

T.C.
MARMARA ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
İKTİSAT ANABİLİM DALI
ULUSLARASI İKTİSAT BİLİM DALI

**DÜZ CAM SANAYİSİNDEKİ
YENİLİKLERİN DİŐ TİCARET ÜZERİNE
ETKİSİ**

Yüksek Lisans Tezi

YİĞİT ŞERİF KARABULUT

İSTANBUL, 2009

T.C.
MARMARA ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
İKTİSAT ANABİLİM DALI
ULUSLARASI İKTİSAT BİLİM DALI

**DÜZ CAM SANAYİSİNDEKİ
YENİLİKLERİN DIŞ TİCARET ÜZERİNE
ETKİSİ**

Yüksek Lisans Tezi

YİĞİT ŞERİF KARABULUT
DANIŞMAN: PROF. DR. OSMAN KÜÇÜKAHMETOĞLU

İSTANBUL, 2009

Marmara Üniversitesi
Sosyal Bilimler Enstitüsü Müdürlüğü

Tez Onay Belgesi

İKTİSAT Anabilim Dalı ULUSLARARASI İKTİSAT Bilim Dalı Yüksek Lisans öğrencisi YİĞİT ŞERİF KARABULUT' un DÜZ CAM SANAYİSİNDEKİ YENİLİKLERİN DIŞ TİCARET ÜZERİNE ETKİSİ adlı tez çalışması, Enstitümüz Yönetim Kurulunun 16.07.2009 tarih ve 2009-12/34 sayılı kararıyla ile oluşturulan jüri tarafından oy birliği / oy çokluğu ile Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Öğretim Üyesi Adı Soyadı

İmzası

Tez Savunma Tarihi : 10.12.2009

1) Tez Danışmanı : PROF. DR. OSMAN KÜÇÜKAHMETOĞLU

2) Jüri Üyesi : YRD. DOÇ.DR. CENGİZ BAHÇEKAPILI

3) Jüri Üyesi : DOÇ. DR. SERDAR PİRTİNİ



ÖNSÖZ

Son yıllarda cam üretim teknolojilerinde meydana gelen yenilikler, dünya ve ülkemiz cam sanayisinin uzun vadede gelişmesini sağlamıştır. Üretim teknolojilerinin modernleşmesi, yatırımların artması ve araştırma-geliştirmeye verilen değerin artması cam satışlarını olumlu yönde etkilemektedir. 17. yüzyılın ikinci yarısında Sanayi Devrimi ile hız kazanan cam üretim ve satışı 20. yüzyılın ilk yarısında Türkiye’de de kendini göstererek, bugün sanayimizin en önemli kollarından birini oluşturmuştur. Bu çalışmada cam üretim yöntemlerindeki değişmelerin satışlara ne denli yansıdığı anlatılmaya çalışılmıştır. Bu çalışmayı sonuçlandırmamda görüşleri ile katkıda bulunan hocam Prof. Dr. Osman Küçükahmetoğlu’na, babam Dr. Ömer Karabulut’a, Dünya Gazetesi Başdanışmanı Rüştü Bozkurt’a, Şişecam Düzcem Planlama Müdürü Ceyda Erdem’e, Şişecam Araştırma Merkezi Kütüphane Müdürü Semih İşevi’ne ve desteklerini her zaman yanımda hissettiğim annem Rana Karabulut’a, ablam Evren Karabulut’a ve nişanlım Demet Çiftçi’ye çok teşekkür eder, çalışmamın ilgililere yol göstermesini temenni ederim.

