Grafik 1. Az Miktardaki Bor Oksit İçeriklerinin Tespiti İçin Oluşturulan XRF Kalibrasyon Eğrisi**



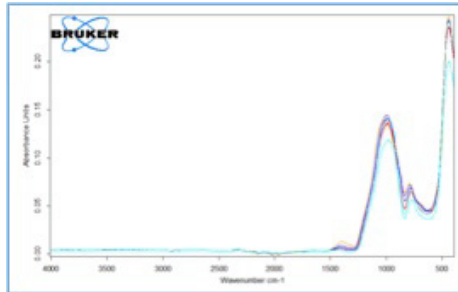
Hazırlanan kalibrasyon eğrisi kullanılarak elde edilen XRF analiz sonuçları ile yaş kimyasal metotla elde edilen analiz sonuçları Tablo 4'te karşılaştırmalı olarak verilmektedir.

**Tablo 4. Yaş Kimyasal Metot ve XRF Analiz Sonuçları**

Cam Numuneleri	% B <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (Yaş Kimyasal Analiz Sonucu)	% B <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (XRF Analiz Sonucu)
Numune 1	1.94	1.92
Numune 2	3.62	3.79
Numune 3	5.36	5.28
Numune 4	7.35	7.31
Numune 5	9.00	9.20

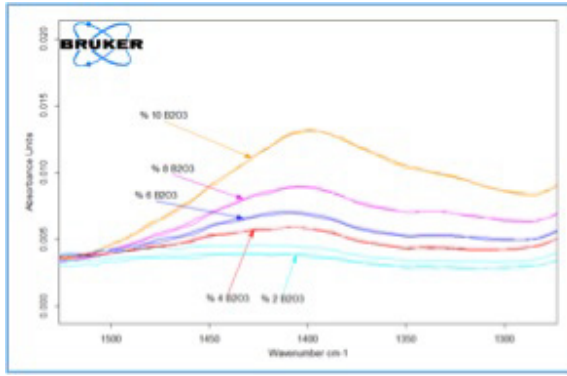
## 1. 2. FTIR kalibrasyon eğrisinin oluşturulması ve ölçümleri

Bu çalışmada, öncelikle oluşturulan referans standart cam numunelerinin FTIR spektrumları incelenmiş ve 1400 cm<sup>-1</sup> dalga boyunda B-O bağıni gösteren pikler tespit edilmiştir [1] (Spektrum 1).

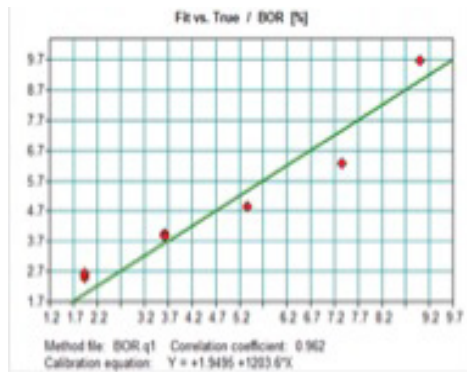


**Spektrum 1. Referans Standart Cam Numunelerinin FTIR Spektrumları**

Ayrıca elde edilen spektrum incelendiğinde referans standart cam numunelerinin bor oksit içeriklerinin artan oranlarında pik alanlarında da artış gözlemlenmiştir (Spektrum 2). Oluşturulan referans standart cam numunelerinin yaş kimyasal metotlarla belirlenen bor oksit içeriklerine karşılık FTIR Spektrumlarından elde edilen pik alanları kullanılarak az miktardaki bor oksit içeriklerinin kantitatif analizleri için kalibrasyon eğrisi (Grafik 2) oluşturulmuştur. Hazırlanan kalibrasyon eğrisi kullanılarak elde edilen FTIR analiz sonuçları ile yaş kimyasal metotla elde edilen analiz sonuçları Tablo 5'te karşılaştırmalı olarak verilmektedir.



**Spektrum 2. Referans Standart Cam Numunelerinin 1400 cm<sup>-1</sup> dalga boyunda B-O bağıını gösteren FTIR Spektrumları**



**Grafik 2. Az Miktardaki Bor Oksit İçeriklerinin Tespiti İçin Oluşturulan FTIR Kalibrasyon Eğrisi**

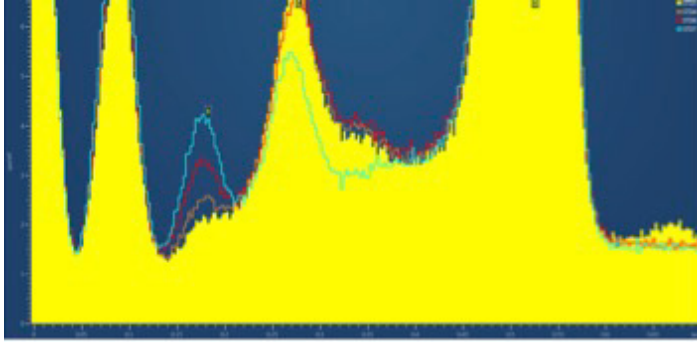


**Tablo 5. Yaş Kimyasal Metot ve FTIR Analiz Sonuçları**

Cam Numuneleri	% B <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (Yaş Kimyasal Analiz Sonucu)	% B <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (FTIR Analiz Sonucu)
Numune 1	1.94	1.83
Numune 2	3.62	3.59
Numune 3	5.36	5.42
Numune 4	7.35	7.54
Numune 5	9.00	8.90

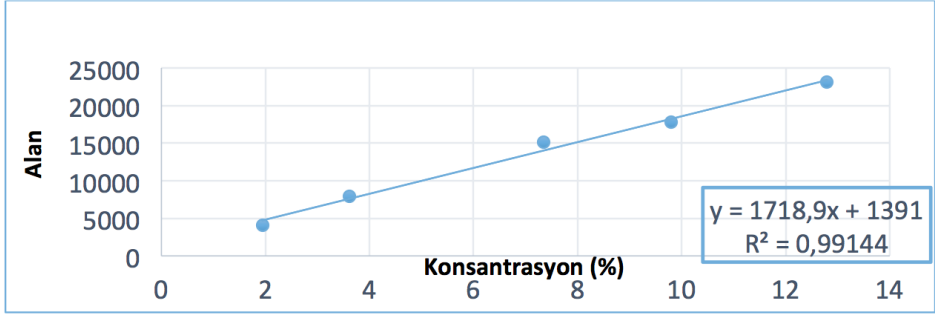
### 1. 3. SEM-EDS kalibrasyon eğrisinin oluşturulması ve ölçümleri

Oluşturulan referans standart cam numunelerinin SEM-EDS spektrumları incelenmiş ve referans standart cam numunelerinin bor oksit içeriklerinin artan oranlarında spektrumun bor elementi pik alanlarında da artış gözlemlenmiştir (Spektrum 3).



**Spektrum 3. Referans Standart Cam Numunelerinin SEM-EDS Spektrumları**

Oluşturulan referans standart cam numunelerinin yaş kimyasal metotlarla belirlenen bor oksit içeriklerine karşılık SEM-EDS spektrumlarından elde edilen pik alanları kullanılarak az miktardaki bor oksit içeriklerinin kantitatif analizleri için kalibrasyon eğrisi (Grafik 3) oluşturulmuştur.



**Grafik 3. Az Miktardaki Bor Oksit İçeriklerinin Tespiti İçin Oluşturulan SEM-EDS Kalibrasyon Eğrisi**

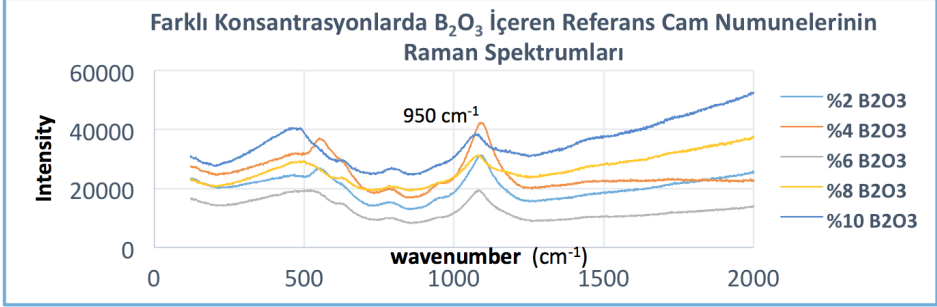
Hazırlanan kalibrasyon eğrisi kullanılarak elde edilen SEM-EDS analiz sonuçları ile yaş kimyasal metotla elde edilen analiz sonuçları Tablo 6'da karşılaştırmalı olarak verilmektedir.

**Tablo 6. Yaş Kimyasal Metot ve SEM-EDS Analiz Sonuçları**

Cam Numuneleri	% B <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (Yaş Kimyasal Analiz Sonucu)	% B <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (SEM - EDS Analiz Sonucu)
Numune 1	1.94	2.26
Numune 2	3.62	3.52
Numune 3	5.36	5.52
Numune 4	7.35	6.87
Numune 5	9.00	9.12

#### **1. 4. Raman kalibrasyon eğrisinin oluşturulması ve ölçümleri**

Bu çalışmada, oluşturulan referans standart cam numunelerinin Raman Spektrometresi ile yapılan incelemelerinde 950 cm<sup>-1</sup> dalga sayısında B-O piklerine rastlanmıştır fakat referans standart cam numunelerinin bor oksit içeriklerinin artan oranlarında spektrumun B-O başına ait pik alanlarında artış gözlemlenmemiştir (Spektrum 4). Bu nedenle az miktarda bor oksit içeriklerinin Raman Spektrometresi ile ölçülmediği belirlenmiştir.



**Spektrum 4. Referans Standart Cam Numunelerinin Raman Spektrumları**

## 2. SONUÇLAR

• Bu çalışmada, bor oksit in cam kompozisyonundaki az miktarlardaki içeriklerinin (% 2-10) tespitinde mevcutta kullanılan yaş kimyasal metoda alternatif olabilecek enstrümental analiz yöntemlerinin uygulanabilirliği incelenmiştir.

• Hafif element olan "Bor"un az miktarlardaki (% 2-10 B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) içeriklerinin XRF, FTIR ve SEM-EDS ile kalibrasyon eğrilerinin oluşturulmasıyla kantitatif analizlerinin yapılabilirliği belirlenmiştir.

• Mevcutta uygulanan yaş metoda alternatif olacak yeni metotlar ile analiz süresi azaltılmıştır. Böylelikle oluşabilecek problemlerin hızlı çözümü sağlanabilecektir.

• Ayrıca, yeni enstrümental metotlar sayesinde kimyasal malzeme sarfiyatı yapılmamış böylelikle analiz maliyetinde de düşüş elde edilmiştir.

• Farklı kompozisyonlardaki cam numunelerinin bor içeriklerinin analizlenebilmesi için yeni kalibrasyon eğrileri oluşturulması ve veri bankası oluşturulması çalışmaları devam etmektedir.

## TEŞEKKÜR

Çalışmanın yürütülmesi sırasında yardımlarından dolayı Sn. Banu Arslan Güvel'e, Sn. Ahmet Yılmaz'a ve Sn. Semih Binay'a teşekkür ederiz.

## 3. KAYNAKLAR

[1] Koroleva, O.N., Shabunina, L. A., Bykov, V.N. 2011. Structure of borosilicate glass according to Raman Spectroscopy data. Glass and Ceramics 67: 340-345.

**Ahmet Umut Söyler**

TETA Cam Teknolojileri Sanayi Ticaret Ltd. Şti  
umutsoyler@tetacam.com

Salon  
C-111  
11:00-11:20

## SIVI KRİSTAL TABANLI AKILLI CAMLARIN GELİŞTİRİLMESİ

### **Biyografi**

Ahmet Umut Söyler 11 Mart 1982, Bursa doğumludur. 2005 yılında İstanbul Teknik Üniversitesi (İTÜ) Metalürji ve Malzeme Mühendisliği bölümünden, 2008 yılında İTÜ Malzeme Mühendisliği Yüksek lisans programından ve 2017 yılında İTÜ Metalürji ve Malzeme Mühendisliği Doktora programından mezun oldu. 2007-2015 yılları arasında İTÜ Kimya Metalürji Fakültesinde araştırma görevlisi olarak hizmet verdi. 2014 yılında bir start-up firması olan TETA Cam Teknolojilerini kurdu. 2014 yılından bu yana akıllı cam sistemlerinin geliştirilmesi ve üretimi alanında faaliyet gösteren bu firmanın genel müdürü olarak çalışmalarına devam etmektedir.

### **Özet**

Akıllı cam teknolojileri hızla gelişmektedir. Akıllı cam teknolojileri elektrokromik, termokromik, sıvı kristal ve nano-partikül tabanlı olarak sınıflandırılabilir. Bunlardan polimerde dağılmış sıvı kristal (PDSK) teknolojisine dayanan ürünler ticarileşmiş ve yaygın kullanılan örneklerdir. PDSK sisteminde transparan elektrotlar arasına yerleştirilen sıvı kristaller elektrik alan altında polarize olarak cam sisteminin optik geçirgenliğini değiştirmektedir. Sistemin optik geçirgenliği polarize olmuş sıvı kristal ve organik ortam arasındaki kırılma indisi uyumu, geçirgenliğin açığa bağımlılığı ise sıvı kristal ve organik ortam arasındaki aktivasyon enerji farkı ile ilişkilidir. Çalışmamızda indiyum kalay oksit kaplanmış camlar arasında farklı kompozisyonlardaki polimer/sıvı kristal ortamları denenmiştir. Üretilen numunelerin, mikro yapıları taramalı elektron mikroskobu kullanılarak incelenmiş ve optik geçirgenlikleri açığa bağlı olarak ölçülmüştür.

**Anahtar Kelimeler:** Sıvı Kristal, Akıllı Cam, İndiyum Kalay Oksit, Pdlc, PdsK, Polimerde Dağılmış Sıvı Kristal

Ece Kurt<sup>1</sup>, Dr. Öcal Tuna<sup>2</sup>, Duygu Kalkan<sup>2</sup>, Melih Üstün<sup>2</sup>,  
Lukas Simurka<sup>2</sup>, Dr. Seniz Türküz<sup>2</sup>

<sup>1</sup>İstanbul Teknik Üniversitesi, Fizik Mühendisliği Bölümü

<sup>2</sup>T. Şişe ve Cam Fabrikaları A.Ş., Bilim, Teknoloji ve Tasarım Merkezi  
eckurt@siseecam.com, otuna@siseecam.com, kalkanduygu@gmail.com,  
melustun@siseecam.com, lsimurka@siseecam.com, sturkuz@siseecam.com

Salon  
C-111  
11:20-11:40

## RF MAGNETRON PLAZMA GÜCÜNÜN VE OKSİJEN KISMİ BASINCININ NİKEL OKSİTİN ELEKTROKROMİK ÖZELLİKLERİNE ETKİSİ

### Biyografi

Ece Kurt, Hacettepe Üniversitesi Fizik Mühendisliği Bölümü'nde 2017 yılında lisans eğitimini tamamladı. 2018 yılında İstanbul Teknik Üniversitesi Fizik Mühendisliği Programı'nda yüksek lisans eğitimine ve aynı yıl içerisinde Şişecam Bilim ve Teknoloji Merkezi Vakum Kaplama Teknolojileri Müdürlüğü'nde proje stajyeri olarak çalışmaya başlamıştır. Elektrokromik kaplamalar alanında çalışmalarına devam etmektedir.

### Özet

Elektrokromik malzemeler uygulanan düşük bir gerilim ile optik geçirgenlikleri değiştirilebilen malzemelerdir. Elektrokromik uygulamalarda nikel oksit (NiO) en çok tercih edilen anodik malzemedir. Optik geçirgenliğinin düşük olduğu durumda kahverengi renge sahiptir.

Bu çalışmada RF magnetron plazma gücünün ve oksijen kısmi basıncının ( $O_2/O_2+Ar$ ) nikel oksit elektrokromik özelliklerine etkisini incelemek amacıyla farklı güc ve oksijen kısmi basınçlarında iki set kaplama yapılmıştır. NiO ince filmler cam üzerine kaplanmış Galyum katkılı çinko oksit (GZO) altta üzerine biriktirilmiştir.

İlk sette plazma gücü 60 ile 160W arasında değiştirilerek 6 adet kaplama yapılmıştır. Kaplama basıncı 15mTorr ve oksijen kısmi basıncı %65 değerinde sabit tutulmuştur. İkinci sette ise oksijen kısmi basıncı %10-65 arasında değiştirilerek 7 adet kaplama yapılmıştır. Kaplama gücü 90W ve kaplama basıncı 15mTorr değerinde sabit tutulmuştur. Oksijen aralığı yapılan histeresiz eğrisi ile belirlenmiştir.

Elektrokromik özellikler çevrimsel voltametri (CV), kronoamperometri (CA) ve kronokulometri (CC) yöntemleri ile optik özellikler geçirgenlik-zaman ölçümleri ile incelenmiştir. Bu ölçümler için kullanılan elektrokromik yarım hücrede gümüş-gümüşklorür (Ag/AgCl) referans elektrot, platin (Pt) sayıcı elektrot ve 0.3M Lityum Perklorat - Propilen Karbonat (LiClO<sub>4</sub> -PC) sıvı elektrolit kullanılmıştır.

İlk set için yapılan ölçümler sonucunda 60W'dan 90W'a kadar artan kaplama gücü ile optik yoğunluğun 0.48'den 0.73'e, yük miktarının 8.2 mC'dan 11.2 mC'a ve optik modülasyonun %31'den %38'e arttığı gözlemlenmiştir. Plazma gücünün 90W ile 160W arasındaki artışı yük kapasitesinde azalmaya neden olmuştur. İkinci set için yapılan ölçümler sonucunda, artan oksijen kısmi basıncı ile optik yoğunluk ve optik modülasyon arttığı gözlenmiştir. %65  $O_2/O_2+Ar$  oranında en yüksek optik yoğunluk (0,73) ve optik modülasyon değerleri (%38) saptanmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Elektrokromik malzemeler, NiO, Anodik malzeme

Duygu Kalkan, Ece Kurt, Dr. Öcal Tuna, Melih Üstün,  
Lukas Simurka, Ezgi Biçer, Dr. Seniz Türküz

Türkiye Şişe ve Cam Fabrikaları A.Ş. Bilim, Teknoloji ve Tasarım Merkezi  
kalkanduygu@gmail.com, eckurt@sisecam.com, otuna@sisecam.com,  
melustun@sisecam.com, lsimurka@sisecam.com, ezbicer@sisecam.com,  
sturkuz@sisecam.com

Salon  
C-111  
11:40-12:00

## MAGNETRON SIÇRATMA KAPLAMA BASINCI VE OKSİJEN KİSMİ BASINCININ WO<sub>3</sub> FİMLERİNİN ELEKTROKROMİK ÖZELLİKLERİNE ETKİSİ

### Biyografi

2013 yılında Kocaeli Üniversitesi Fizik Bölümünden mezun oldu. 2016 yılında İstanbul Teknik Üniversitesi Fizik Mühendisliği yüksek lisans programına kayıt oldu. 2017-2018 döneminde Şişecam Topluluğu, Araştırma ve Tek. Geliştirme Başkanlığı, Vakum Kaplama Teknolojileri Müdürlüğünde uzun dönem proje stajyeri olarak çalıştı.

### Özet

Enerji kaynaklarının sınırlı ve yenilenemez oluşu, enerji tüketiminin azaltılmasını zorunlu kılmıştır. Mimari uygulamalarda pencere sistemi olarak kullanılabilen elektrokromik camlar, küçük potansiyel farklar altında optik geçirgenlik değişimi göstererek ısı ve ışık kontrolü sağlarlar.

Bu çalışmada RF magnetron sıçratma parametrelerinden kaplama basıncı ve O<sub>2</sub>/Ar+O<sub>2</sub> gaz oranının katodik renklenme özelliği gösteren WO<sub>3</sub>-x ince filminin elektrokromik özelliklerine etkisi incelenmiştir. WO<sub>3</sub>-x filmler, 330 35 nm kalınlığında Galyum katkılı çinko oksit (GZO) kaplı altlıklara biriktirilmiştir. İlk etapta sıçratma gücü 45W değerinde, O<sub>2</sub>/Ar+O<sub>2</sub> oranı %50 değerinde sabit tutularak kaplama basıncı 5 mTorr ile 13 mTorr arasında değiştirilmiş ve etkisi incelenmiştir. İkinci set çalışmada sıçratma basıncı 10 mTorr'da, sıçratma gücü 45 Watt'da sabit tutulmuş ve O<sub>2</sub>/Ar+O<sub>2</sub> gaz oranı %20 ile %70 arasında değiştirilmiştir. Oksijen kısmi basıncının WO<sub>3</sub>-x elektrokromik film özelliklerine etkisi incelenmiştir. WO<sub>3</sub>-x film kalınlıkları 160 35 nm'de sabit tutulmuştur.

Çevrimsel voltmetri (CV), kronoamperometri (CA) ve yaşam ömrü ölçümleri elektrokromik özelliklerin tayini için gerçekleştirilmiştir. Optik geçirgenlik ölçümü akım-zaman ölçümü (CA) ile eş zamanlı olarak yapılmıştır. Gümüş-Gümüş Klorür (Ag/AgCl) referans elektrot, Platin (Pt) tel ise sayıcı elektrot olarak kullanılmıştır. Elektrolit olarak 0,3M Lityum Perklorat- Propilen Karbonat (LiClO<sub>4</sub> -PC) çözeltisi kullanılmıştır.

Farklı kaplama basınçlarında kaplanan örnekler içerisinde renkli ve renksiz durumlar arasında en yüksek geçirgenlik farkı %66.2 olarak 10 mTorr değerinde elde edilmiştir. 10 mTorr örneğinin renklenme ve renksizleşme süresi diğer örnekler göre daha hızlı olduğu görülmüştür. 45 watt kaplama gücü ve 10 mtorr kaplama basıncı sabit tutularak O<sub>2</sub>/Ar+O<sub>2</sub> oranı arttıkça geçirgenlik farkı %69.7'den %55.4'e düşmüştür. Ancak O<sub>2</sub>/Ar+O<sub>2</sub> oranı %25 olan filmlerde geçirgenlik farkı %72.4 olarak en yüksek değeri elde edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Elektrokromik malzemeler, Anodik malzeme, Elektrokromik cihaz, Tungstene oksit.

İsmail Bütün, Prof. Dr. Esra Özkan Zayım  
İstanbul Teknik Üniversitesi, Fizik Mühendisliği  
butuni@itu.edu.tr, eoz2001@gmail.com

Salon  
C-111  
12:00-12:20

# POLYANİLİNE İNCE FİLM KAPLAMA VE ELEKTROKROMİK ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ

## Biyografi

İsmail Bütün İstanbul Teknik Üniversitesi Fizik Mühendisliği 2016 mezunu ve aynı bölümde yüksek lisans son sınıf öğrencisidir. Lisans öğrenimi boyunca otomasyon ve yazılım ağırlıklı çalışmış ve aynı zamanda iki farklı TÜBİTAK projesinde burslu olarak araştırma yapmıştır. Aynı zamanda Şişecam şirketinde vakumlu kaplamalar bölümünde uzun dönem stajyeridir.

## Özet

Polyaniline (PANI), elektrokimyasal reaksiyon sonucu optik özellikleri değişen organik elektrokromik malzemedir. Bu çalışma kapsamında elektrodpozisyon yöntemiyle CAM-ITO ince film yüzeylerine, Aniline polimerizasyonu yapılmış ve farklı asidik çözeltiler, asit konsantrasyonu ve ısıtılmanın PANI filmler üzerindeki etkisi incelenerek katı Elektrokromik cihaz (EC) tasarımı yapılmıştır. Başlangıç olarak, 0.1M Aniline 0.1M dan 0.5M konsantrasyonlara sahip  $H_2SO_4$ , HCl ve  $HNO_3$  solüsyonları ile tepkimeye sokulmuştur ve asit-baz tepkimeleri sonucu oluşan ürünler İVIUMSOFT potentiostat cihazı kullanılarak CAM-ITO filmlere 1'den 5'e kadar farklı çevrimsel işlemlerle depozisyonu yapılmıştır ve oda koşullarında kurutulup cyclic voltammetry (CV), chronoamperometry (CA) ve optik geçirgenlik ölçümleriyle filmler karakterize edilmiştir. Filmlerin karakterizasyonları sonucu en iyi optik geçirgenlik seyreltik  $H_2SO_4$  ile hazırlanan filmlerde gözlenmiştir. Elde edilen filmlerde ısıtılma işlem etkinliğini gözlemlemek için 25 °C, 60°C, 120°C, 180°C, 240°C sıcaklıklarda ısıtılma işlem uygulanmıştır. Oda koşullarında kuruyan filmler en yüksek optik geçirgenliğe sahip olmasına rağmen, infrared bölgede en yüksek geçirgenlik 240°C de ısıtılma işlem uygulanan filmlerde gözlemlenmiştir. CV ve CA ölçümlerinde, oda koşullarında kurutulan filmler daha fazla yük yoğunluğuna sahip olmalarına rağmen, 240°C de ısıtılma işlem uygulanan filmlerde daha kararlı CA sonuçları elde edilmiştir. Katı cihaz tasarımı yapılırken oda koşullarında bekletilerek kurutulan ve 240°C de ısıtılma işlem uygulanan filmler  $LiClO_4/PMMA$  elektrolit jel kullanılarak karşıt elektrot olmadan katı cihaz tasarımı yapılmıştır. Uygulama sonuçlarında ısıtılma işlem uygulanan filmlerle tasarlanan elektrokromik cihazlardan uzun çevrimsel uygulamalarda daha kararlı elektrokimyasal sonuçlar elde edilmiştir. Son aşamada, Cihazın ömrünü daha fazla artırmak için karşıt elektrot olarak elektrodpozisyon yöntemiyle kaplanan poly(3,4-ethylenedioxythiophene)/PEDOT filmler kullanılarak organik yapılu EC cihazlar elde edilecektir.

**Anahtar Kelimeler:** Organik Elektrokromik, PANI, PEDOT

Gülşah Kahraman<sup>1</sup>, Umut Enkara<sup>2</sup>, Ferdi Keskin<sup>2</sup>,  
Semin Atılğan<sup>1</sup>, Dr. Burcu Öğüt<sup>1</sup>, Haluk Erdem<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Türkiye Şişe ve Cam Fabrikaları A.Ş. Bilim, Teknoloji ve Tasarım Merkezi

<sup>2</sup>Türkiye Şişe ve Cam Fabrikaları A.Ş. Cam Ev Eşyası Grubu,

Paşabahçe Cam Sanayii ve Ticaret A.Ş. Kırklareli Fabrikası

gkahraman@sisecam.com, uenkara@sisecam.com, fkeskin@sisecam.com,

seatilgan@sisecam.com, bogut@sisecam.com, herdem@sisecam.com

Oditoryum  
09:30-10:00

## CAM UYGULAMALARINA YÖNELİK FOTOKROMİK VE TERMOKROMİK ETKİLİ KAPLAMALAR

### *Biyografi*

1983 İstanbul doğumlu Gülşah Kahraman, 2007 yılında Orta Doğu Teknik Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi Kimya Bölümü'nden mezun olmuştur. Gebze Teknik Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Kimya Mühendisliği Bölümü'nde Kimyasal Teknolojiler alanında yüksek lisans çalışmalarını tamamlamış ve 2014 yılında Kimya Mühendisliği Yüksek Lisans derecesini almıştır. 2009-2014 yılları arasında Şişecam Cam Elyaf Sanayii A.Ş. Geliştirme Müdürlüğü'nde Geliştirme Uzmanı olarak görev almıştır. 2014 yılından bu yana Şişecam Bilim Teknoloji ve Tasarım Merkezi, Atmosferik Kaplama Teknolojileri Müdürlüğü'nde 'Cam uygulamalarına yönelik fonksiyonel ve görsel etkili kaplamalar ' konusunda araştırma çalışmalarına devam etmektedir.

### *Özet*

Bilim, teknoloji, malzeme ve moda eğilimlerinin kesişme noktasında, yeni ve çok disiplinli ortaklıklar "akıllı malzemeler" adı altında yürütülen birçok araştırmanın temelini oluşturmaktadır. Çevre şartlarına duyarlı ve dış ortamdaki gelen etkilere tepki verebilen 'akıllı' ürünlerin oluşturulmasında 'kromik' renklendiricilerin kullanımı önemli bir potansiyele sahiptir. Kromik renklendiriciler, dış uyaranların etkisine bağlı olarak tersinir olarak renk değiştiren, rengi yayan veya rengin yok olmasını sağlayan malzemelerdir. Bu dış uyaranlar ışık (fotokromik), ısı (termokromik), elektrik (elektrokromik), basınç (piezokromik), sıvı (solvatekromik) veya elektron demeti (kasolkromik) olabilir [1-2].

Kromik malzemeler etkileşime girdikleri uyaranlar, bu uyaranlara karşı göstermiş oldukları duyarlılık ve tepki verme koşulları açısından değerlendirildiklerinde, bazıları diğerlerine göre daha fazla kullanım alanına sahiptir. Özellikle fotokromik ve termokromik renklendiriciler gün ışığında renk değiştirebilen gözlük camları, lazer ile renk değiştiren boyalar, güvenlik amaçlı kullanılan baskılar, kamuflaj malzemeleri ve tekstil ürünleri gibi birçok alanda önemli ticari uygulamalara sahiptir [3]. Cam yüzeyi uygulamaları açısından değerlendirildiğinde, bu malzemelerin kullandığı renk değiştiren akıllı kaplamalar, yaratıcı tasarımlar ile bir araya gelerek, dış uyaranlar ile kurduğu etkileşimi nihai işlevsellik haline getirebilmesi açısından ciddi bir potansiyele sahiptir.

Son yirmi yılda, fotokromik ve termokromik renklendiricilerin kimyası, mekanizmaları ve uygulamaları konusunda birçok araştırma raporu ve patent yayınlanmış olsa da bu renklendiricilerin cam yüzeyine uygulanabilmesi ve gerekli dayanımın sağlanmasına yönelik çalışma sayısı azdır.



Özellikle cam ev eşyasına yönelik uygulamalarda, cam yüzeyine uygulanabilir dekoratif ve/veya fonksiyonel boya terimi, bir cam yüzeyi kaplaması için fiziksel ve kimyasal dayanımı olan ya da bu kapsamda kısmen yeterliliğe sahip olan kaplama sistemleri için kullanılmaktadır. Bu çalışmanın amacı, cam ev eşyası uygulamalarına yönelik, cam yüzeyi ile uyumlu fotokromik ve termokromik etkili boya sistemlerinin geliştirilmesidir. Çalışmada, fotokromik ve termokromik renklendiricilerin kimyası, çalışma mekanizması ve kaplama uygulamalarına yönelik temel bilgiler cam yüzeyi uygulanabilirliği açısından değerlendirilmiş ve bu kapsamda yürütülen ar-ge faaliyetlerine yer verilmiştir.

### **Kaynaklar**

[1] Eds H. R. Mattila, *Intelligent textile & clothing*, Woodhead publishing limited, Cambridge, England, 2006; 296.

[2] Eds Eugene Wilusz, *Military Textiles*, Woodhead Publishing Limited, Cambridge, 2008; 193.

[3] Eds C J C Crano and R J Guglielmetti *Organic Photochromic and Thermochromic Compounds*, New York: Kluwer Academic & Plenum Publishers, 1999;1.

**Anahtar Kelimeler:** Fotokromizm, Termokromizm, Fotokromik Pigment, Termokromik Pigment, Leuco Boyar Madde, Mikroenkapsülasyon, Tersinir Renk Değişirme

Holger Gerdes, R. Bandorf, V. Sittinger, G. Bräuer  
Fraunhofer Institute for Surface Engineering and Thin Films IST  
aholger.gerdes@ist.fraunhofer.de



## HIPIMS APPLICATION ON GLASS

### **Biography**

Holger Gerdes graduated from the Technical University in Braunschweig with a diploma in Physics in 2004. Afterwards, he was Research Fellow at the Institute of Micro Production Technology (IMPT) at the Leibniz University, Hannover.

Since 2008, Holger is working as a project leader in the group “Highly Ionized Plasmas and PECVD” at the Fraunhofer Institute for Surface Engineering and Thin Films IST. One of his main topics is the development of reactive processes especially in combination with HIPIMS (High Power Impulse Magnetron Sputtering).

### **Abstract**

High Power Impulse Magnetron Sputtering (HIPIMS) is nowadays a well-known technology for influencing the growing thin film by a high peak current and is increasingly used in industrial application. In many deposition processes the main parameters for depositing films in a non-reactive mode are the average power, voltage, and peak current. Furthermore, the growing film is mainly influenced by the ratio of incoming neutrals to ion.

In recent years, the focus of research in HIPIMS has shifted to reactive processes. In contrast to the often-referred reduction in deposition rate by metallic HIPIMS, there are several publications indicating that for reactive HIPIMS similar or even higher deposition rates for films with superior properties are possible.

This presentation will show different strategies for stabilizing HIPIMS processes on larger cathodes. For a non-reactive process, a strategy for controlling the ion to neutral ratio by optical emission spectroscopy (OES) is presented. For reactive processes, two different approaches for controlling the process are presented. The first one uses optical emission spectroscopy (OES), which allows either the control of the stoichiometry of the film and the deposition peak current.

The second one, applicable only for growing oxides, is based on lambda probes. Both approaches are suitable for larger cathodes, if several sensors and gas-manifolds are installed along the target. This presentation will include deposition examples of Al-doped zinc oxide (AZO) and Indium Tin Oxide (ITO).

**Keywords:** *High Power Impulse Magnetron Sputtering*

**Dr. Tuncay Turutoğlu<sup>1</sup>, Alperen Sezgin<sup>1</sup>,  
Dr. Erdem Arpat<sup>1</sup>, Melih Üstün<sup>1</sup>, Lukas Simurka<sup>1</sup>,  
Anna Oniszczyk<sup>2</sup>, Piotr Rozanski<sup>2</sup>, Bernd Szyszka<sup>3</sup>**

<sup>1</sup> Türkiye Şişe ve Cam Fabrikaları A.Ş. Bilim Teknoloji ve Tasarım Merkezi

<sup>2</sup> Trumpf Hüttinger Sp. z o.o.

<sup>3</sup> Technische Universität Berlin, Technologie für Dünnschicht-Bauelemente Secr.  
tturutoglu@siseecam.com, asezgin@siseecam.com, earpat@siseecam.com,  
melustun@siseecam.com, lsimurka@siseecam.com, anna.oniszczyk@trumpf.com,  
piotr.rozanski@trumpf.com, bernd.szyszka@tu-berlin.de

Salon  
C-111  
14:20-14:40

## MİMARİ, OTOMOTİV VE BEYAZ EŞYA UYGULAMALARI İÇİN İNDİYUM KALAY OKSİT KAPLAMALAR

### *Biyografi*

Tuncay Turutoğlu, İstanbul Teknik Üniversitesi Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü'nde 2001 yılında lisans eğitimini tamamladı. Yüksek lisans ve doktora derecelerini İstanbul Teknik Üniversitesi Malzeme Bilimi ve Mühendisliği programından 2003 ve 2013 yıllarında aldı. 2008 yılında Türkiye Şişe ve Cam Fabrikaları A.Ş. (Şişecam) Bilim ve Teknoloji Merkezi Analitik Destek Hizmetleri Müdürlüğü'nde göreve başlamış olup, 2011-2017 yılları arasında Yüzey Teknolojileri Müdürlüğü'nde görev almış ve 2017 yılından beridir Vakum Kaplama Teknolojileri Müdürlüğü'nde yönetmen uzman araştırmacı olarak görevine devam etmektedir.

Dr. Turutoğlu'nun araştırma konuları mimari ve otomotiv uygulamaları başta olmak üzere, çeşitli uygulamalar için manyetik sıçratma tekniği ile cam yüzeyine yapılan kaplamaların geliştirilmesi, üretim parametrelerinin bu kaplamaların yapısal, mekanik, elektrik, optik ve korozyon özellikleri üzerindeki etkilerinin incelenmesidir.

### *Özet*

İndiyum Kalay Oksit (ITO) kaplamalar sahip oldukları yayınım (emissivite,  $\epsilon$ ) değeri ile buğulanmayan ve/veya buz tutmayan camlar, fırın camları gibi birçok uygulama için ilgi çekici bir malzemedir. Cam üretim prosesleri temper, bükme ve laminasyon gibi yüksek sıcaklık (650°C-670°C) süreçleri gerektirdiğinden dolayı, bu tür uygulamalar için kullanılacak ITO kaplamanın morfolojisinin ısı işlem ile değişmemesi, ısı işlem sonrası yayınınımının 0,300 ve direncinin 300Qff.cm değerinin altında olması gerekmektedir. Bunun yanı sıra, otomotiv uygulamalarında kullanılacak bir ITO kaplamalı camın görünür bölge ışık geçirgenliğinin (Tvis) en az %80 olması beklenmektedir. HIPIMS (High Power Impulse Magnetron Sputtering) tekniği, yüksek iyonizasyon seviyesi (>70) ile özellikle saydam iletken oksit katmanların taban malzeme ısıtma gereksinimi olmadan yüksek kristaliniteye sahip bir şekilde üretilmesine olanak sağlamaktadır. Buna ek olarak, HIPIMS tekniği ile oda sıcaklığında cam taban malzeme üzerinde nanokristalin yapıda büyütülebilen ITO kaplamalar, ısı işlem sonrası, kaplamasız cama göre çok daha iyi mekanik özelliklere sahip düşük yayınımlı kaplamalar olmaktadır. Bu çalışmada, ITO katmanların yapısal, elektrik ve optik özelliklerinin, HIPIMS (atım voltajı, atım akımı, atım süresi), basınç, O<sub>2</sub> akış hızı parametreleri ve koruyucu katman uygulaması ile nasıl değiştiği anlatılmaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** HIPIMS, İndiyum Kalay Oksit, ITO, saydam iletken oksit, TCO, Manyetik sıçratma, Sputtering, Cam, Kaplama

**Wilmert De Bosscher**  
Soleras Advanced Coatings  
Wilmert.DeBosscher@soleras.com



## ENABLING GLASS FOR FUTURE APPLICATIONS BY INTELLIGENT COATING PROCESSES

### **Biography**

Wilmert De Bosscher holds a PhD in Solid State Physics and Plasma Physics and has been active in the vacuum coating industry for more than 30 years. He has been instrumental in the development and introduction of rotatable magnetron technology into the industry.

Since 2012, Wilmert is CTO of Soleras Advanced Coatings, a leading global provider of advanced materials and sputter solutions in a wide variety of applications.

Wilmert is currently a board member for SVC, a member of the International Organizing Committee of the ICCG and recently received the AIMCAL John Matteucci Award for Technical Excellence.

### **Abstract**

Tendencies for more complex and multifunctional thin film coating stacks on glass can be translated into more stringent requirements of the individual layer properties. Accurate control of the deposition process of an ever-increasing number of layers has become essential and defines guidelines for realizing a new generation of industrial coating lines coping with these needs.

Within sputtering processes; adjusting power supply settings, the magnetic field strength and tuning the gas distribution across the substrate width have proven to be efficient ways in achieving the desired layer properties while sustaining narrow tolerance uniformity across large sized substrates.

However, detecting which parameter to tune for which individual layer when a certain drift is observed on the performance of a complete stack while measuring only at the end of a large coating line has proven to be quite challenging.

In this presentation, we will be introducing a new inline optical monitoring system. Flexible positioning within a large coating line allows measuring a partial stack at a desired critical location, e.g. just behind a layer that is very sensitive for the performance of the complete stack. This new system uses high resolution spectral transmittance measurements across the width of the substrate and may detect local deviations. Furthermore, we will be investigating the possibilities of allocating small transmittance variations to physical changes of this critical layer; i.e. being layer thickness or optical properties. Adding intelligence further allows monitoring process conditions and may suggest small changes to the settings for maintaining optimal layer performance.

**Keywords:** *Coatings, Thin Film, Future Applications*

**Prof.Dr. Lütfi Özyüzer<sup>1,2</sup>, Yasemin Demirhan<sup>1,2</sup>,  
Bengü Ata<sup>1</sup>, Dr. Mehtap Özdemir Köklü<sup>1,2</sup>, Prof. Dr. Gülnur Aygun<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Department of Physics, Izmir Institute of Technology, Urla

<sup>2</sup> Teknoma Technological Materials Ltd., IYTE Campus

lutfiozyuzer@iyte.edu.tr, yasemindemirhan@iyte.edu.tr, mehtapkoklu@gmail.com,  
gulnuraygun@iyte.edu.tr

Salon  
C-111  
15:00-15:20

## DESIGN AND FABRICATION OF METAL MESH FILTERS FROM ITO/AU/ITO MULTILAYER THIN FILMS ON GLASS

### *Biography*

Professor Dr. Lütfi Özyüzer graduated from Hacettepe University Physics Engineering in 1991. He completed his master degree from the Illinois Institute of Technology, USA in 1995 and a doctorate from the same university in 1999. His doctoral studies were carried out at Argonne National Laboratory in Chicago. He worked as a postdoctoral researcher at the same laboratory for one year. Dr. Özyüzer returned to Turkey in 2000 and started his career as Assistant Professor at the Department of Physics at Izmir Institute of Technology. He became Associate Professor in 2004 and Full Professor in 2011. He received Turkey Academy of Sciences, GEBIP Award in 2002, TUBITAK Encouragement Award in 2006 and Alexander von Humboldt Award in 2008. He worked as a visiting scientist at Erlangen University in Germany between 2008 and 2010. He directed and completed 5 TUBITAK Projects, 3 DPT Projects, 3 SANTEZ Projects and 1 KOSGEB Project. He has graduated 15 master, 3 PhD students. He has over 90 articles, more than 2300 citations and 1 patent for the fields of superconductors, thin film materials, electrical, magnetic and optical properties of materials, microelectronics and nanoelectronic devices, terahertz radiation in the Science Citation Index. He was the head of 4 international conferences, and he assigned the organization committee of several conferences. He has participated in over 50 national and international conferences as an invited speaker. He has been leading the Center of Applied Quantum Research at Izmir Institute of Technology since 2008.

### *Abstract*

Transparent conducting oxides (TCOs) have gained much interest owing to their unique and extremely useful properties. Within the commercially available TCOs, Indium tin oxide (ITO) is still extensively used with a wide bandgap, relatively high work function (WF) for many applications [1-2]. There is a rapid and considerable growing of flexible electronic and optical devices that requires the deposition of ITO films on glass substrates as well as polymer or thermoplastic substrates. However, high quality ITO films with low electrical resistivity and high optical transmittance can be achieved by annealing at high temperatures during or after the deposition. Recently, ITO/metal/ITO multilayer structures are preferred to enhance the optoelectronic properties of the ITO films without any heating treatment. In this study, we have successfully deposited ITO/Au/ITO sandwich structured thin films without substrate heating on glass substrates using a magnetron sputtering system at room temperature. AFM analysis have been investigated to observe the quality of microstructures and surface roughness to improve transmission and conductivity. The transmission characteristics were characterized by a UV visible Spectrophotometer. The sputtering conditions are optimized to have very uniform ITO/Au/ITO multilayer films on polycarbonat substrates with high transparency (>85%) and low electrical resistivity ( $R_s < 6 \text{ ohm/sqr}$ ).

After the thin film deposition process, we have fabricated cross shaped band pass metal mesh filters [3] lithographically from ITO/Au/ITO films grown on glass substrates. The preference of metal mesh filters as frequency selective surfaces has gained importance as can be used for electromagnetic shielding or filtering purpose by integrating to windows of the buildings. Besides, these devices can be expected to be useful as if restriction of frequencies other than 350 GHz band is suitable for security applications.

**References:**

- [1] O. Tuna, Y. Selamet, G. Aygun, L. Ozyuzer, *Journal of Physics D: Apply Phys.* 43, 055402 (2010).
- [2] H. Koseoglu, F. Turkoglu, M. Kurt, M.D. Yaman, F.G. Akça, G. Aygun, L. Ozyuzer, *Vacuum* 120, 8-13 (2015).
- [3] Y. Demirhan et al., *Optical and Quantum Electronics* 48, 2 (2016)

**Keywords:** ITO Thin Films, Large Area Coatings, ITO/Metal/ITO Multilayers

Lukáš Šimurka<sup>1</sup>, Cansu Teber<sup>4</sup>, Dr. Öcal Tuna<sup>1</sup>,  
Tomáš Roch<sup>2</sup>, Radim Čtvrtlík<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Türkiye Şişe ve Cam Fabrikaları A.Ş., Science Technology and Design Center

<sup>2</sup> Department of Experimental Physics, Comenius University, Slovakia

<sup>3</sup> RCPTM, Joint Laboratory of Optics Palacky University, Czech Republic

<sup>4</sup> Department of Metallurgical and Materials Engineering,  
Istanbul Technical University,

lsimurka@sisecam.com, cansuteber1@gmail.com, otuna@sisecam.com,

tomas.roch@fmph.uniba.sk, radim.cvtvrtlik@upol.cz

Salon  
C-111  
15:20-15:40

## EFFECT OF DEPOSITION PARAMETERS ON MECHANICAL RESISTANCE OF AL-DOPED ZNO FILMS ON GLASS DEPOSITED BY RF MAGNETRON SPUTTERING

### *Biography*

Lukas Simurka received his master degree in Physical Chemistry in 2011 at the University of Chemical Technology, in the Czech Republic. Before his career at ŞİŞECAM, he spent one year at the Department of glass and ceramics of Friedrich-Alexander University Erlangen-Nuremberg. Since 2013 he has been a member of the Surface technology group at ŞİŞECAM Science and technology center. During the time at ŞİŞECAM, Lukas obtained a Ph.D. degree from the Alexander Dubcek University of Trencin, Slovakia with thesis entitled "Multimethod approach to understanding the mechanical properties of optical thin films on glass". His work at ŞİŞECAM focuses mainly on the characterization and optimization of coatings and glass surfaces.

### *Abstract*

Zinc oxide (ZnO) thin films doped with elements such as aluminum, boron, gallium, and indium, have attracted a great deal of interest because of their excellent electrical and optical properties, lower cost, non-toxicity, etc. Al-doped ZnO (AZO) is one of the most widely used type of ZnO film. It has been utilized in solar cells, flat-screen displays, touch panels, and low emissivity (low-e) coatings. In the low-e coatings, the Al-doped ZnO films are applied as a seed layer below Ag to improve its quality. This means that the quality of the AZO layer will have an effect on the optical and mechanical performance of the whole system.

The present work focuses on the mechanical resistance of crystalline Al-doped ZnO films deposited on soda-lime silicate glass. The films were prepared by reactive RF magnetron sputtering method from a ZnAl (98:2) target in oxygen and argon gas mixture at room temperature. The crystalline structure, mechanical and optical properties of the films were investigated as a function of the process pressure from 0.29 to 1.44 Pa and of the magnetron power from 100 to 250 W. It was observed that the variation in deposition parameters does not influence the hardness, elastic modulus and optical properties of the deposited films. On the other hand, a decrease of the process pressure and an increase of the magnetron power lead to a change of the crystal orientation. This change results in an increase of the compressive stress in the film, which causes a decrease in the scratch resistance.

**Keywords:** *Al-Doped Zno, Glass, Crystallinity, Residual Stress, Scratch Resistance*

Prof. Dr. A. Macit Özenbaş, Utku Er  
Orta Doğu Teknik Üniversitesi  
ozenbas@metu.edu.tr, er.utku@metu.edu.tr

Salon  
C-111  
16.00-16.20

# PEROVSKİT GÜNEŞ HÜCRELERİ İÇİN BOŞLUK TAŞIYICI KATMAN OLARAK SPİN KAPLAMA İLE OLUŞTURULMUŞ BAKIR TİYOSİYANAT

## Biyografi

A. Macit Özenbaş 1981 yılında ODTÜ Metalürji ve Malzeme Mühendisliği Bölümünden doktorasını almıştır. Daha sonra Almanya'da Max-Planck Enstitüsünde doktora sonrası çalışmalar yapmış, 1997-1998 yıllarında da ABD'de Princeton Üniversitesinde misafir öğretim üyesi olarak bulunmuştur. Halen ODTÜ Metalürji ve Malzeme Mühendisliği Bölümünde Profesör olarak görevini sürdürmekte ve aynı zamanda Disiplinler arası Mikro ve Nanoteknoloji Programında ve Güneş Enerjisi Araştırma Merkezi GÜNAM'da da çalışmaktadır.

## Özet

Güneş enerjisi, üzerinde en çok çalışma yapılan temiz ve yenilenebilir enerji kaynaklarından biridir ve bu konuda yapılan güncel çalışmalar ve gelişmeler umut vaat edicidir. Si-temelli güneş hücreleri, perovskit güneş hücreleri gibi diğer fotovoltaik sistemlerle kıyaslandığında daha yüksek verime sahip olmasına rağmen, Si-temelli bu hücrelerin güneş altında yüksek aydınlatmaya ve üretim masraflarına ihtiyaç duyması, perovskit güneş hücrelerine olan ilgiyi arttırmıştır. Perovskit malzemeler, uygun optik ve elektriksel özelliklerinden dolayı güneş hücresi uygulamalarında cezbedici öneme sahiptir. Bu güne kadar, perovskit güneş hücrelerinin verimleri %20'nin üzerinde performansa sadece organik boşluk taşıyıcı malzemelerin kullanımı ile ulaşmıştır. Fakat organik boşluk taşıyıcı malzemeler; onların karmaşık sentetik üretim metotları ve yüksek saflık gerekliliklerinden dolayı oldukça pahalıdır. Bu çalışmada; mezo gözenekli n-i-p yapıda perovskit aygıtlarda ucuz ve verimli bir p tipi inorganik boşluk taşıyıcı malzeme olan Bakır tiyosiyanat'ın uygulanması gösterilmiştir. Çalışmada kullanılan güneş hücreleri flor katkılı kalay oksit (FTO) kaplı cam altlıklar üzerinde gerçekleştirilmiştir. Bakır tiyosiyanat'ın düşük sıcaklıkta çözelti prosesi ve hızlı çözücü uçurma metodu ile kaplanması sayesinde yoğun ve uygun bakır tiyosiyanat katmanı oluşturulması ile tam güneş aydınlatması altında güç dönüştürme veriminin %10'un üzerine çıkarılması başarılmıştır. Bu çalışmada, hücre katmanları optimize edilerek hücre yapısı tanımlanmıştır ve fotovoltaik uygulamalarında ucuz ve bol bulunan bir malzemenin kullanımı gerçekleştirilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Perovskit güneş hücreleri, n-i-p mezo gözenekli yapı, Bakır tiyosiyanat ince film, Boşluk taşıyıcı katman, FTO kaplı cam



Makbule Terlemezoğlu<sup>1</sup>, Özge Bayraklı Sürücü<sup>1</sup>,  
Tahir Çolakoğlu<sup>1</sup>, Hasan Hüseyin Güllü<sup>2</sup>, Musa Kurtuluş Abak<sup>1</sup>,  
Çiğdem Ercelebi<sup>1</sup>, Mehmet Parlak<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Center for Solar Energy Research and Applications (GÜNAM),  
Middle East Technical University

<sup>2</sup>Department of Electrical and Electronics Engineering, Atılım University  
makbule@metu.edu.tr, ozgebayrakli@gmail.com, cetahir@gmail.com,  
hasan.gullu@atilim.edu.tr, kurtulusabak@gmail.com,  
ercelebi@metu.edu.tr, parlak@metu.edu.tr

Salon  
C-111  
16:20-16:40

## DIRECTIONAL SELF ASSEMBLY OF NANOFILAKES ON THE SURFACE OF CZTSSe THIN FILMS ON GLASS SUBSTRATES: GROWTH AND CHARACTERIZATION

### Biography

I am a PhD candidate and research assistant at Middle East Technical University, Ankara, Turkey. I currently work on characterization of CZTSSe thin films and CZTSSe thin film based solar cells applications. My supervisor is Prof. Dr. Mehmet PARLAK.