İstanbul,2009

Yiğit Şerif Karabulut

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

TABLO LİSTESİ	vii
ŞEKİL LİSTESİ	viii
KISALTMALAR	ix

1. GİRİŞ	1
----------	---

2. KAVRAM ÇERÇEVESİ

2.1. Cam Nedir	5
2.2. Cam Üretiminin Tarihçesi	6
2.3. Camın Alt Sektörleri	9
2.3.1. Düz Camlar	9
2.3.2. Cam Ev Eşyası	10
2.3.3. Cam Ambalajlar	11
2.3.4. Cam Elyafı	11

3. DÜZCAM ÜRETİMİNİN TARİHSEL GELİŞİMİ

3.1. Düz Cam Üretim Metotları	14
3.1.1. Düz Cam Üretimindeki Düşey Çekişli Yöntemler	14
3.1.1.1. Fourcault Yöntemi	14
3.1.1.2. Libby-Owens Yöntemi	16
3.1.1.3. Pittsburgh Yöntemi	17
3.1.1.4. Float Cam Üretimi	20
3.2. Dünya Cam Üretimindeki Gelişmeler	22
3.3. Türkiye’de Cam Üretiminin Gelişimi	25

4. DÜZCAMLARDA ÜRETİM ÇEŞİTLENDİRMESİ

4.1. Renksiz Camlar	33
4.1.1. Emprime ve Buzlu Camlar	35
4.2. Harmandan Renklendirme	36
4.3. İşlenmiş Camlar	36
4.3.1. Temperleme İşlemleri	36
4.4. Yüzey İşlemleri ile Cam İşlevinin Artırılması	37
4.5. Yüzey İşlemleri (Kaplamar)	37

Sayfa no

4.5.1. Hat Dışı Yüzey İşlemleri	39
---------------------------------	----

4.5.2. Low-E Kaplamaları	39
4.5.2.1. Püskürtmeli Low-E Cam Üretimi	40
4.5.2.2. Sputter İşlemiyle Low-E Cam Üretimi	40
4.5.2.4. Yarı Devamlı Vakum Sputtering	41
4.5.3. Sputter Kaplamaların Özellikleri ve Üstünlükleri	42
4.5.4. İşlenmiş Camların Başlıca Performans Ölçümleri ve Karşılaştırmalar	42
4.5.5. Güneş Kontrol Camları	44
4.5.6. Güneş Kontrol Amaçlı Kaplamalar	46
4.5.6.1. Kaplamaların Yapısı	47
4.5.6.2. Yalın Kat Dielektrik Kaplamalar	48
4.5.6.3. Çok Katlı Kaplamalar	47
4.6. Camın Sağlamlaştırılması	48
4.6.1. Camın Tavlama İşlemi	53
4.6.2. Temperleme ile Düzcamın Sağlamlaştırılması	56
4.6.3. Lamine Camlar	58

5. TÜRKİYE CAM SANAYİSİNİN DIŞ TİCARET DURUMU VE DÜZ CAM ÜRETİM TEKNOLOJİLERİNİN SATIŞLARA ETKİSİ

5.1. Türk Cam Sanayisi'nin Dış Ticaret Durumu	59
5.1.1. Türk Cam Sanayisi'nin İhracat Durumu	59
5.1.2. Türk Cam Sanayisi'nin İthalat Durumu	65
5.1.3. Türk Cam Sanayisi'nde Düzcam ve İşlenmiş Camların İthalat-İhraca Durumları	67
5.1.4. Türk Cam Sanayisinde İhracat-İthalat Fiyatları ve Satış Oranları	69

6. SONUÇ

KAYNAKÇA

TABLO LİSTESİ

	Sayfa No
Tablo 1 : Cam Elyafının İçerdiği Oksitler ve Bunların Değişim Aralığı_____	13
Tablo 2 : Dünya Cam Üretimi_____	23
Tablo 3 : Dünyadaki Önemli Düzcam Üreticileri_____	24
Tablo 4 : Dünyadaki Önemli Cam Firmalarının Satışları_____	25
Tablo 5 : Türkiye Cam Sektöründe Önemli Firmalar_____	31
Tablo 6 : Normal Düzcamların Fiziksel Özellikleri_____	34
Tablo 7 : Bir Düzcamın Tavlanması Kullanılan Soğutma Fırınının Kritik Değerleri ve Buna Uygun Tavlama Rejim_____	56
Tablo 8 : Türkiye Cam Sanayisi İhracatının Dünya Cam Sanayisi İhracatındaki Yeri (Değer)_____	60
Tablo 9 : Türkiye Cam Sanayisi İhracatı (Değer)_____	62
Tablo 10 : Türkiye Cam Sanayisi İhracatı (Miktar)_____	63
Tablo 11 : Türkiye Cam Sanayisi İthalatı (Değer)_____	65
Tablo 12 : Türkiye Cam Sanayisi İthalatı (Miktar)_____	66
Tablo 13 : Türkiye Cam Sanayisi İhracat Fiyatları ve Satış Oranları_____	69
Tablo 14 : Türkiye Cam Sanayisi İthalat Fiyatları ve Satış Oranları_____	71