### Abstract

In the market concerns, especially on minimum material usage and also tailoring the material characteristics depending on the atomic percentage of the constituent, thin films have been point of interest in the real-world applications of photovoltaic technology. The most popular thin film structures in both laboratory and commercial scales are amorphous silicon (?-Si), copper indium gallium selenide (CIGS), and cadmium telluride (CdTe). However, in recent years, copper zinc tin sulfide selenide in the form of  $Cu_2ZnSn(S,Se)_4$  (CZTSSe) has been chosen as a potential alternative to these existing absorbers in thin film photovoltaics due to having earth-abundant and cost-effective constituent elements. In addition, this quaternary kesterite thin film structure has gained a lot of research interest due to its suitable physical properties, mainly with tunable direct bandgap, large optical absorption coefficient, and p-type conductivity in the application for thin film photovoltaic absorber layer. In this work, the film layer fabrication was carried out by a novel technique developed by RF sputtering under the aim of obtaining surface decorated film structure with vertically aligned self-assembled nanoflakes. In this process, the final film structure was fabricated without any other complementary processes as post-selenization or sulphurisation. Following to the optimized deposition recipe, the size of nanoflakes was controlled by the deposition parameters during the deposition process. In addition, the effects of substrate temperature on the formation of vertically aligned nanoflakes were detailed by several deposition steps. These works were focused on to get an advantage on the structure arising from the film surface with self-assembled nanoflakes. In this case, it is expected to reach an efficient light trapping which is resulted in decreasing the surface reflectance. As a result of the detailed production and characterization works, the yielding low surface reflectance was achieved by the preparation of CZTSSe thin films with self-textured surfaces following to the repeatable and controllable thin film fabrication sequences.

**Keywords:** *Self-Assembly, Nano flakes, Thin Films, Glass Substrate*

Prof. Dr. Gülnur Aygün<sup>1,2</sup>, Ayten Cantaş<sup>2</sup>,  
Fulya Türkoğlu<sup>1</sup>, Dr. Mehtap Özdemir<sup>1,2</sup>, Prof. Dr. Lütfi Özyüzer<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Department of Physics, Izmir Institute of Technology

<sup>2</sup>Teknoma Technological Materials Ltd., IYTE Campus  
gulnuraygun@iyte.edu.tr, abagdas@pau.edu.tr, ulyaturkoglu@iyte.edu.tr,  
mehtapozdemir@teknoma.net, lutfiozyuzer@iyte.edu.tr

Salon  
C-111  
16:40-17:00

## STATUS OF TRANSPARENT AND SEMI-TRANSPARENT SOLAR CELLS FOR BUILDING INTEGRATED PHOTOVOLTAICS (BIPV): OVERVIEW AND PROPOSAL

### Biography

Prof. Dr. Gülnur Aygün graduated with a second rank among 98 students from Ankara University, Engineering Physics department in 1991. She became a Research Assistant between 1991 and 1993 at Department of Engineering Physics, Ankara University, Ankara, Turkey. Duty involved conducting undergraduate physics laboratories, discussion classes and one-and-one tutoring. She was successful to gain the Higher Educational Council's fellowship of Turkey in a nationwide exam to study her Master's degree in USA. She completed her master degree from the Ohio State University, USA in 1996 and a doctorate from Middle East Technical University (METU), Turkey in 2005. She became a Research Associate at Materials Science Division, Argonne National Laboratory between 1999 and 2000. During her Ph.D. studies, she was involves in a couple of bilateral projects together with Bulgarian Academy of Sciences and Chalmers University in Sweden for the purpose of infrastructure usage under the FP6 European Union project. She worked as a Post Doctoral Fellow starting from January, 2009 till August, 2010 in Fraunhofer Institute, IISB, Erlangen, GERMANY. She was a researcher at the 4 European Union Projects while she was working at Fraunhofer Institute. After gaining her doctorate degree, she worked as Dr. Instructor at the Department of Physics at Izmir Institute of Technology till 2012. She became Assistant Professor at the same department in 2012, Associate Professor in 2012, and Full Professor in 2018. She has been a partner in one of European COST projects. She directed and completed 4 TÜBİTAK Projects, and researcher in many nationwide projects like DPT, and SANTEZ Projects. She has graduated 7 masters and one PhD student. She has about 30 international articles. She assigned the organization committee of several conferences. She has participated in many national and international conferences as a speaker.

### Abstract

Transparent Buildings are a main source of global energy consumption and CO<sub>2</sub> emissions; accounting for about 40% of global energy consumption. Building Integrated Photovoltaics (BIPV) reduces the damage done to the ecosystem through conventional energy sources and is a promising way of relieving the increasing financial and environmental costs of fossil fuel energy generation. Currently, such BIPVs are dominated by crystalline silicon-based modules due to their higher efficiency. However, the opaque nature of silicon creates a unique opportunity for the adoption of emerging photovoltaic candidates that can be made truly semi-transparent. These include: amorphous silicon-, kesterite-, chalcopyrite-, CdTe-, dye-sensitized-, organic- and perovskite- based systems. Each of these presents unique opportunities and challenges within the context of BIPV. Here, we will provide an overview of

semi-transparent solar cells as building-integrated features. Based on our experience on thin film solar cells [1,2], we will also propose CuTaN<sub>2</sub> thin film solar cells which doesn't have any experimental data as an absorber layer of thin film solar cell in the literature according to our knowledge. Since this material is non-toxic and its component elements are abundant in the earth's crust, CuTaN<sub>2</sub> solar cells are free from both resource-saving concerns and environmental pollution unlike CdTe, CIGS and PbSe solar cells. More importantly, it has a direct band gap of 1.5 eV and high optical absorption coefficient (>10<sup>5</sup> cm<sup>-1</sup>) which provide an opportunity to fabricate pretty thin absorber layer [3]. Band gap of CuTaN<sub>2</sub> is ideal to convert the maximum amount of energy from the solar spectrum into electricity according to Shockley-Queisser limit. Moreover, CuTaN<sub>2</sub> semiconductor has defect tolerance which is very important for photovoltaics to control the p-type property of the semiconductor.

## References

- [1] D. G. Buldu, A. Cantas, F. Turkoglu, F. G. Akca, E. Meric, M. Ozdemir, E. Tarhan, L. Ozyuzer, and G. Aygun, "Influence of sulfurization temperature on Cu<sub>2</sub>ZnSnS<sub>4</sub> absorber layer on flexible titanium substrates for thin film solar cells", *Physica Scripta* 93(2) 024002 (2018).
- [2] A. Cantas, F. Turkoglu, E. Meric, F. G. Akca, M. Ozdemir, E. Tarhan, L. Ozyuzer, and G. Aygun, "Importance of CdS buffer layer thickness on Cu<sub>2</sub>ZnSnS<sub>4</sub>-based solar cell efficiency", *Journal of Physics D: Applied Physics* 51(27) 275501 (2018).
- [3] M. Yang, A. Zakutayev, J. Vidal, X. Zhang, D. S. Ginley and F. J. DiSalvo, "Strong optical absorption in CuTaN<sub>2</sub> nitride delafossite", *Energy & Environmental Science* 6(10) 2994 (2013).

**Keywords:** Transparent Solar Cells, Thin Films

**Dr. Refika Budakoğlu<sup>1</sup>, Uğur Yahşi<sup>2</sup>, Cumali Tav<sup>2</sup>,  
Dr. Burcu Öğüt<sup>3</sup>, Ersin Gökçen<sup>4</sup>, Mehmet Cum<sup>4</sup>,  
Dr. Osman Burak Okan<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Türkiye Şişe ve Cam Fabrikaları A.Ş. Bilim, Teknoloji ve Tasarım Merkezi

<sup>2</sup>Marmara Üniversitesi, Fizik Bölümü

<sup>3</sup>Türkiye Şişe ve Cam Fabrikaları A.Ş. Bilim, Teknoloji ve Tasarım Merkezi

<sup>4</sup>Türkiye Şişe ve Cam Fabrikaları A.Ş. Düzcam Grubu, Trakya Mersin Fabrikası  
rbudakoglu@sisecam.com, uyahsi@marmara.edu.tr,  
ctav@marmara.edu.tr, bogut@sisecam.com, egokcen@sisecam.com,  
mcum@sisecam.com, buokan@sisecam.com

Salon  
C-111  
17:00-17:20

## FOTOVOLTAİK CAM PANELLERİNE YÖNELİK ANTİREFLEKTE KAPLAMALAR VE KAPALI GÖZENEK YAPISININ KARAKTERİZASYONU

### *Biyografi*

Lisans eğitimini Doğu Akdeniz Üniversitesi, Kimya İşletmeciliği Bölümü'nden 1996 yılında, Yüksek Lisans eğitimini ise Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Kimya Bölümü'nden 1998 yılında tamamladıktan sonra T. Şişe ve Cam Fabrikaları A.Ş. Cam Araştırma Merkezi'nde Araştırma Mühendisi olarak çalışmaya başlamıştır. Araştırma Merkezi'nde çalıştığı süreç içerisinde 2003-2007 yılları arasında Yıldız Teknik Üniversitesi Kimya Bölümü'nde 'Cam yüzeylere Sol-Jel prosesiyle hidrofobik ve oleofobik özelliklerin kazandırılması ve aşınmaya karşı dirençlerinin incelenmesi' başlıklı tezi ile doktorasını tamamlamıştır. Dr. Refika Budakoğlu, ŞİŞECAM Bilim ve Teknoloji Merkezi'nde Yönetmen Uzman Araştırmacı olarak çalışmaktadır.

### *Özet*

Kristal silisyum tabanlı güneş enerjisi panellerinde en önemli yardımcı yapısal elemanlar ısl temperli ve yüzey desenli kapak camlarıdır. Kapak camları optik yansımaya kaynaklı performans kayıplarının engellenmesine yönelik olarak antireflekte (yansımaya önleyici) ince film katmanlar ile kaplanarak pazara sunulmaktadır. Dış ortamla doğrudan temas halinde olan yansımaya önleyici kaplamaların mekanik ve kimyasal dayanımları da son derece önemlidir ve pazar beklentisi panel faydalı ömrü ile karşılaştırılabilir bir kaplama dayanımının olmasıdır. Şişecam tarafından üretimi yapılmakta olan yansımaya önleyici kaplamalarda kullanılan güncel yaklaşım söz konusu kaplamaların kapalı gözenek topolojisine sahip tek katmanlı ince filmler olmasıdır.

Bu çalışmada Şişecam üretimi antireflekte kaplamalardan elde edilen taramalı geçirgenlik elektron mikroskobu (STEM, Scanning Transmission Electron Microscopy) kesit görüntüleri, Pozitron Yokolma Radyasyonunun Doppler Genişlemesi (DBAR, Doppler Brodening Annihilation Emission Spectroscopy) ölçümleri ile karşılaştırılmıştır. İki yöntemle elde edilen sonuçlar tutarlı olup, analiz edilen kaplamanın 90-95 nm arası bir katman kalınlığına sahip olduğu görülmüştür. DBAR ölçümlerine göre gözeneklilikte derinliğe bağlı bir değişim olduğu ve cam kaplama ara yüzeyine yaklaşıldıkça gözenekliliğin arttığı gözlenmiştir. Son olarak desensiz numuneler üzerine uygulanan kaplamalarda porozimetrik elipsometri ölçümleri yapılmıştır. Optik sabitlerdeki değişimin nem oranındaki kontrollü salınımlardan bağımsız olduğu gözlenmiş ve kapalı gözenek topolojisi teyit edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Antirefleksif, Pozitron

## 1. GİRİŞ

Kristal silisyum tabanlı fotovolatik cam panellerde en önemli yardımcı yapısal elemanlar ıslı temperli ve yüzey desenli kapak camlarıdır. Şişecam Enerji camları, iki farklı kalınlıkta (3,2mm/4mm) ve iki farklı desende (sandy/prizma) enerji camları üretmektedir. Kapak camları, optik yansımaya kaynaklı performans kayıplarının engellenmesine yönelik olarak antireflekte (yansımaya önleyici) ince film katmanlar ile kaplanarak pazara sunulmaktadır. Dış ortamla doğrudan temas halinde olan yansımaya önleyici kaplamaların mekanik ve kimyasal dayanımları son derece önemlidir ve pazar beklentisi panel faydalı ömrü ile karşılaştırılabilir bir kaplama dayanımının olmasıdır.

Güneşten yeryüzüne ulaşan ışının şiddeti 500 nm civarında en yüksek değere ulaşmaktadır. Fotovolatik paneller için antireflekte kaplamalar (AR) tasarlanırken Güneş Spektrumu dikkate alınır. Tek katmanlı kaplamalar için bu bize yaklaşık 100 nm kalınlığında bir katman kalınlığı verir. İdeal kırılma indisi ise 1.23 olarak hesap edilmektedir. Bu ise, ancak gözenekli malzemeler ile elde edilebilir. AR kaplamalarda iki farklı kaplama mikroyapısı bulunmaktadır. Bunlar; açık gözenek topolojisine sahip birbirine bağlı gözenekli yapı ve kapalı gözenek yapısına sahip birbirinden bağımsız gözenek yapısıdır. Şişecam tarafından üretimi yapılmakta olan yansımaya önleyici kaplamalarda kullanılan güncel yaklaşım söz konusu kaplamaların kapalı gözenek topolojisine sahip tek katmanlı ince filmler olmasıdır.

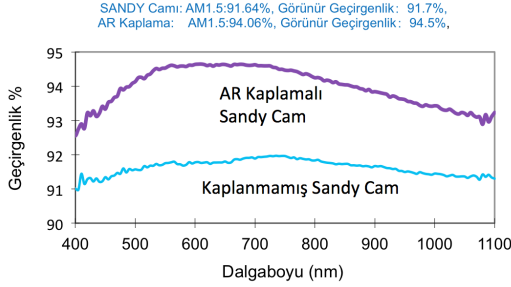
## 2. MALZEME VE METOD

Antirefleksif Kaplama uygulaması kimyasal esaslı bir uygulamadır. AR kaplama işlemi, düşük demirli ve desenli cam yüzeylerinde özel bir kaplama çözeltisinin Rulo kaplama yöntemiyle uygulanması şeklindedir. Kaplamaların optik performansı AM1.5 hesaplamalı ve 400nm - 1400nm aralığında geçirgenlik ölçümleri alabilen Spektrofotometre ile belirlenmiştir.

Kaplamaların gözeneklilik dağılımı ve analizleri, yüzey Scanning Electron Microscope (SEM), Scanning Transmission Electron Microscopy (STEM) kesit görüntüleri, Pozitron Yokolma Radyasyonunun Doppler Genişlemesi (DBAR, Doppler Brodening Annihilation Emission Spectroscopy) ve Porozimeterik elipsometri analizleriyle değerlendirilmiştir. Kaplamaların fiziksel/kimyasal dirençleri ASTM3359 ve ASTM3363 standartları kapsamında, hızlandırılmış iklimlendirme dirençleri EN1096-2 'Cam - Yapılarda kullanılan - Kaplamalı cam - Bölüm 2: A, B ve S sınıfı kaplamalar için gereklilikler ve test yöntemleri' kapsamında test edilerek belirlenmiştir.

### 2. 1. Optik Performans

Trakya Mersin Fabrikası üretimi enerji camlarına (Sandy, buzlu cam) antirefleksif kaplama uygulamasıyla birlikte, %2,5'lik bir net transimiyon artışı sağlanmakta (Şekil 1) ve bu artış 270 Wat'lık 60 hücrelik bir modülde 7 Wat'lık bir artışa denk gelmektedir (Tablo 1).



Şekil 1. Antirefleksif kaplamalı ve kaplanmamış sandy camların (buzlucam) optik spektrumu

Tablo 1. PV modülde (1 x1,6m, 60 hücre) 1000 watt lık ışınımda elde edilen akım/voltaj/güç.

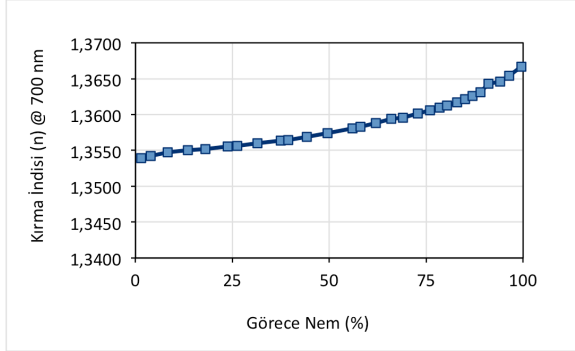
DateTime	Serial	I <sub>max</sub>	V <sub>max</sub>	P <sub>max</sub>	SurfTemp
14.03.2018	SF31308100058	8,675978	31,844526	276,28241	25,349277
14.03.2018	SF31308100059	8,665205	31,92412	276,62906	24,864632
14.03.2018	SF31308100060	8,676023	32,128399	278,7467	24,767719
14.03.2018	SF31308100061	8,684898	31,994078	277,86533	25,203869
14.03.2018	SF31308100062	8,626906	32,029785	276,31796	25,785496

## 2. 2. Porozimetrik Elipsometri Sonuçları

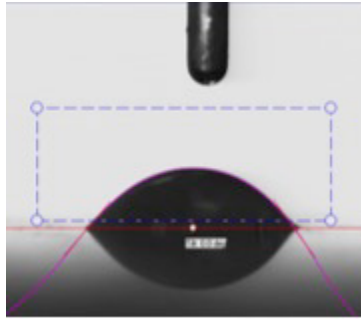
Porozimetrik elipsometri analizlerinde, AR kaplamanın yüksek göreceli nem (1.361) ve düşük göreceli nem (1.352) şartlarında elde edilen kırma indisleri arasında çok küçük bir fark olduğu ortaya çıkmış ve bu da kaplama gözeneklerin nem toleransının yüksek olduğu bilgisini sağlamıştır (Tablo 2, Şekil 2). Kaplamanın yüzey ıslanabilirlik özelliğini değerlendirmek için yapılan temas açısı (temas açısı = 43°) ölçümünde de kaplamada az da olsa su iticilik gözlenmiştir.

Tablo 2. 700°C'ta sinterlenmiş AR film in farklı bağıl nem oranlarında kalınlık ve kırma indisi değerleri

Örnek	Bağıl Nem (%)	Sıcaklık (°)	Model Kalınlığı (nm)	n
Sinterlenmiş AR film (700 °C)	2,9	25,0	81	1,352
	22,1	24,9	81	1,354
	92,0	25,2	79	1,361



**Şekil 2. 700°C'ta sinterlenmiş AR filminin görece nem ortamında kırma indisi değerleri**



**Şekil 3. AR kaplamanın Temas Açısı ölçüm görseli**

### 2. 3. Yüzey Gözenek Analizi - SEM

SEM görüntüsü baz alınarak yüzeydeki gözeneklerin büyüklükleri ve yüzeydeki gözeneklilik oranı hakkında bilgi edinebilmek mümkündür. Gözeneklilik boyut ve yüzde hesaplamaları yapılırken SEM görüntüsündeki kontrast farkı baz alınır. Yani incelenen mikroskop görüntüsünde yazılım tarafından bir eşik sinyal şiddeti tespit edilir ve bu sinyal şiddetinin altındaki değerler gözenek olarak kabul edilirken, eşik sinyal şiddetinin üzerindeki değerler yükselti gibi kabul edilir. Yalnız, çukur ve tümsek bölgelerdeki kontrast farklılıkları çok belirgin olmadığından gözeneklilik yüzdesi değerinin çok da isabetli olmadığı düşünülmüştür (Şekil 4).

Orijinal İmaj

Siyah-Beyaz  
Filtrelenmiş İmaj

Alansal Oran = 16.8%



**Şekil 4. AR kaplamalı sandy desenli cam numunesinin SEM görüntüsünde gözeneklilik hesaplaması yapılırken referans alınan bölge ve bu bölgeden elde edilen sinyal şiddeti haritası ve haritadan elde edilen verilerle oluşturulan gözenek alansal alan yüzdesi.**

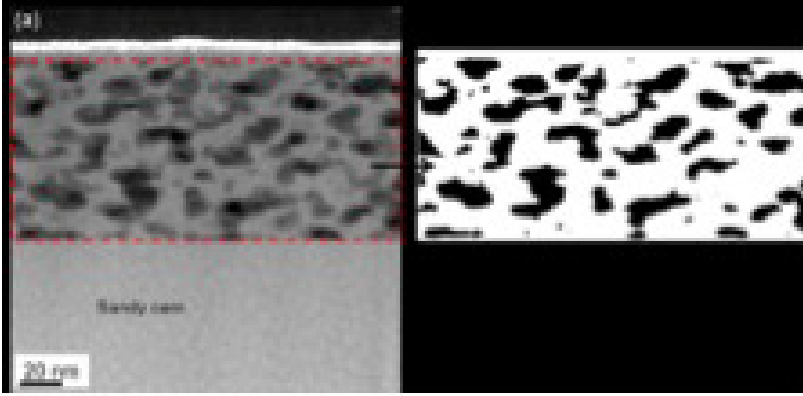
## 2. 4. Kesit Gözenek Analizi - STEM-HAADF

Antireflekte kaplamalardan elde edilen taramalı geçirgenlik elektron mikroskobu (STEM, Scanning Transmission Electron Microscopy) kesit görüntülerinden (Şekil 5) AR kaplamanın kalınlığı yaklaşık 90-95 nm civarında olduğu tespit edilmiştir. AR kaplamanın daha küçük boyutlu gözeneklerin birleşmesiyle oluşmuş büyük gözenekli bir yapıda olduğu açıkça görülmektedir. AR kaplamanın gözenekler dışında kalan bölgesi incelendiğinde kontrastın homojen olduğu görülmektedir. Yani bu durum büyük gözeneklerin dışında kalan bölgelerde AR kaplama malzemesinin yoğunluğunun yüksek olduğuna işaret etmektedir. AR Kaplama/Koruyucu kaplama ara yüzeyine bakıldığında ise AR kaplamanın yapısında tespit edilen büyük gözenekler iç tarafta yoğunken, AR Kaplama/Koruyucu kaplama ara yüzeyine yakın bölgelerde çok azaldığı görülmektedir. Bu da yüzey incelemeleri esnasında SEM görüntülerine istinaden gözeneklerin kapalı gözenek yapısında olduğu düşüncesini desteklemektedir. Ayrıca, şekilde 5'te verilen sinyal şiddeti haritasına göre elde edilen gözeneklilik hesaplamalarında çapı 6 nm'den 49.2 nm'ye kadar değişen toplam 39 adet gözenek tespit edilmiştir. Buna göre 39 adet gözenegin 14 adedinin boyutları 6-16 nm arasında, 16 tanesinin boyutları 16-26 nm arasında, 6 tanesi 26-36 nm arasında, geri kalanlar ise 36 nm'nin üzerindedir. Gözeneklerin boyutlarının ortalama olarak 19 nm civarında olduğu tespit edilmiştir.



Orijinal İmaj

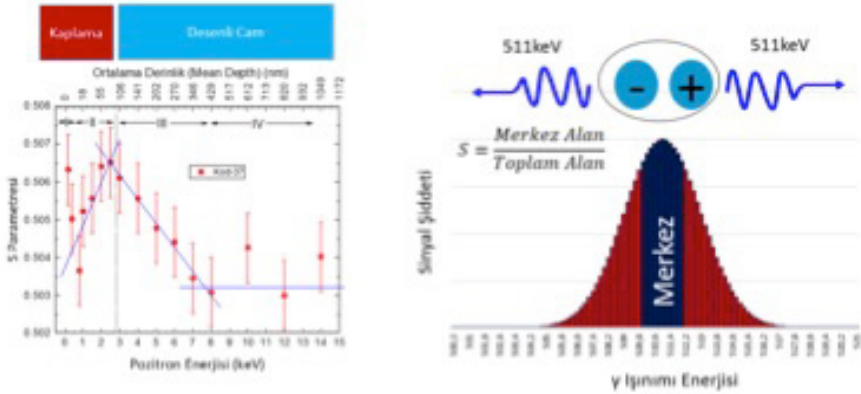
Siyah-Beyaz  
İşlenmiş Kesit Görüntüsü



**Şekil 5. AR kaplamalı sandy desenli cam numunesinin yan kesit imajı, kesitten alınmış HAADF-STEM görüntüsü esas alınarak yapılan gözeneklilik hesaplamalarında tespit edilen gözenek sayısının gözenek çaplarına göre dağılımı.**

## 2. 5. Pozitron Doppler Genişlemesi Spektroskopisi

Pozitronyum ölçümleri, Marmara Üniversitesi Fizik Bölümünde yapılmıştır. Pozitronyum ölçümünde sodyum 22 izotopundan elde edilen pozitronlar uygun enerjilerde ayarlanarak malzeme yüzeyine gönderilmiştir. Pozitronların ne kadar derine indikleri sahip oldukları enerjiye bağlıdır ve enerji ne kadar yüksek ise pozitron o kadar derine iner. Malzeme içinde oluşan pozitronyum bozunarak gama ışını üretir. Bu sinyal toplanarak gözeneklilik ile ilgili bilgi elde edilebilir. S parametresi arttıkça gözeneklilik artmaktadır. S parametresi pozitronyumun bozunması ile açığa çıkan gamma radyasyonunun enerji dağılımından hesaplanmaktadır (merkez alan/toplam alan). Enerji dağılımının genişlemesi/yayılmaması ise Doppler etkisinden kaynaklanmaktadır. Buna göre pozitronyum yok olurken hareket halinde olduğu için yaydığı radyasyonun frekansı değişmekte, enerji de frekansla orantılı olarak açığa çıkmaktadır. Yapılan çalışmada, S parametresi 78,9 nm'de maksimum değerleri vermiştir.



Şekil 6. AR kaplamalı sandy camın S parametresinin positron enerjisine (keV) ve ortalama derinlik mesafesine bağlı değişim.

## 2. Fiziksel ve Hızlandırılmış İklimlendirme testleri

Kaplamalı camlar için tariflenen ve fotovoltaik AR kaplamalar için genel kabul gören testler AR kaplamamıza uygulanmış ve başarılı sonuçlar elde edilmiştir (Tablo 2)

Tablo 2. Şişecam AR kaplamalı fotovoltaik panel camlarının test performansı

Testler		Sonuç
Adhezyon Testi	ASTM D 3359	Başarılı
Kalem Sertlik	ASTM D 3363	Başarılı
Çizilme Direnci	Van Laar	Başarılı
Tuzlu ortama dayanım testi	EN 1096 - 2	Başarılı
Nemli ortama dayanım testi	EN 1096 - 2	Başarılı
Asidik ortama dayanım testi	EN 1096 - 2	Başarılı
Aşınmda direnci testi	EN 1096 - 2	Başarılı

## 3. SONUÇ VE GENEL DEĞERLENDİRME

Bu çalışmada ilk kez, antireflekte kaplamalardan elde edilen STEM kesit görüntüleri, Pozitron Yokolma Radyasyonunun Doppler Genişlemesi (DBAR, Doppler Brodening Annihilation Emission Spectroscopy) ölçümleri ile karşılaştırılmıştır. DBAR yöntemiyle elde edilen sonuçlar özellikle kaplama kalınlığı ve gözenek dağılımı açısından STEM analiz sonuçlarını desteklemiştir.

STEM ve DBAR ölçümlerine göre gözeneklilikte derinliğe bağlı bir değişim olduğu ve cam kaplama ara yüzeyine yaklaşıldıkça gözenekliliğin arttığı gözlenmiştir. Ayrıca, desensiz numuneler üzerine uygulanan AR kaplamalarda porozimetrik elipsometri ölçümleri yapılmış ve kaplamanın kırma indislerindeki değişimin nem oranındaki kontrollü salınımlardan bağımsız olduğu gözlenmiş ve kapalı gözenek topolojisi teyit edilmiştir.

## TEŞEKKÜRLER

*Elipsometrik porozite ölçümleri için Prof. Dr. Alicia Duran ve Dr. Yolanda Castro'ya, destekleri için Prof. Dr. Şener Oktik, Hande Sesigür, Haluk Erdem, Erhan Sarıca, İrfan Bıkmaz ve emekleri için Dr. Aref Cevahir, Ezgi Biçer, Yalçın Kuru, Yalçın Demir, Nihat Ünal, Necla Bakmaz'a teşekkür ederiz.*

## 4. KAYNAKLAR

[1] Otsu, N., "A Threshold Selection Method from Gray-Level Histograms," *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics*, Vol. 9, No. 1, (1979), pp. 62-66

[2] William M. Haynes, ed. *CRC Handbook of Chemistry and Physics (92nd ed.)*. Boca Raton, FL: CRC Press. ISBN 1439855110 (2011).

[3] Anle Pu, "Positron Annihilation Investigation of Vacancies As-Grown and Electron Irradiated Diamonds," *MSc. Thesis, Department of Physics, University of Manitoba, Winnipeg, Manitoba, CANADA(2000)*

**Prof. Dr. Seong H. Kim**  
Pennsylvania State University  
shkim@enr.psu.edu

Salon  
C-112  
11:00-11:20

## MECHANICAL AND TRIBOLOGICAL PROPERTIES OF SILICATE GLASS IN AMBIENT AIR

### **Biography**

Dr. Seong H. Kim joined the faculty of Chemical Engineering in 2001 after completing a Ph.D. study in Chemistry from Northwestern University and a post-doctoral research at University of California, Berkeley.

His research interests lie in surface science and nanoengineering.

### **Abstract**

Physical and/or chemical defects on glass surfaces are critical factors governing mechanical strength or durability of glass. In ambient air, water adsorption, reaction, and diffusion at the surfaces are believed to play important roles in defect formation; thus, materials properties of glass cannot be fully understood without knowing the surface chemistry and structure of glass in humid air. However, compared to metals or crystalline oxide materials, the surface chemistry and structure of multicomponent glasses are much less understood. This is in part because the adsorbed water can often be dissociated or diffused into the glass, especially in the case of alkali-containing silicate glasses; in addition, glass itself can have some hydrous species (hydroxyl and molecular water) in the subsurface or bulk. Since glass is in non-equilibrium state, glass composition, thermal history, surface treatment, and environment condition can also affect the water adsorption and reaction behavior. Systematic studies in controlled humidity environments revealed that indentation fracture and wear of silicate glass are mainly due to mechanical damage in dry or inert environments; but they are highly influenced by chemical reactions at the interface involving water molecules -- more accurately, mechanochemical reactions which vary depending on the surface composition and structure of the glass and the stress condition. We employed a comprehensive set of surface-sensitive spectroscopy technique to investigate water adsorption and reaction at multicomponent silicate glasses containing leachable alkali ions and their impacts on indentation fracture and wear behaviors of the glass surface. These studies revealed a unique role of the alkali ion leaching and exchange on the activity of water at glass surfaces, which could be correlated with surface mechanical and mechanochemical properties of glass surfaces.

**Keywords:** *Silicate Glass, Physical Defects, Chemical Defects, Glass Surfaces, Glass Structure*

Ateş Gösterişlioğlu<sup>1,2</sup>, Bengü Güldalı<sup>1,3</sup>, Gülcan Terzi<sup>1,2</sup>,  
Nahide Özben<sup>3</sup>, Lukas Simurka<sup>1</sup>, Ali Erçin Ersundu<sup>1</sup>,  
Miray Çelikkalek Ersundu<sup>2</sup>, Dr. İlkyay Sökmen<sup>1</sup>

<sup>1</sup>T. Şişe ve Cam Fabrikaları A.Ş., Bilim Teknoloji ve Tasarım Merkezi

<sup>2</sup>Yıldız Teknik Üniversitesi, Kimya Metalurji Fakültesi

<sup>3</sup>Gebze Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü

agosterisli@siseecam.com, bguldali@siseecam.com, gterzi@siseecam.com,

nozben@siseecam.com, lsimurka@siseecam.com, ersundu@yildiz.edu.tr,

miray.yildiz.edu.tr, isokmen@siseecam.com

Salon  
C-112  
11:20-11:40

## YAŞLANDIRMA SÜRECİNİN KİMYASAL TEMPERLEME TEKNOLOJİSİ İLE GÜÇLENDİRİLMİŞ FARKLI CAM KOMPOZİSYONUNA SAHİP İNCE DÜZCAMLARA OLAN ETKİSİ

### Biyografi

Ateş Gösterişlioğlu 1995 tarihinde İstanbul'da doğdu. 2018 yılında Yıldız Teknik Üniversitesi Metalurji ve Malzeme Mühendisliği lisans programından mezun oldu ve aynı yıl Yıldız Teknik Üniversitesinde Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Yüksek Lisans programına başladı. Lisans eğitimi sırasında Ostrava Teknik Üniversitesi, Çekya'da 1 yıl değişim öğrencisi olarak bulundu. Ocak 2018'den beri Şişecam Bilim Teknoloji ve Tasarım Merkezi bünyesinde Yüzey Teknoloji Müdürlüğüne bağlı olarak proje stajyerliği yapmaktadır. Aynı zamanda Yıldız Teknik Üniversitesi Cam Araştırmaları Grubunda da çalışmalar yapmaktadır.

### Özet

İnce düzcamlar, hafiflik ve yüksek mekanik mukavemet özelliklerinin birlikte arandığı endüstriyel düzcam uygulamalarında giderek artan oranlarda kullanılmaya başlanmıştır. İnce düzcamların güçlendirilmesi için kullanılan teknolojilerden biri olan kimyasal temperleme teknolojisinde, camın,  $KNO_3$  tuz banyosu içinde, cam geçiş sıcaklığının altında bekletilmesi sonucunda cam yüzeyindeki  $Na^+$  iyonlarının daha büyük atomik yarıçaplı  $K^+$  iyonlarıyla difüzyon mekanizmasıyla yer değiştirmeleri sağlanır, böylece cam yüzeyinde basma gerilimi oluşarak camın mekanik mukavemeti artar. Mekanik mukavemetleri artırılan ince düzcamların, çeşitli uygulamalarda kullanılabilmesi için atmosferik korozyon dayanımlarının yüksek olması beklenir. Sıcaklık ve nem ile zamanla korozyona uğrayan cam ürünün kullanım ömrünün, standartlara uygunluğunun ve ürünün güvenilirliğinin saptanması açısından atmosferik korozyon davranışının bilinmesi önem arz etmektedir. Bu çalışmada, atmosferik korozyon direncinin kimyasal temperleme sürecine etkisinin incelenmesi amacıyla, farklı miktarlarda  $Al_2O_3$  içeren üç farklı cam kompozisyonuna sahip ince düzcamların kimyasal temperleme öncesi ve sonrası yaşlandırılması ve bu camların yapısal, optik ve mekanik özelliklerinin incelenmesi gerçekleştirilmiştir. Yapısal değişikliklerin belirlenmesi amacıyla FTIR ve TOF-SIMS, sertlik ve çatlak oluşum davranışlarının belirlenmesi amacıyla Vickers indentasyon, mukavemet değerlerinde oluşan değişikliklerin belirlenmesi amacıyla halka üstü halka testi, yüzey morfolojisinde oluşan değişikliklerin belirlenmesi amacıyla beyaz ışık interferometre tekniği kullanılmıştır. İncelemeler sonucunda, kimyasal temperleme öncesinde gerçekleşen atmosferik korozyon ile yüzeyde bulunan mikro çatlakların ilerlemesinin, kimyasal temperleme ile mekanik mukavemet artışını olumsuz etkilediği tespit edilmiştir. Ayrıca cam kompozisyonunda artan  $Al_2O_3$  içeriği ile camın korozyona karşı dayanımını ve kimyasal temperleme verimi artmaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** İyon yer değiştirme, İnce düzcam, Kimyasal temperleme, Güçlendirme, Cam korozyonu, Yaşlandırma

Gülcan Terzi<sup>1,2</sup>, Dr. Burcu Öğüt<sup>1</sup>, Türkay Yıldız<sup>1</sup>,  
Ersin Gökçen<sup>3</sup>, Doç. Dr. Miray Çelikkbilek Ersundu<sup>2</sup>,  
Doç. Dr. Ali Erçin Ersundu<sup>2</sup>, Dr. İlkey Sökmen<sup>1</sup>

<sup>1</sup> T. Şişe ve Cam Fabrikaları A.Ş. Bilim ve Teknoloji Merkezi

<sup>2</sup> Yıldız Teknik Üniversitesi, Kimya Metalurji Fakültesi

<sup>3</sup> Trakya Cam Sanayii A.Ş. Mersin Fabrikası

gterzi@sisecam.com, bogut@sisecam.com, tyildiz@sisecam.com,

egokcen@sisecam.com, miray.yildiz.edu.tr, ersundu@yildiz.edu.tr,

isokmen@sisecam.com

Salon  
C-112  
11:40-12:00

## DESENLİ İNCE DÜZ CAMIN KİMYASAL TEMPERLEME YOLU İLE GÜÇLENDİRİLMESİ

### Biyografi

Gülcan Terzi, Yıldız Teknik Üniversitesi Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü'nde 2018 yılında Lisans eğitimini tamamlayıp, aynı yıl Yıldız Teknik Üniversitesi'nde Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü'nde Yüksek Lisans eğitimine başlamıştır. Ocak 2018'de başladığı Şişecam Bilim Teknoloji ve Tasarım Merkezi, Yüzye Teknolojileri Müdürlüğü'nde proje stajyeri ve Yıldız Teknik Üniversitesi Cam Araştırmaları Grubu'nda görevi devam etmektedir.

### Özet

Cam malzemelerin hafifletilmesi ile beraber ince camın mekanik mukavemetinin kimyasal temperleme yöntemi ile artırılması konusunda yapılan araştırma ve geliştirme çalışmaları artmakta, özellikle ekran teknolojilerinde kullanılan kimyasal temperli ince düzcamların kullanım alanı son yıllarda hızla genişlemektedir. Kimyasal temperleme işlemi, cam geçiş sıcaklığının altında, erimiş tuz banyosuna daldırma yöntemi ile belirlenen sıcaklık ve sürede iyon yer değişimi sonucu camın yüzeyinde basma gerilmesi oluşturarak camın dayanımının artırılması yöntemidir. Hafiflik ve yüksek mekanik mukavemet özelliklerini bir arada sağlayan kimyasal temperli ince camların, sahip oldukları üstün özellikleri ile, fotovoltaik teknoloji sistemlerinde güneş hücresi panelinin kapak camı olarak kullanılması da cam üreticilerinin gündemine girmiştir. Bu amaçla yapılan bu çalışma kapsamında, güneş panellerinin iç aksamını çevre koşullarından koruyan ve desenli yapısıyla cam yüzeyinde oluşan yansımaları azaltarak, yüksek ışık geçirgenliği ve düşük yansıma değerleri ile güneş panellerinin performansında maksimum verimlilik sağlayan düşük demirli desenli ince camların kimyasal temperleme davranışı yapısal, optik ve mekanik açıdan incelenmiştir. Farklı süre ve sıcaklıklarda kimyasal temperlenen 2 mm kalınlığa sahip desenli camların, temperleme işleminden önce ve sonra ağırlık ölçümleri alınarak yüzde ağırlık değişimleri ve difüzyon katsayıları hesaplanmıştır. Potasyum ve sodyum iyonlarının konsantrasyon derinlik profilleri taramalı elektron mikroskopu (SEM) enerji yayımlı x-ışını spektroskopisi (EDX) tekniği kullanılarak analiz edilmiş ve numunelerin mekanik mukavemeti halka üstü halka testi ile incelenerek Weibull diagramları oluşturulmuştur. Elde edilen yüzey basma gerilim derinliği, aynı şartlarında temperlenmiş float teknolojisi ile üretilen eş kalınlıktaki desensiz ince düzcamin yüzey basma gerilim derinliği değerleri ile karşılaştırılmıştır. Ayrıca, kimyasal temperleme işleminin camın optik özelliklerine etkisinin incelenmesi amacıyla görünür bölgedeki geçirgenlik ve pusluluk değerleri ölçülmüş ve atmosferik koşullara karşı dayanımını tespit etmek amacıyla nem, tuz, asit ve aşındırma testleri uygulanmıştır.

Çalışmanın sonucunda desenli ince camların mekanik mukavemetinin kimyasal temperleme yolu ile yaklaşık 3 kat arttırıldığı, optik özelliklerinin değişmediği ve güçlendirilen camların mekanik aşınma ve atmosferik etkilere karşı mekanik mukavemetini koruduğu belirlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Kimyasal Temperleme, İyon yer değiştirme, Desenli Cam, Fotovoltaik, Güneş paneli, Güçlendirme

Bengü Güldalı<sup>1,2</sup>, Semin Atılgan<sup>1</sup>, Sedat Alkoy<sup>2</sup>,  
Dr. İlkay Sökmen<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Türkiye Şişe ve Cam Fabrikaları A.Ş.

Şişecam Bilim, Teknoloji ve Tasarım Merkezi

<sup>2</sup>Gebze Teknik Üniversitesi, Malzeme Bilimi ve Mühendisliği Bölümü

bguldali@siseecam.com, seatilgan@siseecam.com, sedal@gtu.edu.tr,

isokmen@siseecam.com

Salon  
C-112  
12:00-12:20

# KİMYASAL TEMPERLEME TEKNOLOJİSİ İLE GÜÇLENDİRİLMİŞ FARKLI CAM KOMPOZİSYONUNA SAHİP İNCE DÜZCAMLARIN ASİT, ALKALİ VE HİDROLİTİK DAYANIMI

## Biyografi

Bengü Güldalı, 2017 yılında Yıldız Teknik Üniversitesi Metalurji ve Malzeme Mühendisliği lisans programından mezun oldu ve aynı yıl Gebze Teknik Üniversitesi Cam Bilimi ve Teknolojisi programında yüksek lisansa başladı. Ocak 2018 yılında Şişecam Bilim Teknoloji ve Tasarım Merkezi, Kaplama Teknolojileri Direktörlüğü, Yüzeysel Teknolojileri Müdürlüğü'nde proje stajyeri olarak göreve devam etmektedir.

## Özet

Cam kalınlığının incelenmesi ile birlikte camın mekanik mukavemetinin azalması ve ısı temperleme yolu ile güçlendirilememesi nedeniyle kimyasal temperleme teknolojisi ile güçlendirme alanında yapılan araştırma ve geliştirme çalışmaları son yıllarda hız kazanmıştır. İyon yer değiştirme sürecine dayalı olan kimyasal temperleme teknolojisi ile cam yüzeyinde basma gerilimi oluşturularak camın mekanik mukavemeti artırılır. Mekanik mukavemet artışının yanı sıra bu teknoloji kullanılarak güçlendirilmiş ince düzcamların nihai kullanım amacına göre kimyasal dayanımının da yüksek olması beklenir. Kimyasal dayanıma etki eden en önemli parametrelerden biri ise cam kompozisyonudur. Yapılan bu çalışmada kimyasal temperleme teknolojisi ile güçlendirilmiş farklı cam kompozisyonuna sahip ince düzcamların kimyasal dayanımları karşılaştırılmıştır. Bu amaçla float teknolojisi ile üretilmiş alümina silikat ve iki farklı soda kireç silikat cam kompozisyonuna sahip 1,1 mm kalınlığa sahip ince düzcamların mekanik mukavemeti kimyasal temperleme teknolojisi ile yaklaşık 3 kat artırılmış, ardından DIN 12116 standardına göre asit dayanımları, ISO 695 standardına göre alkali dayanımları ve ISO 719 standardına göre hidrolitik dayanımları karşılaştırılmıştır. Numunelerin kimyasal dayanım testlerinden önce ve sonra ağırlık ve boyut ölçümleri yapılmış, atmosfer ve kalay yüzeylerinin basma gerilim ve basma gerilim katman kalınlıkları ölçülmüş ve yüzey morfolojileri incelenmiştir. Alümina silikat cam kompozisyonunun, alkali dayanım test sonuçlarına göre en az, asit dayanım test sonuçlarına göre ise en çok etkilenen cam kompozisyonu olduğu tespit edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** İyon yer değiştirme, İnce düzcam, Kimyasal temperleme, Güçlendirme, Asit dayanımı, Alkali dayanımı, Hidrolitik dayanım



**Radim Ctvrtlik<sup>1</sup>, Jan Tomastik<sup>1</sup>, Lukas Vaclavek<sup>1</sup>,  
Petr Abrham<sup>2</sup>, Michal Hanak<sup>2</sup>, Martin Drab<sup>2</sup>, Vaclav Koula<sup>2</sup>,**  
<sup>1</sup>Regional Centre of Advanced Technologies and Materials, Joint Laboratory of  
Optics of Palacky University and Institute of Physics of Czech Academy of  
Sciences, Faculty of Science, Palacky University,  
17. listopadu 12, 77146 Olomouc, Czech Republic  
<sup>2</sup>ZD Rpety-Dakel, Ohrbecká 408/3, 142 00 Prague, Czech Republic  
radim.ctvrtlik@upol.cz, jan.tomastik@upol.cz, lukas.vaclavek@upol.cz,  
abrham@dakel.cz, hanak@dakel.cz, drab@dakel.cz, koula@dakel.cz

Salon  
C-112  
14:00-14:20

## **ACOUSTIC EMISSION AS A TOOL FOR EXTENDED TRIBO-MECHANICAL CHARACTERIZATION AT NANO/MICRO SCALE - APPLICATION TO NANOINDENTATION AND SCRATCH TEST**

### ***Biography***

Radim Ctvrtlik holds a diploma degree, summa cum laude, in Applied Physics and Metrology from the Palacky University in Olomouc (PU), where he also received his doctoral degree in 2009 with a dissertation on the relationship between structure and physical properties of hard carbon-based thin films.

He worked as a researcher at the Institute of Physics of the Czech Academy of Sciences in Prague (2004-2009). Since 2009 he is a lecturer at PU and a researcher at Regional Centre of Advanced Technologies and Materials in Olomouc (RCPTM). After a postdoctoral fellowship at the Virginia Polytechnic Institute and State University (VA, USA), where he explored mechanical properties of thin film in situ at elevated temperatures, he established a research group at the Joint Laboratory of Optics - PU in 2014. His research activity is driven by the desire to understand how the composition and structure predetermines the mechanical and tribological properties of thin films and coatings. To achieve this, he pursues an interdisciplinary approach combining depth sensing indentation techniques and acoustic emissions methods at small scales.

Furthermore, his scientific work includes development of thin films with high temperature structural and compositional stability beyond 1000 °C and PVD synthesis methods for metals and oxides thin films for photoelectrochemical applications.

### ***ABSTRACT***

Mechanical and tribological properties of thin films and coatings are routinely explored using nanoindentation and scratch test. Evaluation of these tests mainly relies on the analysis of depth-load-time records. Although this approach has been proven to be sufficient in most cases for a variety of materials (thin films, micro-objects, composites, bulk) there are many situations where indentation curves or scratch depth-load-time records do not provide sufficient information for a complex understanding of the deformation response of the material. The microscopic observation of the residual indents or scratches often extends the tests' evaluation, especially in the latter case. Nevertheless, it does not elucidate the dynamics of the process or phenomenon studied, especially for non/transparent materials. On the other hand the recording of the acoustic waves can overcome this drawback and offer a nondestructive way for obtaining complementary information.

Acoustic waves emitted during mechanical tests at the nano-micro scale are a rich source of information about the deformation behavior of the tested material. This holds especially for the initiation and propagation of cracks in the tested surface or coating in particular. Hence

the analysis of acoustic emissions (AE) provides a better understanding and more complex interpretation of the results obtained by the nanoindentation and scratch test.

The strength of the AE based method is demonstrated for optical thin films deposited on glass tested via scratch test. Combination of AE and nanoindentation will be presented for various types of glasses. The complementary analysis of the time and frequency domain will draw the potential of the AE extended approach. Especially dynamics of the failure and fracture processes will be distinguished and elucidated. In both cases the analysis of AE events will be correlated with standard approaches.

**Keywords:** *Acoustic emission, indentation, scratch test, glass, thin films*

## 1. INTRODUCTION

The research and development of new materials in any form are inherently related to the quality of information that can be obtained experimentally. A tremendous effort has been devoted especially to the thin films and coatings that allow tailoring of surface properties. In fact, most of the interactions happen through the surface. Therefore, the thin film technology has becoming an inherent part of any manufacturing process. This is very true especially in optics where most of the surfaces are coated with thin films or multi-layered structures [1, 2]. That means that the mechanical durability and internal stability of these films are crucial, regardless of their primary role. Therefore, the measurement of mechanical and tribological properties is necessary.

Probably the most important tests are nanoindentation and scratch test based on quasistatic mechanical contact between the diamond indenter and the tested surface [3]. Dynamic tests are available at nano/micro scale. Although these techniques and their analysis protocols are well established and have been used for years for testing of thin films and bulk materials, the information provided by these tests can be dramatically enhanced by the acoustic emission (AE) detection systems even at nano/micro scale. As a result more reliable conclusions about the film performance can be obtained. Besides, the AE systems allow elucidating the deformation dynamic.

Acoustic emission can be defined as the phenomenon of transient elastic waves radiation in solids that occurs when a material undergoes irreversible changes in its internal structure, or in other words during a dynamic reconstruction of material's structure that is represented mainly by crack formation or plastic deformation. In general the material and mechanical AE are distinguished. The material AE refers to a local dynamic change in a material structure (cracking, delamination, phase transition, dislocation burst etc.), while the mechanical AE is related to the mechanical origin (leakage, friction, impact etc.).

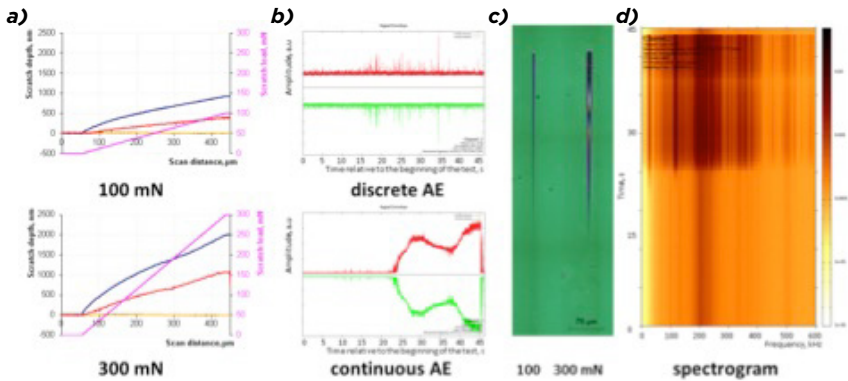
The mechanical loading of a material may lead to its structural changes and in turn to generation of elastic stress waves. Consequently, small surface displacements of a material can be detected. This effect is especially strong when the accumulated elastic energy is released rapidly. In practice, the AE method is based on the mechanism described above and is used for example for structural health monitoring, quality control, system feedback, process monitoring, etc.

## 2. SCRATCH TEST

Scratch test is considered as a standard method used for exploration of adhesion and cohesion of thin films and coating. During the test, the diamond tip is pulled over the surface while the normal force applied on the indenter is increasing. The goal of the test is to find the critical loads representing the onset of specific failures. There are various ways how to find these loads based on either i) visual observation of the residual groove or ii) analysis of depth-load-distance record or evaluation of the iii) friction probe and iv) AE signal. It should be noted that especially at macro/micro scale in the latter case.

It has been shown that for reliable nano/micro scratch test evaluation the combination of all the above mentioned techniques should be used [4]. As a benefit it is also possible to get insight into the dynamics of the failure process [5]. In practice, the AE signal envelope, that is in fact a compressed signal, has proved to be reliable source of information. Nevertheless, the thorough evaluation of the sampled AE signal considerably enhances the AE analysis and allows distinguishing between different failure types (cracking, chipping or delamination etc.) and/or the initial and catastrophic film/substrate failures. The typical sampling frequencies are higher than 5 kHz. In general the AE signal may be analysed in both the time and frequency domain. The visual representation of the spectrum of frequencies as a function of time for the whole AE signal is called spectrogram.