ŞEKİL LİSTESİ

	Sayfa No
Şekil 1 : Fourcault Yöntemi_____	14
Şekil 2 : Libby-Owens Yöntemi_____	16
Şekil 3 : Pittsburgh Yöntemi_____	18
Şekil 4 : Float Yöntemi_____	20
Şekil 5 : Isı Akışı Değeri ile Isı Salım Değeri Arasındaki İlişki__	44
Şekil 6 : Çift Camın Radyasyon Davranışı_____	46
Şekil 7 : Isınan Cam Parçasında Sıcaklık Dağılımı_____	50
Şekil 8 : Isınma Sürecinde Ortaya Çıkan Gerilim Profili_____	51
Şekil 9 : Camın Soğuma Sürecinde Sıcaklık Dağılımı ve Gerilimler_____	52
Şekil 10 : Camın Çeşitli Sıcaklıklardaki Davranışı_____	54
Şekil 11 : Tavlama Rejimi Profili_____	55
Şekil 12 : Kimyasal Olarak Sertleştirilmiş Camın Gerilim Profilleri_____	57
Grafik 1 : Düz Camlarda ve İşlenmiş Camlarda İthalat/İhracat Oranları (Değer)_____	67
Grafik 2 : Düz Camlarda ve İşlenmiş Camlarda İthalat/İhracat Oranı (Miktar)_____	68

KISALTMALAR

ABD: Amerika Birleşik Devletleri

AB: Avrupa Birliği

yy. : Yüzyıl

Serm. : Sermaye

s. : Sayfa

DPT: Devlet Planlama Teşkilatı

M.Ö.: Milattan önce

V.Y.: Veri yok.

İş.: İşleme

1. GİRİŞ

Bu çalışmada, geleneksel yöntemlerle üretilmiş düzcamların kullanım özellikleri karşılaştırılmış, son birkaç on yıl içinde ortaya çıkan teknolojik gelişmelerin cama kattığı değerler ana hatlarıyla incelenecektir. Bu kapsamda, düzcam üretiminin tarihsel geçmişi de gözden geçirilmiş, bir bakıma başka üretim türleri gibi, cam üretiminin evrimi ile toplumsal ihtiyaçların karşılanmasına bağlı özelliklerin gelişimi arasındaki ilişkiler kurulmaya çalışılmıştır.

Görünen odur ki, insanlık düzcam üretim ve kullanımına oldukça geç ulaşmıştır. Günümüzden 5 bin yıl kadar önce, rastlantılara bağlı olarak bulunan camın kullanıma sunulması oldukça uzun sürmüştür. Toplumların genel gelişmesine de bağımlı olan bu süre, sanayi devrimine kadar süren uzun dönemde cam boncuklar, ilkel cam takı ve süs eşyaları ile şarap saklamaya yönelik sürahi biçimli cam kapların yapımı şeklinde sürüp gitmiştir. Ancak sanayi devriminin ortaya çıkışını izleyen 1600lü yıllardan itibaren atölyeler ve ilk cam fabrikalarında geliştirilen yöntemlerle cam üretiminde de artış başlamıştır. 19. yüzyıl sonlarından itibaren gerek üretilen cam miktarı gerek çeşitlilik bakımından büyük gelişmeler meydana gelmiştir. Aralarda yaşanan bu büyük gelişmeler, araştırma ve geliştirmeye de desteklenerek 20. yüzyıl boyunca da artan hızla devam etmiştir. Bu yüzyılın ikinci yarısından itibaren ortaya çıkan yüzey işlemleri ve kaplama teknolojileri ile cama yeni ve ileri değerler katılmıştır. Güneş ve ısı kontrol ile güvenlik artırmaya odaklanan bu büyük buluşlar, düzcamın kullanım alanını ve pazarını muazzam şekilde genişletmiştir.