In some cases, the AE is the only method able to unambiguously determine the film and substrate damage, like in case of TiO<sub>x</sub> thin film with thickness of 280 nm deposited on glass substrate, see Fig.1. The discrete AE envelope reflects the film cracking, while the continuous AE reveals total film wipe off and glass damage.



**Figure 1. Scratch testing of TiO<sub>x</sub> film on glass substrate performed up to 100 and 300 mN**  
a) depth-load-distance records b) AE envelopes c) residual scratch grooves and  
d) spectrogram for the 300 mN test.

Acoustic emission technique is not only useful add-on for the scratch test. It rather represents an important and reliable approach how to detect the very first cracking in the film/substrate system. Furthermore it offers a real-time detection of the subsurface damage in the very convenient way.

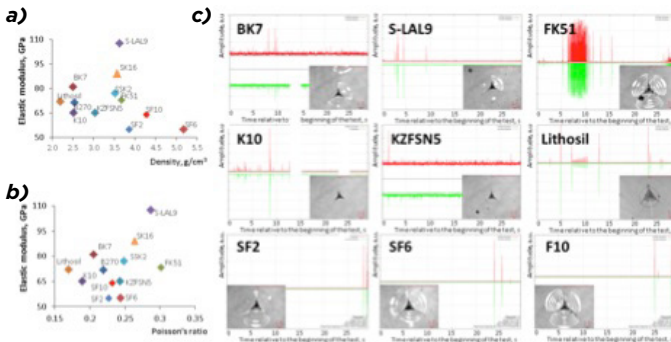
### 3. DEPTH SENSING INDENTATION

Nanoindentation (Depth sensing indentation) is a contact based technique widely used for evaluation of mechanical properties at small scales. During a typical test a diamond tip of known geometry is pressed into the sample surface, while the indentation load and depth are continuously recorded.

During the first stage of the nanoindentation test the normal load is gradually increased from zero to a predefined maximum. At full load, a dwell period is applied to allow the sample to creep. During unloading the indentation load is gradually decreased back to zero. Typical result of such a test is a load-displacement curve. If plastic deformation occurs then also the residual impression is left in the sample surface. The evaluation of the nanoindentation test is based on the analysis of the load-displacement curve instead of measurement of dimensions of the residual impression like in the case of conventional indentation hardness test.

Hardness and elastic modulus are measured in most cases, but other phenomena like pressure-induced phase transformations, incipient plasticity or time dependent effects can be studied. Furthermore, it is possible to perform such test at elevated temperatures and study temperature stability of the material or temperature related phenomena [6].

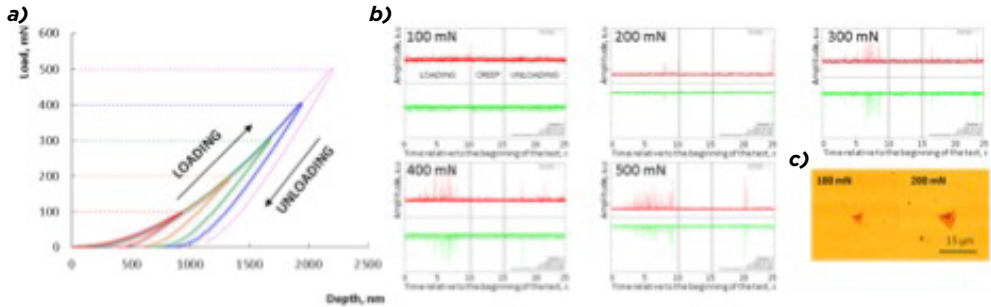
The glass surface damage induced by a sharp point contact is a serious problem in practice and still not fully understood comprehensive issue encompassing fracture mechanics and glass science. Various types of glasses can crack during both the loading and unloading sequence with different crack patterns as can be seen from Fig.2.



**Figure 2. Overview of a, b) elastic properties and density, and c) residual crack patterns together with AE records for various glasses tested with pyramidal Berkovich indenter.**

It can be clearly seen that the resistivity against crack formation and propagation differ extensively. Furthermore, different types of cracks and their combinations can be visually distinguished. Analysis of the AE envelopes then obviously assigns the specific types of cracks to either loading (first 10 seconds) or unloading (last 10 seconds) stage of the indentation process. For example the lateral cracks are formed during the unloading when the elastically deformed material recovers. The AE peaks during the loading can be ascribed to the formation of the so called median cracks that originate beneath the indenter and are closed during unloading.

Use of AE detection system during indentation of fused silica revealed marked cracking already at 100 mN. This finding may have serious consequences on reliability of calculated elastic modulus values as fused silica is routinely used as a calibration material for assessment of indenter shape function. Cracking of the material is inconsistent with the assumption of the elastic-plastic loading and purely elastic unloading [7]. It should be noted that no traces of cracking are detectable on indentation curves.



**Figure 3. Indentation testing of fused silica from 100 to 500 mN a) indentation curves b) AE records and c) residual indents for 100 and 200 mN.**

#### 4. CONCLUSION

Acoustic emission is a very useful technique and rich source of unique information even at nano and micro scale. Implementation of AE allows to considerably increase the reliability of conclusions drawn about the material mechanical durability and tribological performance. AE technique can be easily implemented in to almost any mechanical and tribological tester and can reveal the very first and/or sub-surface cracking due to its unprecedented sensitivity. Besides cracking, AE may also be used for exploration of other physical phenomena like phase transitions or dislocation bursts.

## ACKNOWLEDGEMENTS

The authors also gratefully acknowledge the support by the he project TH03020245 of the Technology Agency of the Czech Republic and the Operational Programme Research, Development and Education, projects no. CZ.02.1.01/0.0/0.0/17\_049/0008422 and no. CZ.02.1.01/0.0/0.0/16\_019/0000754 of the Ministry of Education, Youth and Sports of the Czech Republic.

## 5. REFERENCES

- [1] Martinu, L., Poitras, D. 2000. *Plasma deposition of optical films and coatings: A review. Journal of Vacuum Science & Technology A* 18, 2619-2645.
- [2] Mozetič, M., Vesel, A., Primc, G., Eisenmenger-Sittner, C., Bauer, J., Eder, A., et al. 2018. *Recent developments in surface science and engineering, thin films, nanoscience, biomaterials, plasma science, and vacuum technology. Thin Solid Films* 660, 120-160.
- [3] Gouldstone, A., Chollacoop, N., Dao, M., Li, J., Minor, A.M., Shen, Y.-L. 2007. *Indentation across size scales and disciplines: Recent developments in experimentation and modeling. Acta Materialia* 55, 4015-4039.
- [4] Tomastik, J., Ctvrtlik, R., Drab, M., Manak, J. 2018. *On the Importance of Combined Scratch/Acoustic Emission Test Evaluation: SiC and SiCN Thin Films Case Study. Coatings* 8, 196.
- [5] Tomastik, J., Ctvrtlik, R., Ingr, T., Manak, J., Opletalova, A. 2018. *Effect of Nitrogen Doping and Temperature on Mechanical Durability of Silicon Carbide Thin Films. Scientific Reports* 8, 10428.
- [6] Ctvrtlik, R., Al-Haik, M., Kulikovskiy, V. 2004. *Mechanical properties of amorphous silicon carbonitride thin films at elevated temperatures. Journal of Materials Science* 50, 1553-1564.
- [7] Fischer-Cripps, A.C. 2004. *Nanoindentation. New York: Springer.*

**Dr. İlkey Sökmen<sup>1</sup>, Ezgi Deniz Kaçar<sup>1</sup>, Semin Atılğan<sup>1</sup>,  
Emel Mercan<sup>1</sup>, Dr. Osman Burak Okan<sup>1</sup>, Duygu Güldiren<sup>1</sup>,  
Zeki Alimoğlu<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Türkiye Şişe ve Cam Fabrikaları A.Ş. Bilim, Teknoloji ve Tasarım Merkezi

<sup>2</sup> Cam Ev Eşyası Grup Başkanlığı, Geliştirme Direktörlüğü

isokmen@sisecam.com, ezbicer@sisecam.com, seatilgan@sisecam.com,

emercan@sisecam.com, buokan@sisecam.com,

duygu.guldiren@sisecam.com, zalimoglu@sisecam.com

Salon  
C-112  
14:20-14:40

## CAMIN İNCE, HAFİF VE GÜÇLÜ HALİ: STEMZERO

### **Biyografi**

İlkey Sökmen, Hacettepe Üniversitesi Kimya Bölümü'nde 1997 yılında lisans, 2000 yılında yüksek lisans, 2005 yılında doktora eğitimini tamamlamıştır. 2003 yılında Şişecam Bilim ve Teknoloji Merkezi'nde Araştırma Mühendisi olarak göreve başlamıştır. Cam yüzey özellikleri, cam korozyonu, yüzey/ara yüzey karakterizasyonu, cam yüzey modifikasyonu konularına yönelik çok sayıda AR-GE projesinde görev almıştır. 2016 yılından beri Şişecam Bilim ve Teknoloji Merkezinde Yüzey Teknolojileri Müdürü olarak görevine devam etmektedir.

### **Özet**

Son kullanıcının estetiğe ve hafifliğe olan ilgisinin artması nedeniyle, özellikle cam ev eşyası grubunda premium segment müşteri talepleri değişmiş ve daha hafif ve ince cam ürünlerin geliştirilmesi konusu önem kazanmıştır. Ancak bu durum, ürünlerin ekstra olarak güçlendirme ihtiyacını ortaya çıkarır. Diğer yandan hem kompleks şekilli olmaları, hem de ince cidarlı olmaları, bu ürünlerin geleneksel yollar ile güçlendirilmesini imkansız kılar. Bu çalışmada kristalin cam kompozisyonuna sahip ince cidarlı ve ince ayaklı cam ürünler, dünyada ilk defa olarak Paşabahçe Cam Sanayi A.Ş tarafından "hazneli ve kompleks şekilli cam ürünler" için özel olarak geliştirilen kimyasal temperleme teknolojisi ile renk ve parlaklığından ödün vermeden güçlendirilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** İnce cidarlı cam ev eşyaları, Kimyasal temperleme, Güçlendirme, İyon yer değiştirme

Dr. Burcu Öğüt<sup>1</sup>, Dr. Osman Burak Okan<sup>1</sup>,  
Ateş Gösterişlioğlu<sup>1,2</sup>, Berkel Kayacan<sup>2</sup>, Gülcan Terzi<sup>1,2</sup>, Ezgi  
Deniz Kaçar<sup>1</sup>,

Doç. Dr. Miray Çelikkbilek Ersundu<sup>2</sup>, Dr. İlky Sökmen<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Türkiye Şişe ve Fabrikaları A.Ş. Bilim, Teknoloji ve Tasarım Merkezi

<sup>2</sup>Yıldız Teknik Üniversitesi Kimya Metalurji Fakültesi

bogut@siseecam.com, buokan@siseecam.com, agosterisli@siseecam.com,

berkel\_kayacan@hotmail.com, gterzi@siseecam.com,

ezbicer@siseecam.com, miray.yildiz.edu.tr, isokmen@siseecam.com

Salon  
C-112  
14:40-15:00

## FARKLI CAM KESME TEKNİKLERİNİN KİMYASAL TEMPERLİ İNCE DÜZCAMIN MEKANİK MUKAVEMETİNE ETKİLERİ

### Biyografi

2006 yılında Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği bölümünden Lisans derecesini, Christian Albrechts Kiel Üniversitesi'nden Malzeme Bilimi ve Mühendisliği Bölümünden 2008 yılında Yüksek Lisans derecesini, 2013 yılında ise aynı üniversiteden doktora derecesini aldı. Max Planck Akıllı Sistemler Enstitüsü Stuttgart Elektronik Mikroskopi Merkezi'nde 2008-2013 yıllarında önce doktora öğrencisi ve daha sonra doktora sonrası araştırmacı olarak çalıştı. 2014-2016 arasında Stanford Üniversitesi Malzeme Bilimi ve Mühendisliği Bölümü'nde doktora sonrası araştırmacı olarak görev yaptı. 2017 yılından itibaren Şişecam Bilim ve Teknoloji Merkezi Kaplama Teknolojileri Direktörlüğü'ne bağlı Yüzey Teknolojileri Müdürlüğü'nde Uzman Araştırmacı olarak çalışmaktadır

### Özet

Özellikle doksanlı yıllardan itibaren nanoteknolojideki gelişmelerle birlikte teknolojik minyatürleşme ve hafifletme eğilimi sonucu ince düzcamlara ( $t < 2\text{mm}$ ) talep artmıştır. Diğer yandan cam kalınlığının incelenmesi ile birlikte camın mekanik mukavemetinin azalması ve ince camların geleneksel güçlendirme teknolojisi olan ısı temperleme yolu ile mukavemetlendirilememesi, ayrıca ısı temperleme yapılmış bir cama temperleme sonrası cam kesme işleminin uygulanamaması dünyadaki öncü cam şirketlerinin camın iyon yer değiştirme sürecine dayalı kimyasal temperleme yolu ile mukavemetlendirilmesi ile ilgili geliştirme çalışmalarına ağırlık vermesine neden olmuştur. Kimyasal temperleme teknolojisinde cam, eriyik  $\text{KNO}_3$  tuz banyosu içinde, cam geçiş sıcaklığının altında belirli bir süre bekletilir. Bu sayede cam yüzeyindeki sodyum iyonlarının daha büyük atomik çaplı potasyum iyonlarıyla difüzyon mekanizması yolu ile yer değiştirmeleri sağlanır. Bunun sonucu olarak cam yüzeyinde basma gerilimi oluşur ve camın mekanik mukavemeti artar. Kimyasal temperleme teknolojisi ile elde edilen en büyük avantaj mekanik mukavemet artışı olduğu için kimyasal temperleme öncesi ve sonrası cam kesme tekniğinin seçimi oldukça önemlidir. Çünkü cam kesme işlemi sırasında kenarlarda oluşabilecek mikro çatlaklar, camın mekanik mukavemetini zayıflatarak cam sistemlerin zarar görmesine neden olabilir. Cam kesme tekniklerinin kimyasal temperli camın mekanik mukavemetine ne tür bir etkisinin olacağı hakkında literatürde şimdiye kadar kapsamlı bir çalışmaya henüz rastlanmamıştır. Bu nedenle bu çalışmada soda kireç silikat cam kompozisyonuna sahip 1.1 mm kalınlığındaki ince düzcamlar filamentasyon lazer,  $\text{CO}_2$  lazer, yeşil lazer ve elmas röle teknikleri ile belirli boyutlarında kesilerek incelenmiştir.



Belirtilen her bir kesim tekniği için hiçbir işlem görmemiş cam, kimyasal temperleme işlemi sonrasında kesilmiş cam ve kesildikten sonra kimyasal temperleme işlemi gören cam numuneler mekanik mukavemet ve kenar pürüzlülük seviyeleri açısından karşılaştırılmıştır. Numunelerin mekanik mukavemetleri dört nokta eğme testi ile incelenmiş, weibull diagramları oluşturularak kırılma olasılıkları tespit edilmiştir. Numunelerin kenar pürüzlülük değerleri ise beyaz ışık interferometre tekniği ile incelenmiştir. Deney sonuçlarına göre en iyi kesme performansının CO<sub>2</sub> lazer ile en düşük performansın ise yeşil lazer ile elde edildiği görülmüştür.

**Anahtar Kelimeler:** Kimyasal temperleme, CO<sub>2</sub> lazer, Filamentasyon lazer, Penet röle, Soda kireç silikat camı

**Burçin Gül, Dr. Adnan Karadağ**

Türkiye Şişe ve Fabrikaları A.Ş. Bilim, Teknoloji ve Tasarım Merkezi  
bugul@sisecam.com, adkaradag@sisecam.com

Salon  
C-112  
16.00-16.20

# 500 TON/GÜN KAPASİTELİ CAM AMBALAJ FIRININDA DÜŞÜK CAM KIRIĞI KULLANIMI İÇİN FIRIN TASARIM VE İŞLETME KRİTERLERİNİN BELİRLENMESİ

## *Biyografi*

Temmuz 2014'te Manchester Üniversitesi Kimya Mühendisliği bölümünde M.Eng Enerji ve Çevre programını tamamlayan Burçin Gül Aralık 2014'te Kocaeli'de Şişecam Bilim ve Teknoloji Merkezinde Modelleme ve Simülasyon grubuna olarak katılmıştır. Şişecam bünyesinde geliştirilmiş olan fırın matematiksel modelleme programı ile Şişecam fırın tasarımlarına, enerji verimliliğinin artırılmasına ve cam kalitesinin yükseltilmesine yönelik çalışmalar gerçekleştirilmektedir. Cam üretimine ilişkin gelişmelerin yeni fırın tasarımlarına uygulanması ve yeni cam üretim teknikleri ilgi duyduğu araştırma konuları arasında yer almaktadır.

## *Özet*

Yoğun rekabetin yaşandığı piyasa şartlarında Şişecam'ın rekabet gücünü pekiştirmeye yönelik yapılan çalışmalardan biri cam üretim maliyeti içinde payı yüksek olan enerjinin etkin kullanımı ile üretim maliyetinin düşürülmesidir. Cam ambalaj sektöründe artarak devam talebi karşılamak için yeni fırın yatırımlarında fırın kapasite artışına gidilerek yıllık cam ambalaj üretim miktarının artırılması hedeflenmektedir. Bu noktada yüksek kapasitede, düşük cam kırığı oranına rağmen düşük birim enerji tüketimi ile üretim yapan cam ambalaj fırınlarının tasarımı üretim maliyetlerinde pozitif etki yaratmaktadır.

Yüksek çekişlerde, cam kırığı arttırılmadığında birim enerji tüketimi de yüksek olacaktır. Ancak renksiz cam ambalaj üretiminde genelde iç cam kırığı kullanıldığından cam kırığı oranı %10-15 seviyelerinde kalmaktadır. Bu durumdan yola çıkarak 500 ton/gün kapasiteli, düşük cam kırığı oranı ile (%15CK) yüksek kalite hedefini koruyarak (15 habbe/30 gr cam) renksiz cam üretecek bir cam ambalaj fırını tasarım kriterlerinin belirlenmesi için bir çalışma yapılmıştır. Bu çalışmada enerji verimliliği ve fırın ömrünün uzatılmasını sağlayacak tasarım ve işletme parametreleri incelenerek 500 ton/gün kapasitede yüksek verim ve kalitede üretim yapılabilecek derin afinasyonlu bir cam ambalaj fırının geliştirilmiştir. Tasarım ve işletme kriterlerinin belirlenmesinde Şişecam bünyesinde geliştirilmiş olan fırın matematiksel modelleme programı kullanılmış, sonuçlar Şişecam'daki tasarım ve üretim tecrübelerinden faydalanılarak değerlendirilmiştir. Yapılan model çalışmalarında fırın kemer yüksekliği, port yüksekliği, bek-cam mesafesi, bek-port tabanı mesafesi ve port kemeri-fırın kemeri mesafesi gibi tasarım parametreleri ile birlikte bek açısının alev oluşumunda ve cama aktarılan enerji miktarında ve dağılımında etkin rol oynadığı belirlenmiştir. Yapılan yanma atmosferi tasarım iyileştirmeleri ile yanma verimi %6 artmıştır ve 500 t/g çekişte düşük cam kırığı ile yüksek kalite hedefine %15CK'da 1082 kcal/kgcam (DG+e-boost) birim yakıt seviyesinde ulaşabileceği belirlenmiştir.

Fırın verimliliğinin artırılmasına yönelik yapılan matematiksel model çalışmaları sonucunda geliştirilen 500 t/g kapasiteli, derin afinasyonlu ambalaj fırın tasarım kriterleri ilk olarak Cam Ambalaj Yenişehir A (AB-A) fırınında uygulanmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Cam, Ambalaj, Matematiksel, Modelleme, Tasarım, Enerji, Kalite

**Dr. Altuğ Melik Başol, Kaan Menekşedağ,  
Faizan Pervez Siddiqui, Prof. Dr. M. Pinar Mengüç**  
Özyeğin Üniversitesi  
altug.basol@ozyegin.edu.tr, kaan.meneksedag@ozu.edu.tr,  
faizan.siddiqui@ozu.edu.tr, pinar.menguc@ozyegin.edu.tr

Salon  
C-112  
16:40-17:00

## REDUCING THE COMPUTATIONAL COST OF SOLVING FOR THERMAL RADIATION EFFECTS

### **Biography**

Dr. Altug Basol received his BSc and MSc degrees from Bogazici University in Istanbul from chemical and mechanical engineering respectively. After receiving his Ph.D degree from ETH Zurich in Switzerland in 2013, he continued to work as a post-doctoral researcher at the same university.

His research focus is computational fluid dynamics, parallel programming, computing with GPU accelerators, numerical methods, gas and steam turbine aerodynamics and heat transfer. During his research activities at ETH Zurich he was involved in the research projects of the world's leading turbine and compressor manufacturers to improve their current design of turbomachinery both in performance and reliability.

### **Abstract**

Thermal radiation plays a major role in various stages of glass manufacturing. Simulating its effect on the heat transfer requires solving the radiative transfer equation, an integro-differential equation with six independent parameters. The excessive computational cost required for the solution of the radiative transfer equation makes the heat transfer problems with thermal radiation effects very challenging. This study discusses the benefit of using graphics processors for the simulation of thermal radiation effects in multi-mode heat transfer problems. In this regard, a GPU accelerated Monte Carlo Ray Tracing based thermal radiation solver has been developed and coupled with the OpenFOAM framework, a widely used open source CFD software. The accuracy and computational speed of the GPU accelerated radiation solver is compared quantitatively with the built-in radiation models in OpenFOAM.

**Keywords:** *Thermal Radiation, Graphic Processor, OpenFOAM, Simulation*

Özkan Gül, Dr. Adnan Karadağ

Türkiye Şişe ve Fabrikaları A.Ş. Bilim, Teknoloji ve Tasarım Merkezi  
ogul@sisecam.com, adkaradag@sisecam.com

Salon  
C-112  
16:40-17:00

# VERİ BAZLI PROSES ANALİTİĞİ İLE KROMİK ASİT ÜRÜN KALİTESİNİN TAHMİNİ VE İYİLEŞTİRİLMESİ

## Biyografi

Orta Doğu Teknik Üniversitesi Kimya Mühendisliği Bölümü'nden Lisans ve Yüksek Lisans derecelerini almıştır. Orta Doğu Teknik Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümü'nde "Sistem Dinamiği ve Otomatik Kontrol" alanında Yüksek Lisans eğitimi almıştır. 2005 yılında Trakya Cam Sanayii A.Ş. Trakya Fabrikası'nda göreve başlamıştır. Fırın-Harman Şefliği, Ayna ve Lamine Üretim Şefliği, Yardımcı Tesisler Şefliği birimlerinde görev yapmıştır. Ekim 2014 itibarıyla Şişecam Bilim ve Teknoloji Merkezi Enerji ve Çevre Müdürlüğü'nde görev almıştır. Nisan 2018 tarihinden itibaren Modelleme ve Simülasyon Müdürlüğü bünyesinde çalışmalarını sürdürmektedir.

## Özet

Kromik asit, Kromsan Fabrikası tarafından üretilen önemli bir üründür. Kromik asit, genel olarak ağaç emprenye ve yüzey işlem sektörlerinde ve deri sanayiinde kullanılan yüksek katma değerli bir krom kimyasalıdır. Kromik asit üretimi, sodyum bikromat ve sülfürik asidin tepkimeye girmesi ile gerçekleşmektedir.

Son yıllarda müşteri beklentilerinin artması ve daha sıkı rekabet koşulları, mevcut pazar paylarının korunması ve genişletilmesi bakımından, ürün kalitesinin artırılmasını zorunlu hale getirmiştir. Kromik asit ürün kalitesini belirleyen en önemli unsur ürün içindeki sülfat miktarıdır. Bu çalışmada, ilk olarak ürün kalitesi üzerinde önemli etkisi olduğu düşünülen kritik proses parametreleri belirlenmiştir. Daha sonra bu parametrelerle ilgili veriler toplanmıştır. Toplanan veriler üzerinde istatistik analizler yapılarak, sonraki hesaplamalarda bir yapay zeka hesaplama tekniği olan Yapay Sinir Ağı (YSA)'nın girdisi için en uygun veri setleri belirlenmeye çalışılmıştır.

YSA modelleri, bir üretim sistemindeki girdilerle çıktılar arasındaki ilişkileri mevcut veriler üzerinden değerlendirerek ürün kalitesi ile ilgili kestirimlerde bulunma imkanı sağlayabilmektedir. YSA'nın gerçeğe en yakın sonuçları üretebilmesi için mevcut verilerin gerçek durumu en iyi yansıtacak miktarda ve doğrulukta olması önemlidir.

YSA, analizi yapılan uygun veri setleri kullanılarak eğitim, test ve onay adımları ile süreci öğrenmekte ve ağ modeli oluşturulmaktadır. Kritik proses parametrelerinin çalışma limitleri içinde aldığı değerler oluşturulan ağ modeline girdi olarak gönderilmekte ve ürün içindeki safsızlık (sülfat) değerinin hesaplanması sağlanmaktadır. Bu çalışma ile daha önce üretimde denenmemiş kritik parametre kombinasyonlarını kullanarak, ürün içindeki sülfat miktarının en düşük ve dolayısıyla kalitenin en yüksek olduğu çalışma bölgelerinin belirlenmesi yoluyla kalite artışına katkıda bulunmak amaçlanmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Kromik Asit, Veri Analizi, Yapay Sinir Ağları, Ürün Kalitesi, Optimizasyon

## 1. GİRİŞ

Son yıllarda müşteri beklentilerinin artması, daha zorlu rekabet koşullarının ortaya çıkması gibi gelişmeler sonucunda mevcut pazar payının korunması ve genişletilmesi için ürün kalitesinin arttırılmasına ilişkin çalışmalar hız kazanmıştır.

Kromik asit ürün kalitesini belirleyen başka etmenler de olmakla birlikte, kaliteyi belirleyen önemli etken ürün içindeki sülfat miktarıdır. Ürün içindeki sülfat miktarı ne kadar düşükse, ürün kalitesi o kadar yüksek olmaktadır.

Bu çalışmada ürün kalitesi üzerinde önemli etkisi olduğu düşünülen kritik proses parametrelerinin fiziksel çalışma sınırları içinde aldığı değerlerin ürün kalitesi üzerindeki etkileri Yapay Sinir Ağları (YSA) hesaplama tekniği ile hesaplanarak, ürün kalitesine ilişkin tahminler yapılmıştır. Bu çalışmayla ürün kalitesinin en yüksek olduğu çalışma bölgelerinin belirlenmesi, bu bağlamda prosesin yeniden gözden geçirilmesi ve ürün kalite artışına yönelik çabalara katkıda bulunulması amaçlanmıştır.

## 2. KROMİK ASİT ÜRETİMİ

Kromik asit üretimi her biri 18 ton/gün kapasiteli dört üretim hattında gerçekleştirilmektedir. Kromik asit, sodyum bikromat çözeltisi ile sülfürik asit çözeltisinin reaksiyona tabi tutulması ile üretilen bir üründür. İlk olarak, sodyum bikromat ve sülfürik asit çözeltileri kendi stok tanklarından alınarak bir karıştırıcı ekipmana gönderilmektedir. Bu aşamada kimyasal reaksiyon da gerçekleşmeye başlamakta ve hamur kıvamında bir karışım elde edilmektedir. Elde edilen karışım doğalgazla ısıtma sağlanan ergitici ünitesinde sıvı hale getirilmektedir. Su buharı bir vakum sistemi ile ortamdan uzaklaştırılmaktadır. Elde edilen sıvı fazdaki ürünler ise ayrıştırma işlemi için separatöre gönderilmektedir. Separatörde yoğunluk farkına bağlı olarak alt kısımda toplanan kromik asit, sodyumbisülfat yan ürününden ayrıştırılarak flaker adı verilen pullaştırma ünitesine gönderilerek nihai ürün elde edilmektedir.

## 3. VERİ ANALİZİ VE YAPAY SİNİR AĞLARI İLE HESAPLAMA

Yapay Sinir Ağları (YSA) öğrenme yetenekleri sayesinde, bir proses ile ilgili bilinen örnekleri kullanarak daha önce karşılaşmamış durumlarla ilgili genellemeler yapabilmektedir. Bu sayede, seçilen her bir kritik proses parametresinin (bağımsız değişkenler), kendi çalışma limitleri dahilinde, ürün kalitesi (KPI: Key Performance Indicator, bağımlı değişken) üzerindeki etkilerini inceleme imkanı sağlanmaktadır.

### 3. 1. Kritik Parametreler ve Veri Analizi

Çalışmanın ilk adımı belirlenen kritik parametrelerle ilgili işletme verilerinin toplanmasıdır. Daha sonra toplanan verilerin limit değerleri göz önüne alınarak varsa hatalardan arındırılması ve veri ön analizi işlemleri yapılır.

**Girdiler:** Kromik asit ürün kalitesini etkileyen parametrelerdir. Proses şartları gereği bu parametrelerin alabileceği değerlerin alt ve üst sınırları Tablo 1.'de özetlenmektedir.

**Tablo 1. Kromik Asit Ünitisi - Kritik Parametreler**

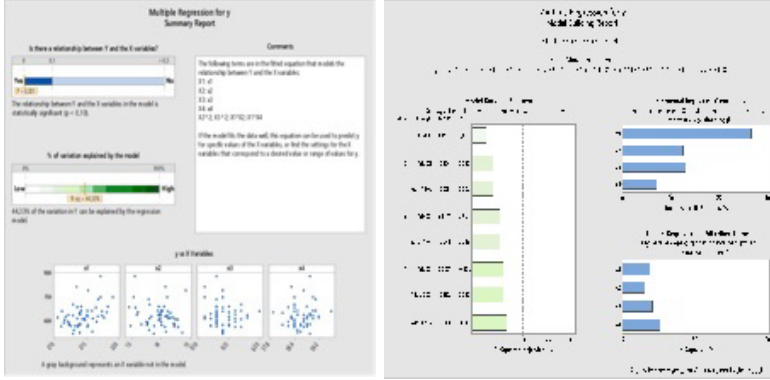
No	Parametre	Birim	Min	Max
1	Ergitici Likit Sıcaklığı	°C	195	230
2	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> Fazlası	%	11	19
3	003 Tankı - SO <sub>4</sub>	%	0,05	0,5
4	003 Tankı - CrO <sub>3</sub>	%	57	60

Bu değişkenler modeldeki bağımsız değişkenleri oluşturmakta olup modelde sırasıyla x1,x2,x3,x4 ile simgelenmektedir.

**Çıktı (KPI):** Bu ünite, proses performansını belirleyen performans göstergesi, üretilen kromik asit içindeki SO<sub>4</sub> miktarıdır (Proses KPI). Bu değişken modelde, bağımlı değişken olarak Y harfi ile simgelenmektedir.

**Amaç:** Üretilen kromik asit içindeki SO<sub>4</sub> miktarının en az olduğu çalışma bölgelerinin belirlenmesidir.

Veri toplama işlemi tamamlandıktan sonra, her bir değişken için temel betimleyici istatistik değerler hesaplanmaktadır. Her bir değişkenin histogram grafikleri, veri dağılım grafikleri hazırlanarak verilerin dağılımına bakılmaktadır. Bu çalışmalardan sonra regresyon çalışmaları yapılarak, verilerden elde edilen modelin başarımları değerlendirilmektedir. Regresyon çalışmalarında her bir bağımsız değişken ve bu değişkenlerin doğrusal olmayan kombinasyonları adım adım modele ilave edilerek model geliştirilir. Ayrıca her değişkenin sonuç üzerindeki etkileri değerlendirilir. Modelin başarımları ile kastedilen; bağımsız değişkenlerdeki değişimlerin, bağımlı değişken üzerindeki etkilerinin model tarafından açıklanabilme yeteneğidir. Model başarımlarının en yüksek olduğu veri seti yapay sinir ağının girdisini oluşturmaktadır.

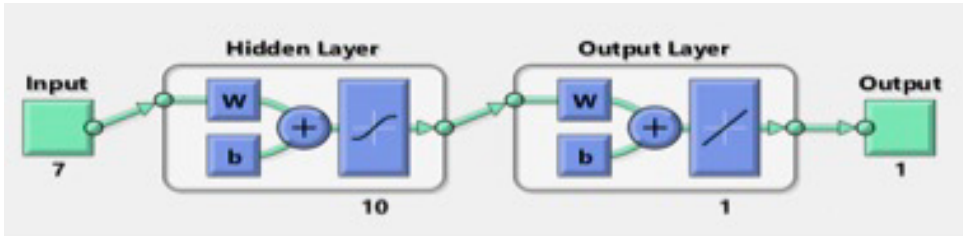


Şekil 1. Regresyon Modelleri ile Optimum Veri Setinin Belirlenmesi

### 3. 2. Yapay Sinir Ağı Modeli

Bu çalışmada bir “Çok Katmanlı Algılayıcı – Multilayer Perceptron”[1] modeli geliştirilmiştir. Ağ mimarisi ile ilgili yapılan hesaplamalar sonucu, giriş katmanında 4 adet, gizli katmanda 10 adet ve çıkış katmanında 1 adet proses elemanı olan bir ağ modeli geliştirilmiştir. Gizli katmanda veriler sadece pozitif değer aldığı için “log-sigmoid”[2] fonksiyonu kullanılmıştır. Çıkış katmanında ise sonuçların doğrudan alınmasını sağlayan “pürelin”[2] aktivasyon fonksiyonu kullanılmıştır.

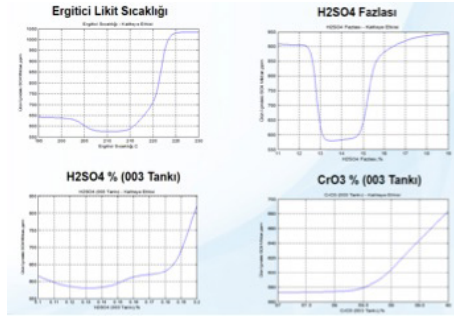
Oluşturulan ağ modelinin eğitim, test ve onay süreçleri gerçekleştirilmiştir. Eğitim, test ve onay için seçilen veriler, veri seti içinden rassal olarak seçilmiştir. Mevcut verilerin %70'i eğitim, %15'i test ve geri kalan %15'i onay işlemleri için kullanılmıştır. Eğitim için “Levenberg-Marquardt”[3] algoritması kullanılmıştır.



Şekil 2. Oluşturulan Ağ Modeli

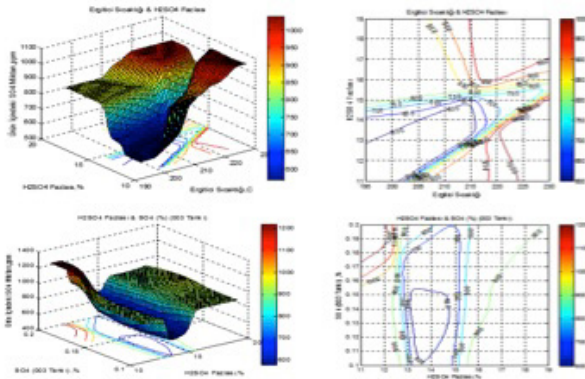
### 3. 3. Simülasyon Çalışmaları

Ağ modelinin eğitim, test ve onay işlemleri tamamlandıktan sonra simülasyon çalışmaları yapılmıştır. Her bir bağımsız değişken kendi çalışma limitleri içinde belli değerlere (bölgelere) ayrılarak her çalışma noktası için bir hesaplama yapılmıştır. İlk olarak, tek seferde bir parametre değiştirilirken, diğer değişkenler ortalama değerlerinde sabit tutularak analizler yapılmıştır.



Şekil 3. Bağımsız Değişken Değerlerinin Kaliteye Etkileri

Yapılan bir diğer simülasyon çalışmasında ise aynı anda iki parametre değiştirilirken diğer parametreler ortalama değerlerde sabit tutulmuştur. Bu simülasyon çalışmasının sonuçları Şekil 4'te gösterilmektedir.



Şekil 4. Aynı Anda Değişen Değişkenlerin Kalite Üzerindeki Etkisi



#### 4. DEĞERLENDİRMELER

Parametrelerin, hem ayrı ayrı hem de birlikte bileşke olarak KPI üzerinde etkileri vardır.

Ağ modeli başarımlar düzeyi % 80 olarak belirlenmiştir. Bu durum, sonuca etki eden ancak model çalışmalarına dahil edilmemiş olan başka parametrelerin de olabileceğine işaret etmektedir. Daha farklı parametreler hakkında veri toplanarak model genişletilip, başarımlar düzeyini arttırma imkanı vardır.

KPI üzerinde etkili olan en önemli parametrenin “Ergitici Likit Sıcaklığı” olduğu saptanmıştır. Bu bakımdan ergitici sıcaklık kontrolü önemlidir. “Sülfürik asit fazlası” ve “003 tankındaki sülfat miktarı” parametreleri ikincil derecede önemlidir.

Parametrelerin bileşke etkileri nedeniyle sonuçları tek bir çalışma noktası ile belirtmekten ziyade belirli çalışma bölgeleri ile belirtmek daha doğru bir yaklaşımdır. Belirlenen optimum çalışma bölgeleri Tablo 2’de verilmektedir.

**Tablo 2. Kritik Parametreler – Optimum Çalışma Bölgeleri**

No	Parametre	Birim	Min	Max
1	Ergitici Likit Sıcaklığı	°C	205	215
2	H2SO4 Fazlası	%	13	15
3	003 Tankı – SO4	%	0,11	0,15
4	003 Tankı – CrO3	%	57	58

Belirlenen çalışma bölgelerine odaklanarak yeni analizler ile ilgili çalışmalar sürdürülmektedir. Böylece daha spesifik bölgeler belirlenmesi amaçlanmaktadır.

Bu çalışma gelişime ve güncellemeye açıktır. Farklı parametreler modele ilave edilerek model geliştirilebilir. Bu durumda yeni parametreleri de kapsayacak şekilde yeni verilerin toplanması gereklidir.

#### 5. KAYNAKLAR

- [1] Öztemel, E. 2012. Yapay Sinir Ağları. İstanbul: Papatya Yayıncılık  
[2]Url-1,<<https://www.mathworks.com/help/deeplearning/ug/multilayer-neural-network-architecture.htm>  
l>, 18.04.2018  
[3] Haykin, S. 2008. Neural Networks and Learning Machines. Ontario, Canada: Pearson Prentice Hall  
[4] Minitab, 2016. Getting Started with Minitab 17 Manual  
[5] Url-2, < <https://www.mathworks.com/discovery/neural-network.html>>, 18.04.2018

**Erkul Seyfulov, Onur Ayaz, Tolga Eroğlu,  
Yalçın Mehmed, Dzhengiz Mehmedov**

Türkiye Şişe ve Cam Fabrikaları A.Ş. Düzcam Grubu, Düzcam Grubu,  
Trakya Glass Bulgaria EAD Düzcam Fabrikası  
eseyfulov@sisecam.com, oayaz@sisecam.com,  
teroglu@sisecam.com, ymehmed@sisecam.com,  
dmehmedov@sisecam.com

Salon  
C-112  
17:00-17:20

## TB1 FIRIN VE BANYO BÖLÜMLERİ İDAME ETTİRME ÇALIŞMALARI

### *Biyografi*

Trakya Glass Bulgaria EAD Düzcam Fabrikası Üretim Müdürü kadrosuna terfien atandı. 1976 yılında Razgrad'ta doğan Seyfulov 2002 yılında Burgas Üniversitesinde Kimya Teknolojileri Bölümü'nde lisans eğitimini tamamladı. Çalışma hayatına 2005 yılında Kimya Mühendisi olarak başlayan Seyfulov, 2006-2016 yılları arasında Trakya Glass Bulgaria EAD'de Fırın Harman ve Üretim Şefi olarak görev yaptı. Seyfulov, 18 Nisan 2017 tarihinden geçerli olmak üzere Trakya Glass Bulgaria EAD Düzcam Fabrikası Üretim Müdürü kadrosuna terfien atandı.

### **ÖZET**

Üretim hattında cam rengi, günlük tonaj, gerekli kampanya süresi gibi dizayn parametreleri konstrüksiyon hazırlıkları sırasında tespit edilir. Kampanya süresi için genellikle "mümkün olduğu kadar uzun" dileğinde bulunulur ve buna göre hat spesifikasyonları belirlenir. Günümüz koşullarında artan müşteri taleplerinin karşılanması konusunda kampanya süresinin hedeflenen tarihten daha sonraya ötelenmesi; ekonomik ve stratejik açıdan ciddi kazanımlar sağlamaktadır. Bu amaçla 2006 yılında devreye alınan TB1 hattı 2014 yılında yaşanan cam akması sonrasında Şubat 2015 ayında TB1 Fırın zemininde çökmeler olduğu tespit edilmiştir. Söz konusu cam akmalarının fırın çökmesi ile bağlantılı olduğu belirlenmiştir. Bu tespitler ışığında önlemler planlanarak soğuk tamir için belirlenen 2017 Ağustos ayına kadar idame ettirilmesi kararlaştırılmıştır. Fırın ve Banyo bölümlerini idame ettirmek için yapılan çalışmalar sonucunda fırın ömrü 2018 Eylül ayına kadar 13 ay uzatılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** *Fırın Ömrü, Hat idame.*

### **1. GİRİŞ**

Sık sık yaşanan cam akması sonucu TB1 Fırın zemininde çökme olduğu tespit edilmiştir. Söz konusu cam akmalarının da fırın çökmesi ile bağlantılı olduğu belirlenmiştir. Bu sonuç ile 725 ton/gün kapasiteli Fırın cam seviyesi 180 mm azaltılarak 600 ton/gün kapasite ile soğuk tamir için belirlenen 2017 Ağustos ayına kadar idame ettirmek için yapılan çalışmalar sonucunda fırının ömrü 2018 Eylül ayına kadar 13 ay uzatılmıştır.

Bu çalışmalar üç ana başlıkta toplanmaktadır:

- Fırın çökmesinin haftalık ölçümler ile takip edilmesi için metodoloji geliştirilmesi;
- Çökmeyi engellemek amacıyla beton kolonlara güçlendirme yapılması;
- Çökmenin üretimi etkilememesi amacıyla Fırın ve Banyo bölgelerine etkili sıcak operasyonlar yapılması;

## 2. ÇÖKMENİN TESPİTİ VE ÖLÇÜM METODOLOJİSİ GELİŞTİRİLMESİ

TB-1 fırınında 08.02.2015 tarihinde yapılan firkete soğutucu değişimi sırasında cam seviyesinin yan blok takviyelerinin üst kısmına çok yakın olduğu tespit edilmiştir. Problemin nedenini anlamak amacıyla yan blokların altında bulunan çelik yapıda kod ölçümü yapılmıştır. Kod ölçümü birinci port başı ile altıncı port sonundaki beton kolonların üzerindeki çelik plate'lerin üzerinden her iki taraf "0" noktası olarak kabul edilerek çelik tel gerilmek suretiyle yapılmıştır. Yapılan bu ölçümde 3. port hizasında maksimum olacak şekilde fırının sol tarafında -87 mm, sağ tarafta ise -69 mm çökme olduğu görülmüştür.

Çökmenin tespiti doğrulamak; daha teknik bir biçimde kanıtlamak ve bu sürecin takip edilebilmesi için bir dizi çalışmalar yapılması gerekliliği ortaya çıkmıştır. Sırasıyla;

- -12 kotundan beton örnekleri alınarak, analize gönderilmiştir.
- Bu konuda İnşaat Müdürlüğü ile birlikte çalışılarak teknik anlamda üniversitelerden destek arayışına başvuruldu ve bu konuda Prof. Dr. Alper İlki ile görüşüldü.
- Çökmenin takibi için ölçüm metodolojisi geliştirildi. Periyodik olarak beton ve çelik kolonlardan Şubat 2015 tarihinden itibaren ölçümler başladı. Hafta bir alınan ölçümler 2018 yılı içerisinde haftada 2 defaya çıkartıldı. Kolon ve kirişlerde bulunan çatlakların takibi içinde çatlak ölçerler yerleştirilip, takibine başlandı. Ayrıca alınan beton örnekleri deliklerinden sıcaklık ölçümü de periyodik olarak yapılmaya başlandı.

## 3. BETON KOLON VE KİRİŞLERİN GÜÇLENDİRİLMESİ

Fırın beton kiriş ve kolonlarında çökmeye bağlı çatlaklar gözlemlenmiş olup, çökmenin artması durumunda yapıya zarar vereceği, hatta ciddi yapı kırıkları oluşturacağı konusunda durum ortaya çıkmıştır. İlgili kiriş ve kolonlar 10 mm kalınlığındaki köşebentler ile sarılarak; saplamalar, cıvata-somun bağlantısı ile sabitlenmiştir. Bu köşebentler beton yapının 4 bir tarafına dizilerek yaklaşık 40 - 50 cm aralıklar ile ağ gibi sarıldı.

Ağustos 2015 - Mart 2016 Beton kolonların güçlendirilmesi adına, çökmenin yoğun olduğu L4-L5-L6 ve R4-R5-R6 kolon ve kirişleri TB1 Fırını altı çelik yapı güçlendirme yapıldı.

## 4. ÇÖKMENİN ÜRETİMİ ETKİLEMESİ AMACI İLE FIRIN VE BANYO BÖLGELERİNE ETKİLİ SICAK OPERASYONLAR YAPILMASI

Zeminin hareketiyle birlikte refrakter yapının oynaması ile kalite anlamında ciddi problem gözlemlenmiştir. Yan bloklarda en yüksek aşınma cam seviyesinde gözükmemektedir. Özellikle refrakter yapıdaki hareketlilik cam seviyesinde çatlaklar, kırılmalar ve taş eğilmelerine neden olmuştur. Bu durum sonucunda sık bir şekilde cam akması durumuyla karşılaşılmuştur. Ayrıca cam seviyesinde farklı noktalarda aşınmalar sebebiyle şekillenme süreci (Kalay Banyosu) kontrolünde de problemler ve acil durumlar yaşanmıştır. Bu problemlere karşı alınan aksiyonlar sırasıyla aşağıda verilmiştir:

**4.1.** 28.11.2015 sol tarafta 0 bölgesindeki yan blok taşının kırılması sebebiyle takviye atılmıştır. İlgili kısımda enine çatlaklar bulunuyordu. Çatlağın cam seviyesinin 1 cm üzerinde oluşu ve fırının diğer kısımlarına nispeten daha soğuk ve gözlemi yapılabilen bir bölgede olduğu için takibi yapılmaktaydı. Röper ile taşıdaki eğilmede takip edilmekteydi. 28 Kasım 2015 günü yan blok devrilerek 150x 200 ebadında bir boşluk oluşmuştur ve sonrasında takviye taşları ile kapatılmıştır.

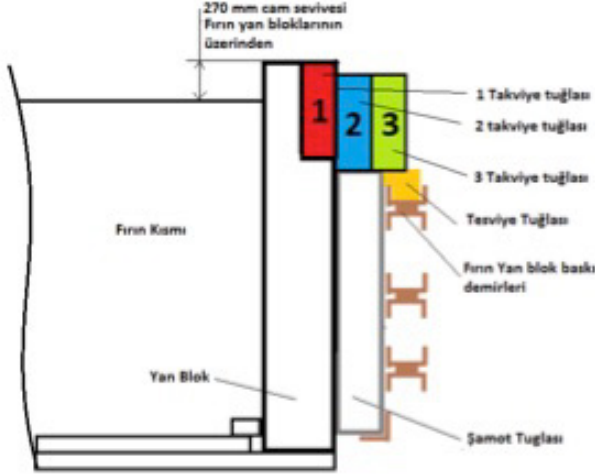
**4.2.** Ergitme Havuzu yan blok deformasyonu ciddi olarak artmış ve fırının ömrünü uzatabilmek için operasyon gerekliliği ortaya çıkmıştır. Fırın çelik yapı ve refrakter yapı konusunda incelemeler yapıp görüşler beyan edilmiştir.

**4.3.** 09.06.2016 Rejeneratör 1. ve 2. göz tabanı 1 sıra, 3. gözde 2 sıra; 13.06.2016 tarihinde ise 4. ve 5. Gözler 2 sıra; 14.06.2016 6. Gözler ise 2 sıra 100x600x500 ebadındaki şamot izole tuğlaları ile kaplanmıştır. Fırındaki zemin çökmesinin sebepleri ve buna karşı alınacak önlemler araştırılırken bir yandan da ölçüm sonuçları incelenirken rejeneratör oda tabanındaki sıcaklığın zemini ya da radyayı etkileyebileceği durumu fark edilmiştir. Bu durumu önlemek içinde izole tuğla ile zemin kaplanmıştır.

**4.4.** 20.06.2016 sağ 4. Port rejeneratör hedef duvarında rejenspray altında ışık sızması görülmüştür. Rejensprayin sökülmesi ile hedef duvar tamir kapısı kemeri altındaki 4 sıra tuğlanın fırın tarafına doğru yattığı tespit edilmiştir. Mevcut yatık tuğlalar alınarak yerlerine Mullit tuğla ile örüm yapılmıştır.

**4.5.** 30.11.2016 Asil tweel yenisi ile değiştirilmiştir. Dinlendirme bölgesinde eriyik kalay havuza akan füzyon camı akışını ayarlayan tweel, kalay üzerine dökülüşü esnasında cam seviyesinin normal şartlara göre düşük olması sebebiyle yayılmasında kontrolsüz durumlar yaşanmış, üretimi aksatacak acil durumlara ramak kalmıştır. Normal şartlarda cam seviyesi proje ölçüsünde olan bir fırında bu işlem normal bir operasyon iken 16 cm cam seviyesinin düşük olduğu bir hatta çok riskli olmasına karşın başarı ile değiştirilmiştir.

**4.6.** 20-22.03.2017 tarihinde riskli görülen sağ 3.port ekseninden 6. Port eksenine kadar 3. Takviye atılmıştır. Çökmenin en yoğun görüldüğü ve cam seviyesinin 2.takviye ile yüksekliğine eşit olduğu, cam akma riskinin en yoğun olduğu bölgeler, projede öngörülmemesi rağmen aşağıda verilen Şekil 1'de destekler ile takviye atılmıştır. Sağ 3. Porttan kesit aşağıdaki resimde verilmiştir. Birçok yer kama diye tabir edilen küçük taşlar ile açıklıklar ve boşluklar kapatılmaya çalışılmıştır. Ne yazık ki bu işlem uzun ömürlü olmamıştır. Herhangi bir elektrik dalgalanması ya da yan blok soğutma arızasında taşlar deforme olup cam akma ve üretim kaybı yaşatma riski ile karşı karşıya kalınmıştır.



Şekil 1. 3.Takviye

**4.7.** 18-22.04.2017 tarihinde riskli görülen sol 3.port başından 6. Port eksenine kadar 3. Takviye; sağ 3 port başından eksenine kadar da 3. takviyeler atılmıştır. Çökmenin en yoğun görüldüğü ve cam seviyesinin 2.takviye ile yüksekliğine eşit olduğu, cam akma riskinin en yoğun olduğu bölgeler, projede öngörülmemesi rağmen bir önceki maddede verildiği şekilde destekler ile 3. takviye atılmıştır.

**4.8.** 22.06.2017 sol 0. Porttan 1.porta kadar 2. takviyeler ve 6.port sonundan alevsiz bölgeye kadar 2. Takviyeler atılmıştır. 0 ila 1.port arasında enine ve boyuna yan blokta ve 1.takviyede çatlaklar artmış, hatta tek blok olması gereken takviye taşında 3 mm'lik fırın tarafına doğru taşa eğilme görülmüştür. Şamot izole tuğla üzerine takviye atılmıştır. Alevsiz bölge de yan blok taşında enine çatlak tespit edilmiş ve gün geçtikçe fırın tarafına göre yatma artmıştır.