Saydamlığı ve özellikle kimyasal etkenlere karşı inert (süreduran) özelliği dolayısıyla cam, hemen bilinen bütün malzemeler karşı büyük bir üstünlük taşımaktadır. Görüş engeli yaratmaksızın süreklilik içinde iç içe ortamları birbirinden ayırabilme özelliği, camın bütün diğer malzemelere göre tercih edilmesinin temel nedenini oluşturmaktadır. Bunun yanında cam, kullanımda öne çıkan işlevleriyle birlikte eksiklik gösteren diğer özellik ve işlevlerinin, uygulanan yeni işlemlerle geliştirilmesine ve kullanımda engel olmaktan çıkarılmasına son derecede yatkın bir malzemedir. Uygulanan bu ikincil işlemler, camın geleneksel işlevlerinin geliştirilmesi bir yana, ona yepyeni özellikler de kazandırmaktadırlar.

Çalışmada, geleneksel yöntemlerle üretilen ham camların tanıtımı ve özellikleriyle, camlara uygulanan değer katıcı işlemler ve camın kazandığı değer artışları, öncelikle teknik olarak ayrı bölümler içinde incelenmiştir.

İnsanlığın daha başlangıç dönemlerinde yanardağ çevrelerinde ilk defa karşılaştığı cam, ne yazık ki yüzyıllar süren geçmiş içinde niteliği anlaşılmadan ve üretimi yapılamadan olduğu gibi kalmıştır. Çünkü yanardağların etkinleşmesi sırasında, magma içinde erimiş durumda bulunan başta SiO₂ (silisyum dioksit) olmak üzere cam yapıcı maddeler, yanardağın lav püskürtmesi ile birlikte ve yine bu sırada oluşan sıcak gaz fırtınasınınca atmosfere savrulurken çevreye saçılmışlardır. Bunların bir kısmı yoğun katılar halinde katılarak yanardağ külleri içinde kalmış, önemli bir kısmı da hayvan kıl ve yünlerini andırır şekilde uçarak çevresindeki alanlara dağılmışlardır. İşte ilk insanlığın tanıdığı camlar, elyaflaşarak sağa sola savrulan bu camlarla küllerin içine gömülüp kalan saydam ya da renkli camlar olmuştur.

Camın ilk bulunuşu ve insanlarca ilk üretiminin gerçekleşmesi ancak söylencelere konulmuş ve bu kaynaklardan anlaşılabilmiştir. Söylenceye göre, camın ilk ortaya çıktığı ve ilk ortaya çıktığı bölge, Akdeniz çevresindeki Orta Doğu bölgesidir. Söylenceye konu olan camın bulunuşu Suriye-Lübnan kıyılarında gerçekleşmiştir. Bu kıyılarda hayvancılık yapan ve onları otlatan kişiler, soğuktan korunmak amacıyla meşe odunları toplayıp kumsal ateş yakarlar. Şiddetli bir ateşte yeterince ısıdıktan sonra dikkatlerini çeken bir oluşum ilgilerini çeker. Yanan ocağın altında erimiş ve peltemsi bir görünümü olan bir maddeyle karşılaşır. İlgilerini çeken bu maddenin karşılaştıktan sonra da aynı görünümü koruması meraklarını artırır. Olay, daha sonra da tekrarlanır. Aradan yıllar, belki de yüzyıllar geçtikten sonra yanan ocağın yerinde ortaya çıkan yeni maddenin cam olduğunu anlarlar. Yeni maddenin kırıklarından süs eşyası, boncuk gibi ürünler yaparlar. Keskin ve uzun parçaları da daha da düzelterek savaş ve savunma aracı olarak kullanırlar. Aradan geçen uzun zaman ardından da cam üretimi en ilkel yöntemlerle yaparak ondan çeşitli biçimlerde yararlanırlar.