**4.9.** 23.06.2017 sağ 6.port sonunda tek taş takviye(2. Takviye); alevsiz bölge başına 3 adet taş ile takviye atıldı.(330x250x75 - 2 adet;330x300x75 1 adet krom oksit tuğla)

**4.10.** 08.09.2017 4.port sonu - 5.port başında 3. Takviye altından cam sızması oluşmuştur. Bu bölgede 2. ve 3. Takviye taşı arasından füzyonun geçerek 3.takviye taşı altından cam sızması gerçekleşmiştir. Bu sebeple takviye altında destek olarak duran tasfiye taşı kırılarak uygun ölçüde soğutucu akan noktaya monte edilmiştir.

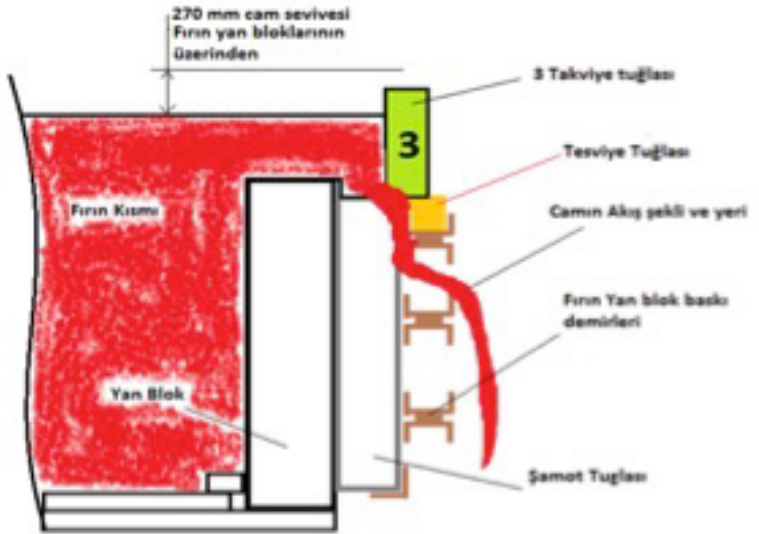
**4.11.** 14.09.2017 spout değişimi gerçekleştirildi.TB1 hattında Kanal cam seviyesinin düşük olması ve tweel refrakterinin aşındığından dolayı 600t/gün üretiminde tweel kontrol dışı kalıyordu. Tweel değişimi kararı alındı ve 30.11.2016'da değişim yapılmıştır. Değişim sonrası kontrol sağlanmıştır.

**4.12.** TB1 hattında renksiz üretim esnasında camın alt yüzeyinden alt açık habbe gelmeye başlamıştır. Hatanın pozisyonu değişken olup genellikle sol net enden 1310 mm - 1480 mm'den

gelmekteydi. Spout bölgesi açılıp kenardan kontrol yapıldığında Spout lip'in orta kısmının aşınmış olduğu tespit edildi. Bununla ilgili spout kasası ön kısmı Nisan 2017'de iki defada toplam 8mm aşağıya indirilerek sonuç alınmıştır. Nisan ile Ağustos ayları aralığında alt açık habbe aralıklarla değişik sınıflara devam etmekteydi. Yapılan kontrollerden sonra Şişecam'da ilk defa farklı yöntemler kullanılarak Spout kasa değişimi yapılması kararı alınmıştır.

**4.13.** 16.09.2017 Sol 6.port sonuna 2. Takviye atıldı.Spout değişimi sırasında 6.port sonunda daha önceki tarihte atılan takviye taşının cam seviyesinden yaklaşık 10 mm üzerinden enine çatlayarak kırıldığı görüldü. Cam çekışı gerçekleştirilmesinden sonra kısa sürede takviye taşı ile kapatılmıştır

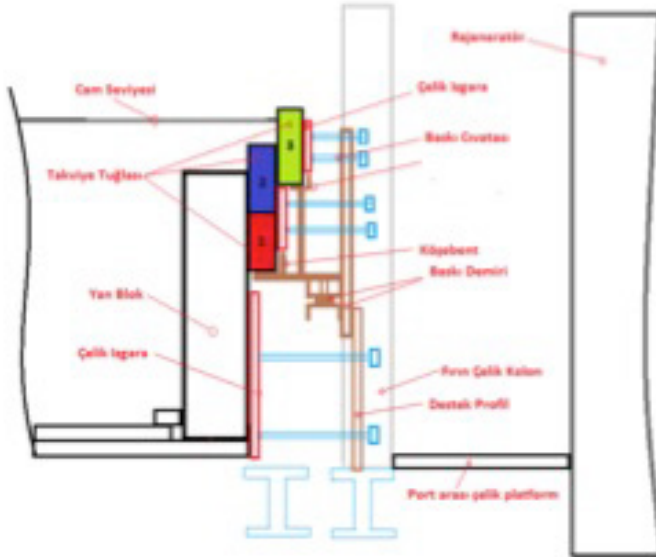
**4.14.** 28-31.01.2018 Cam akışına istinaden Sağ 4.porta yan bloktaki şamot izolasyon tuğlaları sökülerek cam seviyesine takviye atılmıştır. Son takviyelerin koyulmasından 9 ay sonra, 28.01.2018 tarihinde sabah saat 05:30 da sağ 4 portun başından tesviye tuğlası ile şamot izole tuğla arasından akmaya başlayan cam kısa bir sürede tüm sağ 4 portu kapsayarak akmaya başlamıştır. (Şekil.2) Camın akması, akan yere su tutulması ve sonrasında cam seviyesinin minimuma düşmesiyle saat 10:30 da önlenmiştir.



TB1 Sağ 4 port cam akma şekli

Şekil 2. Cam Akma

Cam akması sonucunda daha önceki işlemde(3. Takviye) yeni koyulan tüm baskı demirleri ve destek profilleri aşınarak doğrusal liği bozularak kullanılamaz hale gelmiştir. Akan cam 4 port Z&J enversiyon damperlerinin üzerine akarak tüm svicleri ve kablolarını yakmıştı. Bu nedenle 2 saat boyunca enversiyon sisteminde damper geçişleri hava motoruyla manuel gerçekleştirilmiştir. Cam akması durdurulduktan sonra 4.port temizlenerek yeni takviye için hazırlıklara başlanıldı. İlk olarak cam temizlendi, sonrasında yan blokların orta kısmına yeni destek baskı demiri koyuldu, Ardından yanan ve kullanılamaz hale gelen baskı demirleri kesilerek çıkarıldı. Yan blokları sabit tutacak şekilde destek baskı demiri koyulduktan sonra 150 mm et kalınlığında olan şamot tuğlalar kırılarak çıkartılmaya başlandı. Önceki takviye operasyonunda koyulan tesviye taşları ve 2. ve 3. takviye tuğlaları alındı. Yerlerine yan bloka iki sıra AZS 680 mm yüksekliğinde takviye taşları koyuldu 680 mm yüksekliğinde. Koyulan taşların alt kısımlarına köşebent koyularak baskı civatalarıyla yan bloka sabitlendi. Yan bloka yapıştırılan 2. takviye taşının arka tarafına cam seviyesine temas edecek 3. takviye taşı koyuldu ve yine destek köşebentle ve baskı civatalarıyla sabitlendi. Tüm firmete soğutucuları çekildi ve takviye tuğlalarının arkalarına çelik ızgara koyuldu. Takviye operasyonunda RHI RE-1532-FVP takviye tuğlaları kullanılmıştır. Tuğla ebatları 340x75x280 mm ve krom oranı 85% olan 360x75x360 mm tuğlalar kullanılmıştır. 2 adet yan bloğu kapatmak için yapılan işlemde 12 adet takviye tuğlası kullanıldı. Şekil 3.



Şekil 3. Cam Akması Sonucunda Yapılan İşlem

**4.15.** 12.02.2018 Sağ 3.Port ekseninden sonuna kadar yan bloklarda cam seviyesi denk gelecek şekilde şamot izole tuğları üzerine takviye atılmıştır. Ocak 2018 sonunda yaşanan acil durum sonrasında sağ 4.port yapılan işlemler sırasında cam akışının 3. Takviye altından gerçekleştiği görülmüştür. 4.port başına kadar akan noktalar incelendiğinde 3.port başı çelik kolona 45 cm kalana kadar riskin olduğu fark edilmiş ve bunun için yukarıda belirtilen aksiyon alınmıştı.13.02.2018 Sağ 5.Port başından sonuna kadar yan bloklarda cam seviyesi denk gelecek şekilde şamot izole tuğları üzerine takviye atılmıştır. Ocak 2018 sonunda yaşanan acil durum sonrasında sağ 4.port yapılan işlemler sırasında cam akışının 3. Takviye altından gerçekleştiği görülmüştür. 5.porta kadar akan noktalar incelendiğinde 5.port sonu çelik kolona 90 cm kalana kadar riskin olduğu fark edilmiş ve bunun için yukarıda belirtilen aksiyon alınmıştır.

**4.16.** 15.02.2018 2 mm seviye kazanılmıştır. Ocak ayı yaşanan acil durum sonrasında cam seviyesi emniyet için 10 mm düşük şekilde bırakılmıştır. Cam seviyesi 1 Şubat tarihine kadar yani cam çekişine kadar yapılan operasyonlar sırasında kademeli olarak eski konumdan 2 mm aşağıda kalacak şekilde işlem yapıldı. Şekillendirme sürecinde problem yaşamamak adına daha önce tecrübe edilen cam seviyesine ergitme havuzunda gelinmiştir.

**4.17.** 12-16.03.2018 tarihinde rejeneratör 1. ve 2. gözlerinde taban temizliği ve akabinde sol 2.port dolgu temizliği bek yakarak yapılmıştır. Ocak ayı sonunda yaşanan cam akışı sırasında rejeneratör sıcaklıklarında- yapılan operasyon sebebiyle -değişim çok ani gerçekleşmesi ile rejeneratör dolgularında sülfat yoğunlaşması sonucunda oluşan birikim bir kısım noktalarda artarken bir kısmında da azalmıştır. Özellikle 1.portlarda ve 2. port sağ tarafta shut-down sonrasında dolgulardaki birikim sıcaklık artışı ile azalırken; sol 2.portta birikim artmıştır. Yanma veriminin artırabilmesi ve sıcaklık dengesinin bozulmaması adına rejeneratör 1. ve 2. gözlerinde zemindeki birikim temizlenmiş; sonrasında Sol 2.Portta bek yakma işlemi ile tıkanıklık seviyesi %80 olan bölüm %60 'a kadar düşürülmüştür.

**4.18.** 30.03.2018 Sağ doghouse köşe taşında cam sızması gerçekleşmiştir. Çatlayan bölge arkasına krom tuğlası ile takviye atılmış olup, sabitlenmişti.15.03.2018 gece vardiyasında 10 no'lu köşe taşında boyuna çatlakların arttığı ve cam seviye üstünde bir kısmının kırılarak delik açıldığı görülmüştür. Gündüz vardiyasında kama ile ilgili yer kapatılmış ve ekstra hava bağlanmış olup vardiya kontrollerinde ilgili yer için gözlemler artırılmıştır. Taşın çatlaması ile 220x300x75 mm'lik krom tuğla ile takviye atılmıştır.

Sonuç olarak Fırın çökmesinin tespiti sonrasında yapılan çalışmalar sonucunda fırının ömrü 1 yıl 1 ay uzatılmıştır. 01.08.2017 - 30.08.02018 (13 aylık) döneminde TB1 hattımızda 202.500 Ton renksiz cam üretilmiştir. Renksiz camların tamamının satılmış olması varsayımıyla ortalama FOB satış fiyat üzerinden 29,4 Milyon BGN kar etkisi hesaplanmaktadır.









ŞİŞECAM

# 33. Şişecam Cam Sempozyumu

## SÜRDÜRÜLEBİLİR GELECEKTE CAM

The 33<sup>rd</sup> Şişecam Glass Symposium  
GLASS IN THE SUSTAINABLE FUTURE



### Poster Bildiriler / Poster Presentations

PREDICTING THE EFFICIENCY OF SUN TRACKING SYSTEMS OVER FIXED PANELS BY MAKING USE OF A SIMULATION DRIVEN BY A CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK AND GENETIC ALGORITHM

RAFİNE SODYUM BİKARBONAT KRİSTALLERİNİN  $Ca^{2+}$  İYONU VARLIĞINDA İRİLEŞTİRİLMESİ VE ÜRETİM ARTIŞI

**Dr. Zuhal Er, Defne Eryılmaz, Kerem Horzum**

Istanbul Technical University, Department of Physics Engineering  
erzuh@itu.edu.tr, zuhaler@yahoo.com.tr, ituzuhal@gmail.com

Sınıf  
Fuaye

# PREDICTING THE EFFICIENCY OF SUN TRACKING SYSTEMS OVER FIXED PANELS BY MAKING USE OF A SIMULATION DRIVEN BY A CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK AND GENETIC ALGORITHM

## ***Biyography***

Zuhal Er received her MSc degree in Nuclear Energy Institute (Istanbul Technical University) in 1997, and her PhD degree in 2005 from the Institute of Energy- Nuclear Research Program.

She was also a visiting professor at the Maritime Academy of Australia (AMC) with the scholarship by the World Maritime Organization (IMO).

With the ITU JICA project, she conducted the installation of Sequence Circuit Laboratory in Maritime Faculty and she managed led Ship Generator Paralleling - Giving Engine Start Experiments- Motor Ahead/Reversing Experiments and some basic electronic experiments with opportunities of this laboratory in ITU Maritime Faculty, to till 2008. To till 2008, she was a constructor of several courses such as marine electrotechnic, marine electric machines, marine electronics and physics course. She is also teaching Physics (Mechanics, Electricity, Wave and Thermodynamic) and Solar Energy Physics and Technology-I courses.

She has advisory of three MSc thesis. Two of them were successfully completed under her advisory during her academic member of Maritime Faculty in 2008. The thesis were named "Analysis of Sea via LNG Transport in Turkey" and "Lng Transportation Risk Analysis and Safety Management Model".

Since 2008, she has been working in Department of Physics Engineering at Faculty of Science and Literature, ITU. In the Department of Physics Engineering, there was an another successfully completed thesis of MSc under her advisory which it is titled "New Model And Comperative Study of Factors With The Average Of Daily Global Solar Radiation.

Zuhal Er has work in various of national-international conferences, seminars, symposiums, workshops, and in the journals. She has been a reviewer/refree in international/national journals and she is a member of scientific committees of some of them. She is a member of IEEE since August 2018.

Within the framework of research topics: Solar Energy Applications-Innovations and calculations, Solar Tracking Systems, Energy Efficiency, Risk Analysis, Ship Electricity-Electronics, Low Natural Radiation Analysis and Ship Ballast Water Management (BWM) are working on these issues and integrating software with business-industry applications.

She also has target and aim in her life to do the best in future studies with her opportunities.

## ***Abstract***

Solar power via technology is produced by "collecting" sunlight and converting it into other forms of energy and it is needed due to its eco-friendly nature. Solar radiation, which is the intensity of the sun spectrum at any given location, is the main parameter used in designing a

solar power systems. Learning AI techniques have a lot of uses for solar energy applications, such as estimation of solar radiation, solar heating, photovoltaic systems, sun tracking systems, solar air-conditioning systems. Our goal is to derive a method capable of calculating the most efficient tilt and azimuth angle sets prior to the installation of a dual-axis sun tracking system for any given location, then using those angles to estimate how efficient a tracking system would be over a fixed panel thereby providing valuable insight on how viable a tracking system is for a particular location. In this paper, the efficiency of sun-tracking systems over fixed panels in urban clear sky environments are presented and discussed with the usage of a sufficiently evolved Genetic Algorithm to determine the tilt and azimuth angles required by the tracker as well as our simulation software that was developed in Unreal Engine 4. Using the developed software, we obtained the results for the hourly power obtained sun-tracking panels, fixed panels and horizontal panels for selected days in specific months of the year.

**Keywords:** *Photovoltaic, Sun Tracking, Solar Angle Calculations, Simulation, Neural Network, Genetic Algorithm*

## **Background**

Dual axis sun tracking systems are designed for maximizing the efficiency of solar panels by rotating the panels in a way such that their surface normal aligns with the direction of the photons being emitted from the Sun [1-7]. This allows for the surface “solar radiation” on the panel to always be as high as possible. When considering whether to install such a system, the efficiency of the said system over a fixed panel in terms of its cost has to be taken into consideration. This means that an easily adaptable method of predicting and comparing solar radiation values needs to be available. However, calculating these critical values in complex fields such as solar energy is not inherently possible through well-defined mathematical solutions due to the sheer amount of inter-linked parameters. To overcome this, values such as solar radiation are estimated by making use of statistical approaches like regression analysis. The resulting mathematical models however are applicable only locally and are prone to error when used outside of their local conditions. Location’s “clear sky model” is one such example, it allows for us to estimate solar radiation on urban environments. Learning AI methods provide an alternative to using statistical approaches, they make estimations by learning from previous data and thus are not bound by local conditions [8]. For as long as a sufficiently large dataset is available to train the AI, it will almost always yield predictions with greater precision than mathematical models. With such a learning AI, it is therefore possible to compare how much solar radiation a panel would receive if it was tracking the sun to the solar radiation it would receive if it was fixed. This comparison would then give a valuable idea on how good of an investment it would be to install a dual axis rotating system for a panel.

## Solar Basics

Sunlight that reaches the surface of the earth can not be wholly used. Most of it is scattered, some is reflected and some is absorbed by the Earth's atmosphere. Sunlight that reaches the earth's surface without scattering is called direct or beam radiation. Scattered sunlight is called diffuse radiation. Sunlight that is reflected from the ground is called albedo radiation and the sum of all three components of sunlight is called solar radiation. A few values are key in calculating radiation:

### Declination angle calculation

$$\delta = 23.45 \sin (360(n-80) / 365)$$

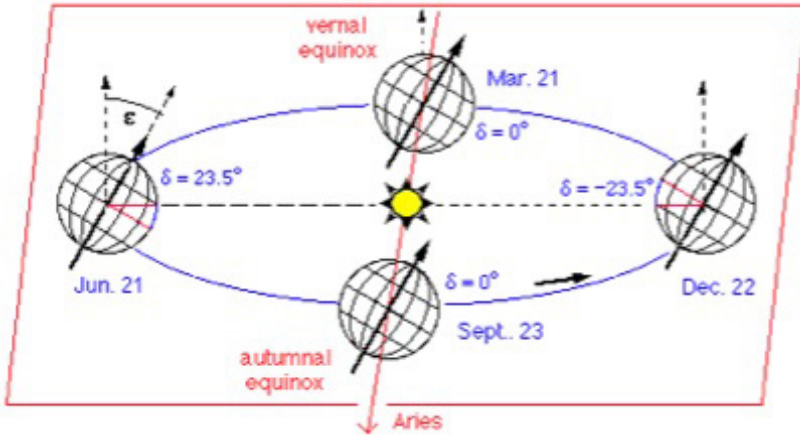


Figure1. Renewable Energy Indicators 2013 [1]

### Hourly Global Solar Radiation on an Inclined Surface (I)

Beam radiation ( $I_b$ ), reflected radiation ( $I_r$ ), and diffuse radiation ( $I_d$ ) are the three components of the global solar radiation incident on an inclined surface ( $I$ ).

$$I = I_d + I_b + I_r$$

### Hourly Global Solar Radiation on Horizontal Surfaces (IH)

- Diffuse solar radiation ( $I_b$ )
  - Direct beam solar radiation ( $I_d$ )
- Solar radiation on a horizontal surface is the sum of the horizontal direct and diffuse radiation.

$$IH = I_d + I_b$$

### Solar Radiation on Ground Surface Clear day

Mathematical methods are made for a specified locations. Among these models, Hottel's clear day model is one optimal one for Turkey.

Total radiation received on horizontal surface at ground surface is:

$$G_c = G_{cb} + G_{cd}$$

### Beam Radiation $G_{cb}$

$$G_{cb} = \tau_b \cdot G_{cb} / G_0 = a_0 + a_1 e^{(-k / \cos \theta_z)}$$

(Hottel's clear-day model of direct normal solar irradiance is based on atmospheric transmittance calculations[2])

### Diffuse Radiation $G_{cd}$

The transmission coefficient for diffuse radiation as per the Hottel's model is[3]:

$$\tau_d = 0.271 - 0.294 \cdot \tau_b$$

### Total Radiation

Total radiation received on a horizontal surface at ground surface is:

$$G_c = G_{cb} + G_{cd}$$

$$G_c = (\tau_b + \tau_d) \cdot G_{sc} \cdot (1 + 0.033 \cos(360 \cdot n / 365)) (\cos \varphi \cos \delta \cos \omega + \sin \varphi \sin \delta)$$

The hourly radiation on a horizontal surface is written [4]:

$$I = I_b + I_d \quad b: \text{Beam component} \quad d: \text{Diffuse component}$$

$$I_c = (12 \cdot 3600 / n) (\tau_b + \tau_d) \cdot G_{sc} \cdot (1 + 0.033 \cos(360 \cdot n / 365)) (\cos \varphi \cos \delta (\sin \omega_1 - \sin \omega_2) + (n(\omega_2 - \omega_1) / 180) \sin \delta)$$

### Purpose

AI techniques (ANNs, Genetic Algorithms, Fuzzy Logics etc.) are nowadays accepted as an alternative technology offering a way to approach complex and ill defined problems. In order to estimate solar radiation by using Artificial Neural Networks (ANNs), it is necessary to have a data set, the "training set", in advance. Genetic algorithms on the other hand work by trial-and-error method without requiring a training set. If we try to find the radiation, it needs the corresponding tilt angle. With the obtained angle, it is necessary to know the correctness of the angle in theory and then, again a mathematical approach is required.

We propose that a combination of an ANN and a genetic algorithm would be the most efficient solution. Our goal in this approach is; getting rid of the uncertainty of mathematical methods by using an ANN to make predictions; then for a dual-axis tracking solar panel, finding the most efficient azimuth and tilt angles at any given location, for any desired time span, in any desired time interval; then using those angles to determine how efficient a tracking system is for that location.

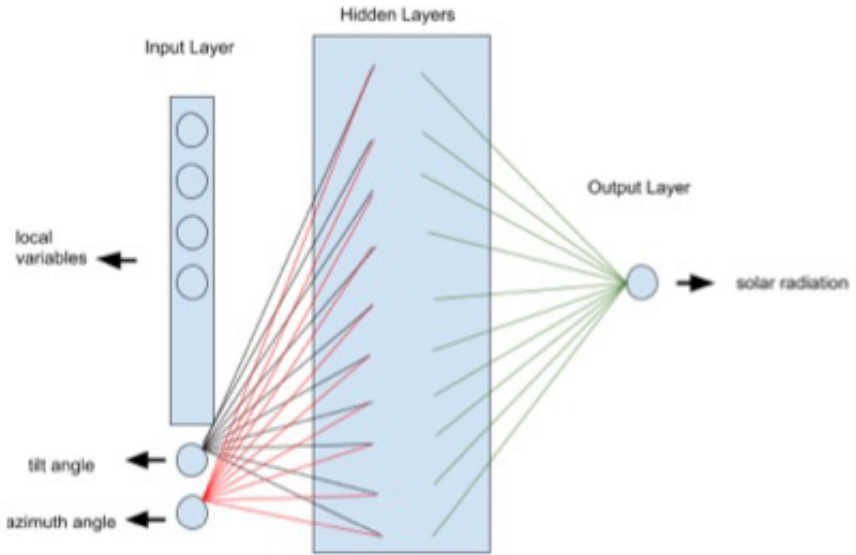
The CNN, predicting solar radiation

This first CNN is used to predict the solar radiation that is incident on a solar panel with the selected tilt and azimuth angles. For this purpose, the inputs are:



Local variables : These are variables that represent the given geographic location at the given date. For the most part, they can be assumed to consist of parameters such as latitude, longitude, altitude, date, time, hour angle, declination angle etc.

Tilt and azimuth angles : The angle set that is currently being tested by the genetic algorithm driver at the given location and time (represented by the above local variables)



**Figure 2. Neural network architecture for estimating solar radiation**

This first CNN outputs what it predicts will be the solar radiation obtained by a solar energy panel when it is placed at the given location, at the given time, with the given dual-axis properties. It is important to note that this CNN has to be trained first.

### Genetic Algorithm Driver

It will evolve in accordance with the fitness score it obtains for each angle set thus eventually outputting the most efficient tilt and azimuth angles for any given location, date and time. The input layer of this network can be analyzed in two parts.

The parameters corresponding to the location at which the solar panel will be installed. These will be the same as the “local variables” inputs of our first CNN.



The parameters corresponding to the current date and time. It is important to differentiate these parameters from the above ones because these parameters will be determined according to the limits of the tracking system of the panel. For a regular tracking system, generally the most efficient method would be to have the panel rotate once every four minutes since this would correspond to a one degree change in the position of the sun.