Söylence, cam üretiminin bu akış içinde başladığını açıklamaktadır. İlk insanların da, daha sonraki yüzyıllarda yaşayan insanların da, diğer bir cam türü olan opsidiyenden benzer amaçlarla yararlandığını göstermektedir. Bu nedenle opsidiyen, tarihsel gelişme içinde önemli bir değişim aracı, önemli bir ticaret metaı olarak kullanılmış bir maddedir. Camın bulunuşundan ünümüze uzanan sürenin kaç yılla ölçüldüğü de gizemini korumaktadır. Çünkü bu konuda da söylenti vardır. Aradan geçen süreyi 3.000 yılla 5.000 yıl olarak tahmin eden görüşler genel kabul görmekte, bu süreyi 10.000 yıla kadar uzatanlar da yadırganmamaktadır.

Ancak cam üretiminin gelişimi konusunda son yüzyıl içindeki gelişmeler, bilimsel ve teknolojik araştırma ve geliştirmedeki yoğunlaşmaya bağlı ilerlemelerin ürünüdür. Günümüzde özellikle bilimsel anlamda çarpıcı gelişmeler görülmemesine karşın, cam ürünlerindeki baş döndürücü artış, bilim ve teknoloji alanın elde edilip de kullanımı sınırlı kalan bulguların bugünkü gelişmeleri tetikleyici etkisine bağlamak hiç de küçümsenmeyecek bir saptamadır.

Dikkat çeken bir nokta, 17. yüzyıl ortalarında başlayan cam üretiminin endüstrileşmesi süreci, üretim tekniklerinin sürekli geliştiğı, her teknolojik atağın üretim verimliliğini ve ürün kalitesini sürekli olarak artırdığı bir süreç olmuştur. Dikkate çeken ir başka nokta ise, yüzey gerilimleriyle işlevleri geliştirilen, bu yolla yeni özellikler kazandırılan float cam üretiminin bu alanda devrim sayılacak bir atağı başarmış olmasıdır. Gerçekten de, 1960larda başlayan bu atak geçen yüzyılın sonlarında yüzey işlemlerinde ve işlenmiş cam satışlarına tam bir sıçrama yaratmıştır. Kuşku yok ki, eneri kaynaklarının azalması ve enerji tasarrufu zorunluluğu, çevre sorunlarındaki yükselişe bağlı olarak ozon katmanındaki deliğın gittikçe büyümesi ve güneş ışığındaki zararlı bileşenlerden korunma ihtiyacının daha çok artması, estetiğe ve konfor yönelişin belirlediğı mimari tercihlerin ağır basması, yüksek binaların mimarisinde bu tercihlerin daha çok benimsenmesi gibi etkenler işlenmiş cam kullanımında belirleyici rol oynamıştır. Doğal olarak bu koşullar düzcam üretimini ve işlenmiş cam kullanımını doğrudan etkileyerek sözü geçen gelişmelerin yaratılmasına yardımcı olmuştur.

Genel olarak cam üretiminde özel olarak da düzcam üretiminde geçen yüzyıldan devraldığımız mirasla içinde yaşadığımız yüzyılın henüz başlarındayız. Önümüzdeki

dönem açıkladığımız gelişme ve atakların, yeni ve daha ileri düzeydeki gelişmelerle ve yeni sıçramalarla zenginleşmeye ve insanlığa huzur ve konfor sağlayacak olanakları sunmaya devam edecektir.