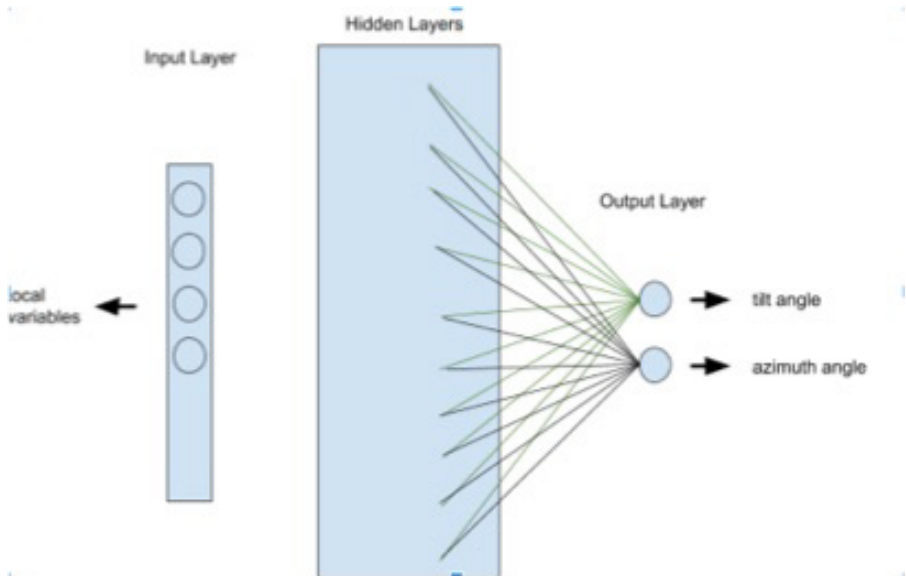


Figure 3. Genetic algorithm driver structure

## Methodology

Our goal is to derive a method capable of calculating the most efficient tilt and azimuth angle sets prior to the installation of a dual-axis sun tracking system for any given location, then using those angles to estimate how efficient a tracking system would be over a fixed panel thereby providing valuable insight on how viable a tracking system is for a particular location. Our method involves making use of a neural network layered inside a genetic algorithm “driver” to determine the most efficient set of tilt and azimuth angles. It should be noted that in the below sections, when we refer to “solar radiation” we mean the diffuse and beam components of total radiation. The albedo component is left out from predictions and instead added into the total radiation in all predictions with a ground albedo coefficient of 0.2 (to represent an

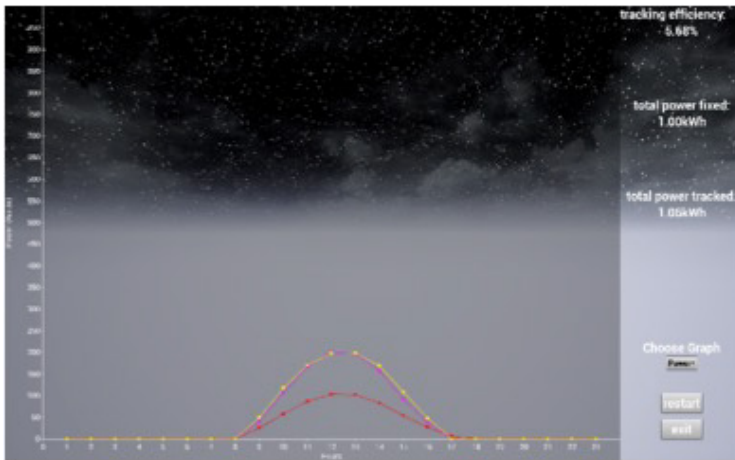
urban city environment) since that particular component is purely reliant on the environment surrounding the panel and it is thus very hard to obtain a data set to train a CNN ( to account for it. In other words, the albedo component is “too local”. The first CNN is used to help the genetic algorithm evolve in the correct path until it has gone through enough evolutionary steps. When the “local variables” part of the inputs of the first CNN and the genetic algorithm are set to be the same, it is sufficient for the CNN to be trained for only once; and it is enough for the genetic algorithm to go through the evolution stage for only once.

### Results

The results of the software of the hourly Solar Radiation for sun-tracking panels, fixed panels and horizontal panels and tracking efficiency at Istanbul area are graphically represented.

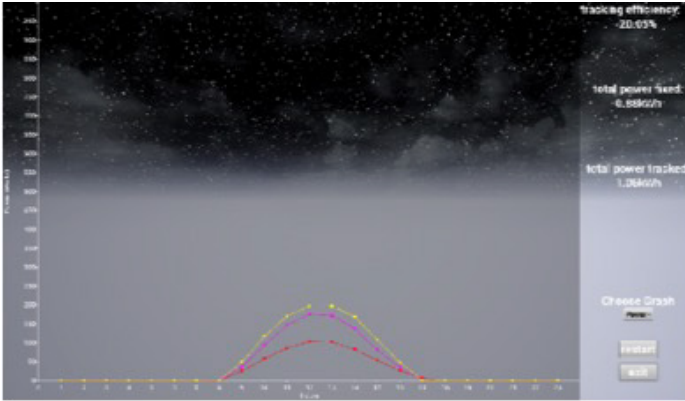
#### Simulations for Istanbul on 11.01.2017 (Latitude: 41°00'49" N, Longitude: 28°56'58" E)

When the fixed tilt angle is 37 (optimum tilt angle for summer)



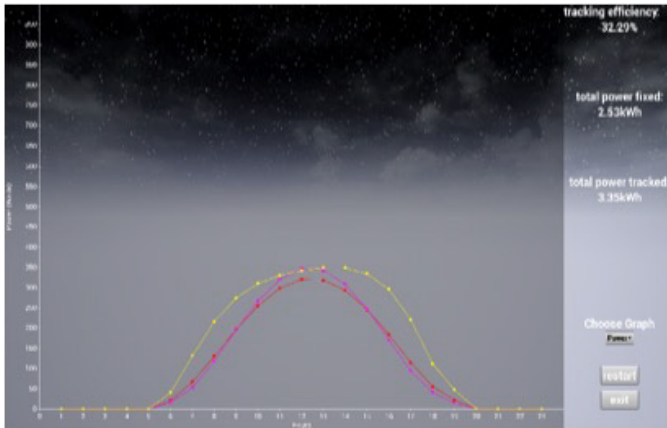
**Figure 4. Hourly power for sun-tracking panels, fixed panels and horizontal panels (Wh/m<sup>2</sup>) & tracking efficiency when altitude=40m, fixed azimuth angle=180 and fixed tilt angle=37 in winter**

When the fixed tilt angle is 65 (optimum tilt angle for winter)



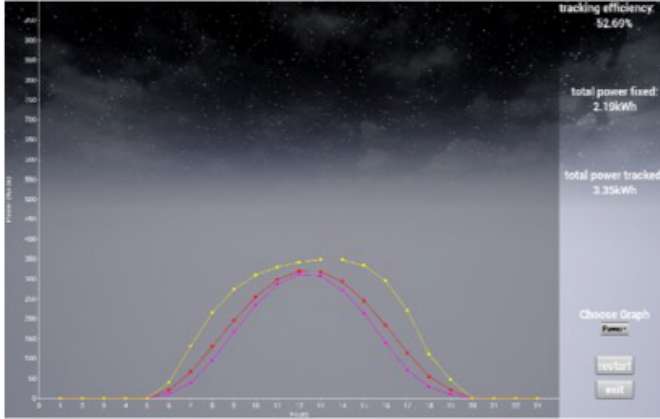
**Figure 5. Hourly power for sun-tracking panels, fixed panels and horizontal panels (Wh/m<sup>2</sup>) & tracking efficiency when altitude=40m, fixed azimuth angle=180 and fixed tilt angle=65 in winter**

Simulations for Istanbul on 10.07.2017 (Latitude: 41°00'49" N, Longitude: 28°56'58" E)  
When the fixed tilt angle is 37(optimum tilt angle for summer )



**Figure 6. Hourly power for sun-tracking panels, fixed panels and horizontal panels (Wh/m<sup>2</sup>) & tracking efficiency when altitude=40m, fixed azimuth angle=180 and fixed tilt angle=37 in summer**

When the fixed tilt angle is 65(optimum tilt angle for winter )



**Figure 7. Hourly power for sun-tracking panels, fixed panels and horizontal panels (Wh/m2) & tracking efficiency when altitude=40m, fixed azimuth angle=180 and fixed tilt angle=37 in summer**

### Conclusions

The efficiency of sun-tracking systems over fixed panels in urban clear sky environments are presented and discussed in this paper with the usage of a sufficiently evolved Genetic Algorithm to determine the tilt and azimuth angles required by the tracker as well as our simulation software that was developed in Unreal Engine 4. Using the developed software, we obtained the results for the hourly power obtained sun-tracking panels, fixed panels and horizontal panels for selected days in specific months of the year. We integrated a Genetic Algorithm to our software to predict and feed the azimuth and tilt angles to the t tracker. The hourly power outputs are calculated and plotted over the course of a day (00.00-24.00). It is clear that sun tracking systems offer significant boosts to the efficiency of a solar panel, especially in regions where the beam to diffuse ratio of solar radiation is higher. We have developed our software based on a clear day and urban haze model with Istanbul in mind as our model city.

Overall, we feel like this software and the mathematical models used in its development present us with a simple yet fundamental means of gaining an insight on how viable a sun tracking system is over a fixed panel for any given location.

We know that, using solar energy as an alternative energy source in Turkey is expected to contribute to the development and improvement of Turkey grid and this will be the subject of much future work. The results obtained can also be interpreted as Istanbul having an abundance of solar energy for daily individual usage, especially when clever investments are made that make use of the latest developments in the field such as artificial intelligence dual axis tracking of the Sun.

## References

- [1] Shuvajit Roy, Raisa Sadat Sharmin, Tajkia Ferdous, "Performance Analysis Of Mono-Crystalline And Poly-Crystalline Silicon Solar Cells Under Different Climatic Conditions", Dept. Of Electrical & Electronic Engineering, Brac University, December 2014.
- [2] Ahmad Islahi, Saani Shakil, Mostafa Hamed, "Hottel's Clear Day Model for a typical arid city", Mechanical Engineering Department, Faculty of Engineering, King Abdulaziz University, Saudi Arabia, June 2015
- [3] Edeoja, Alex Okibe and Eloka-Eboka, C. Andrew, "Experimental Validation of Hottel's Transmittance Model for Estimating Beam Radiation In Makurdi Location", Mechanical Engineering Department, University of Agriculture, Makurdi, Nigeria, 2013
- [4] M. Maroof Khan\* And M. Jamil Ahmad, "Estimation Of Global Solar Radiation Using Clear Sky Radiation in Yemen", Department Of Mechanical Engineering, Aligarh Muslim University, Aligarh 202002, India, Received 28 December 2011; Accepted 20 August 2012
- [5] Er, Z. Utilization of the collector rainbow system in Istanbul. Acta Physica Polonica A 2015, 128 (2B), B300-302. DOI: 10.12693/APhysPolA.128.B-300
- [6] Er, Z. A Study of importance of solar calculations for two colored rainbow system in Istanbul. Acta Physica Polonica A 2015, 128 (2B), B477-B478. DOI: 10.12693/APhysPolA.128.B-477
- [7] Z. Er, A Study of Evaluation of Solar Energy Simulation and Modeling Systems, Acta Physica Polonica A. Vol. 130, No. 1, 72-77 (2016).
- [8] Application of Analytic Hierarchy Method for Solar Artificial Intelligence Systems, ICCES2018, 12-16 October 2018, Antalya-Turkey

**Mikail Demir, Ömer Ünal**

Türkiye Şişe ve Cam Fabrikaları A.Ş.  
Kimyasallar Grubu Başkanlığı, Soda Sanayii A.Ş.  
midemir@sisecam.com, omunal@sisecam.com

Salon  
C 109  
11:30 - 12:00

# RAFİNE SODYUM BİKARBONAT KRİSTALLERİNİN Ca<sup>2+</sup> İYONU VARLIĞINDA İRİLEŞTİRİLMESİ VE ÜRETİM ARTIŞI

## *Biyografi*

Mikail Demir, 1986 yılında Mersin'de doğdu. İlk ve Ortaöğretimini Mersin'de tamamlayan Demir, 2010 yılında Sivas Cumhuriyet Üniversitesi Kimya Mühendisliği bölümünden lisans derecesi ile mezun oldu. Mesleki hayatına Ocak 2012 tarihinde Soda Sanayii A.Ş. Soda Fabrikasında Su Temin Arıtma Mühendisi olarak göreve başlayan Demir, Aralık 2012 yılından bu yana görevine Rafine Bikarbonat Üretim Mühendisi olarak devam etmektedir. Bu kapsamda; proses verimliliği, enerji verimliliği ve Gıda Güvenliği Yönetim Sistemi konularında çalışmalarını sürdürmektedir.

## *Özet*

Rafine Sodyum Bikarbonat, günümüz koşullarında kullanım alanı genişliği bakımından oldukça önemli bir hammaddedir. Gıda, yem, gaz arıtma ve kimya sanayi kollarında kullanımı gün geçtikçe artmaktadır. Artan rekabet koşulları, operasyonel mükemmellik açısından verimliliği ön planda tutmaktadır. Rafine Bikarbonat kristal tane boyutunun inceliği, süspansiyon yoğunlaştırma işlemlerinde açığa çıkan fire kristal miktarının fazla olması nedeniyle üretim genelinde verimsizliğe neden olmaktadır. Buna ek olarak, tane boyutunun ince olması ürün kompozisyonu ve ürünün topaklaşmaya olan eğilimi açısından da negatif etkiye sahiptir. Kristalizasyon prosesinin etkin kontrolü, proses mühendisliğinin her dönem iddialı bir kolu olmuştur. İri kristalleri sürdürülebilir bir yöntemle üretmenin yolu, geleneksel proses stabilizasyonunun yanı sıra kristalizasyon prosesini yöneten birbirinden bağımsız birçok faktörü bilmek ve kontrol edebilmekten geçmektedir. 2017 yılında proses stabilizasyonu alanında ciddi gelişmeler kaydedilmiş ve bu çalışmaların tane boyutuna ve dolayısıyla üretim verimliliğine yansımalarının pozitif olduğu gözlemlenmiştir. Üretim esnasında tane boyutunda yaşanan üst pik değerlerin elde edilmesi, kristal boyutunu esas olarak yöneten başka faktörlerin de olduğu düşüncesini yaratmıştır. Bu kapsamda geçmişten günümüze yazılı ve sözlü bütün veriler incelenmiş, yaşanan olaylar yorumlanmış ve tane boyutu ile eşleştirilmiştir. Bu çalışmalar sonucunda Ca iyonunun Sodyum Bikarbonat kristal boyutunu ve şeklini etkilediğine dair kuvvetli veriler elde edilmiştir. Kristal tane boyutunun kontrol edilebilmesi amacı ile Ca iyonu içeren çözeltinin sisteme beslenmesine karar verilmiştir. Ürün kalitesi sürekli kontrol edilmek koşulu ile sisteme çeşitli miktarlarda, Ca iyonu içeren çözelti beslemesi yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar, geçmiş verileri doğrulamıştır ve iri kristal tane boyutunun kontrol edilebilir bir hale getirilmesini sağlamıştır. Kristal tane boyutu irileşmesi ile birlikte fire kristal oranı azalmış ve buna bağlı olarak yaklaşık %3 üretim artışı sağlanmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Bicarbonate, Sodium, Ca, Calcium, Efficiency, Crystallization, Bikarbonat, Sodyum, Kalsiyum, Kristalizasyon, Verimlilik

## 1. Giriş

Sodyum Bikarbonat ( $\text{NaHCO}_3$ ), günümüz koşullarında kullanım alanı genişliği bakımından oldukça önemli bir hammaddedir. Gıda, yem, gaz arıtma ve kimya sanayi kollarında kullanımı gün geçtikçe artmaktadır. Artan rekabet koşulları, operasyonel mükemmellik açısından verimliliği ön planda tutmaktadır.

Sodyum Bikarbonat ( $\text{NaHCO}_3$ ) kristalleri, sodyum karbonat ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) çözeltisine karbondioksit gazının ( $\text{CO}_2$ ) absopsiyonu sonucunda üretilmektedir.



$\text{NaHCO}_3$  kristal tane boyutunun inceliği, süspansiyon yoğunlaştırma işlemlerinde açığa çıkan fire kristal miktarının fazla olması nedeniyle üretim genelinde verimsizliğe neden olmaktadır. Buna ek olarak, tane boyutunun ince olması ürün kompozisyonu ve ürünün topaklaşmaya olan eğilimi açısından da negatif etkiye sahiptir.

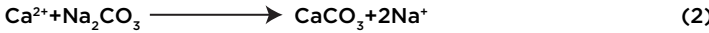
2017 yılında proses stabilizasyonu alanında ciddi gelişmeler kaydedilmiş ve bu çalışmaların tane boyutuna ve dolayısıyla üretim verimliliğine yansımalarının pozitif olduğu gözlemlenmiştir. Üretim esnasında tane boyutunda yaşanan üst pik değerlerin elde edilmesi, kristal boyutunu esas olarak yöneten başka faktörlerin de olduğu düşüncesini yaratmıştır.

## 2. Yöntem

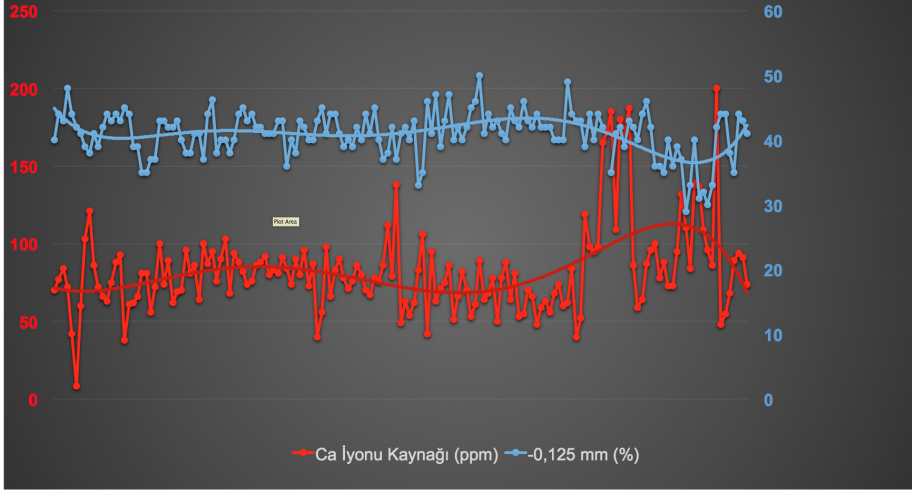
Harici faktörlerin belirlenmesi ve kristal tane boyutunu yöneten etkinin tespiti amacı ile proses ve üründe göze çarpan yer alan safsızlık çeşitleri üzerinde durulmuştur.

Bu maksatla, üründe yer alan ve temel impürite kaynağı olarak tespit edilen  $\text{Ca}^{2+}$  iyonu ve sistemde oluşturduğu etki üzerine odaklanılmıştır.

Solvay prosesi gereği,  $\text{NaHCO}_3$  kristalizasyonu için gerekli olan  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  çözeltisi içerisinde  $\text{Ca}^{2+}$  iyonlarının varlığı yadsınamaz bir gerçektir.  $\text{Ca}^{2+}$  iyonu sisteme, Solvay prosesi hammaddelerinden olan tuzlu su ile üretime dahil olmaktadır ve yine tuzlu su arıtma tesisinde  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  yardımı ile büyük bir kısmı sistemden uzaklaştırılmaktadır.



Sistemden uzaklaştırılamayan eser miktarda  $\text{Ca}^{2+}$  iyonları ise sonuç olarak ürün içerisinde kalmaktadır. Yapılan çalışmada, ürün içerisinde yer alan  $\text{Ca}^{2+}$  iyonunu temsil eden impüritelerin tane boyutuna olan etkileri incelenmiştir.



**Grafik 1: Ürün içerisindeki İnce Tane Oranının Ca<sup>2+</sup> İyon Kaynak Miktarı ile Değişimi**

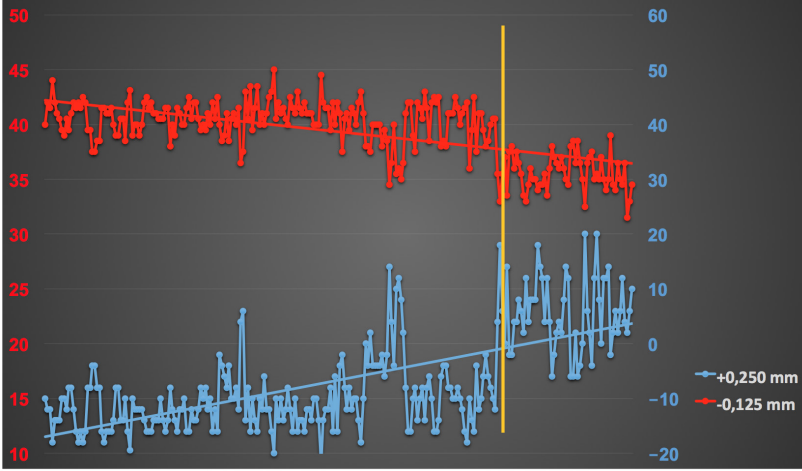
Grafik 1'de de görüldüğü gibi, ürün içerisindeki Ca<sup>2+</sup> iyonu kaynağı arttıkça ince tane oranı azalmaktadır. Bu durumun daha net bir şekilde resmedilmesi amacı ile NaHCO<sub>3</sub> kristal üretimi için kullanılan Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> çözeltisi içerisine Solvay prosesi sonucu açığa çıkan ve yaklaşık 120 g/lit CaCl<sub>2</sub> içeren çözelti beslemesine karar verilmiştir.

Dozaj miktarının belirlenmesinde, üretim temposu ve son ürün içerisindeki safsızlık limiti önemli rol oynamıştır. Öyle ki; belirli bir oranın üzerinde yapılan CaCl<sub>2</sub> beslemesi ürün içerisindeki safsızlık miktarını artırarak ürün kalitesini olumsuz yönde etkilemektedir. Sonuç olarak ürün kalitesi ve tane boyutu takip edilmek koşulu ile Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> çözeltisi içerisine çeşitli miktarlarda olacak şekilde sürekli CaCl<sub>2</sub> içeren çözelti beslemesi yapılmıştır. Düşük konsantrasyonda beslenen CaCl<sub>2</sub> çözeltisinin sistem genelinde etki göstermemesi nedeni ile yapılan optimizasyon çalışmaları sonucunda normal üretim temposunda ürün kalitesini etkilemeyecek olan dozaj oranı tespit edilmiştir.

### 3. Bulgular ve Sonuçlar

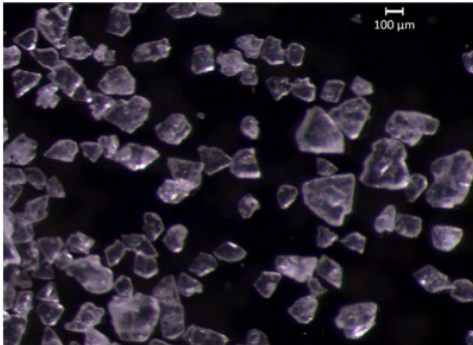
Dozaj miktarı optimizasyonu neticesinde son ürün içerisindeki iri tane oranı artmış, ince tane oranı azalmıştır. İnce tane oranının azalması süspansiyon yoğunlaştırma işleminde açığa çıkan fire kristal oranının da azalmasına sebep olarak Soda Fabrikası Rafine Sodyum Bikarbonat üretiminin 10.000 ton/yıl olacak şekilde %5 oranda artmasına neden olmuştur.



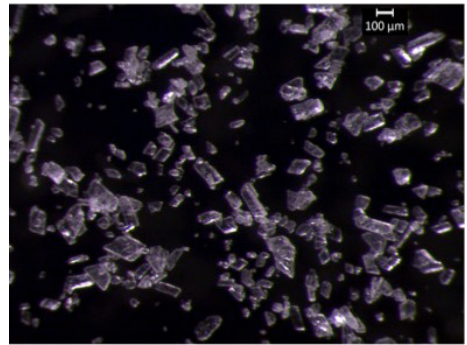


**Grafik 2:  $\text{CaCl}_2$  çözeltisinin manuel bir şekilde beslenmesi ve tane boyutu değişimi**

$\text{Ca}^{2+}$  iyonları  $\text{NaHCO}_3$  kristalizasyonunda ikincil çekirdekleşmeyi sınırlandırarak ince tanelerin oluşmasını engellemektedir. Birincil çekirdekleşmede oluşan kristaller, kristalizasyon kolonu boyunca  $\text{CO}_2$  gazı absorpsiyonu sayesinde irileşmektedir. [1] Buna ek olarak; ikincil çekirdekleşmenin  $\text{Ca}^{2+}$  iyonları varlığında sınırlandırılmasının kristal morfolojisine olumlu etki yarattığı görülmüştür. [2]



**Resim 1:  $\text{CaCl}_2$  çözeltisi beslenmesi ile oluşan kristal**



**Resim 2:  $\text{CaCl}_2$  çözeltisi beslenmesi olmadan oluşan kristal**

#### 4. Tartışma

Yapılan çalışmada  $Ca^{2+}$  iyonunun Sodyum Bikarbonat kristal boyutuna ve morfolojisine olan etkileri incelenmiştir. Uygun şartlarda üretim çözeltisine beslenen  $Ca^{2+}$  iyon kaynağı ince tane oluşumunu sınırladığı ve fire kristal oranını düşürdüğü tespit edilmiştir.

Sodyum bikarbonat ince kristal oranının fazla olması, ürünün topaklaşmaya olan eğilimini arttırdığı bir gerçektir. İri tane oranının ürün genelinde artırılmasının ürünün topaklaşmaya olan eğilimini azaltacağı da düşünülmektedir. Ürün içerisindeki  $NaHCO_3$  saflığının artırılması ile birlikte kronik problem olan topaklaşmanın bertaraf edilmesi ile ilgili çalışmalar devam etmektedir.

#### 5. Kaynaklar

[1] Yi Zhu, Paul Demilie, Perrine Davoine, Thierry Cartage, Marie-Paule Delplancke-Ogletree. Influence of calcium ions on the crystallization of sodium bicarbonate.

[2] A. Gerard, H. Muhr, E. Plasari, D. Jacob, C.-E. Lefaucheur. Effect of calcium based additives on the sodium bicarbonate crystallization in a MSMPP reactor.









ŞİŞECAM

# 33. Şişecam Cam Sempozyumu

## SÜRDÜRÜLEBİLİR GELECEKTE CAM

The 33<sup>rd</sup> Şişecam Glass Symposium  
GLASS IN THE SUSTAINABLE FUTURE



**Bildiriler / Proceedings**

[www.camsempozyumu.com](http://www.camsempozyumu.com)