2. KAVRAM ÇERÇEVESİ

2.1. CAM NEDİR?

Malzemeler, genel olarak bünyesindeki atom ve moleküllerin oluşum ve dağılımı bakımından belirli bir sıra ve düzenlilik içinde oluşlarına ya da böyle bir düzenlik göstermemeleri durumuna göre iki ayrı kümede incelenir:

Birincisi, yapıdaki molekülleri oluşturan atomların düzenli bir dağılım gösterdikleri, bunların aralarındaki uzaklıkların bir molekülden diğerine geçildiğinde sürekli sabit kaldığı ve moleküllerin sürekli yinelenerek bütünü meydana getirdikleri malzemelere kristal yapı malzemeler denir. Hemen bütün saf metaller, yemek tuzu (sodyum klorür), naftalin, buz gibi saf ya da bileşik yapı malzemeler kristal malzemelere tipik örneklerdir.

İkincisi, malzemenin en küçük yapı birimi olan moleküllerin oluşumunda, yapıdaki atomların düzenli bir dağılım göstermedikleri, dolayısıyla sürekli yinelenen bir molekül yapısının görülmediği ve atomların her bir molekül içindeki dağılımının gelişigüzellikler içinde bulunduğu malzemelere ise amorf yapı malzemeler ya da kısaca amorf malzemeler denir. En tipik amorf malzeme örnekleri en geniş dağılımı içinde bütün camlardır. Malzeme bütün içinde mikro kristal öbekler şeklindeki oluşumları içerse bile, camın bütünlüğünü bozmayan bu yapı amorf malzeme yapısı kapsamında değerlendirilir.

Cam deyince akla gelen, günlük yaşamda yaygın olarak kullanılan cam çeşitleridir. Bunlar, ana hatlarıyla, düzcamlar, züccaciye (ev eşyası) camları ile şişe ve kavanoz camlarıdır. Bu camlar, hepsinin de yapısında silikat molekülü bulunması ve bu molekülün malzeme cam yapıcı oksit olarak rol oynaması dolayısıyla silikat camları ya da silika kökenli camlar olarak da adlandırılırlar.¹

Oysa yaşamımızın çeşitli yerlerinde yer alıp da hakkında daha fazla bilgi sahibi olmadığımız camlar da vardır. Bu camlar, yapılarında silikat molekülü bulunmadığı için genellikle camsı maddeler adıyla tanımlanmaktadır. Amorf yapıda kimi yarı iletken

¹ Heinz G. Pfaender, **Schott Guide To Glass**, 2. Baskı, Mainz: Chapman&Hall, 1996, s.16.

malzemeler, askeri alanda çokça kullanılan gece görüş dürbünlerinin mercekleri, fotokopi makinelerinde etkin malzeme olan dramlar bu tür camsı malzemelerin birkaç tipik örneğidir.

Silika (SiO_2) camları, esas itibariyle silikattan meydana gelmekle birlikte, eritme kolaylığı sağlamak amacıyla cam bünyesine sınırlı oranlarda sodyum oksit (Na_2O), potasyum oksit (K_2O) gibi alkali asitler, cama kararlı yapı kazandırmak amacıyla kalsiyum oksit (CaO), magnezyum oksit (MgO) gibi toprak alkali oksitler ve alüminyum oksit (Al_2O_3) gibi mekanik dayanıklılığı artırıcı oksitler katılmaktadır. Ayrıca, cam hammaddesi içinde doğal olarak bulunan ve camın saydamlığını etkileyen ve ona az ya da çok renkli bir görünüm veren demir oksit (Fe_2O_3) gibi oksitlerin etkisini azaltmak için belirli oranlarda oksit ve bileşikler de eklenmektedir.²

2.2. CAM ÜRETİMİNİN TARİHÇESİ

Cam yapımı, büyük olasılıkla M.Ö. 3bin yıllarının sonlarına doğru Bronz Çağ'da keşfedilmiştir. Arkeolojik kanıtlar, bu keşfin Mezopotamya'da meydana geldiğini ortaya koymaktadır. Bu keşif, hiç şüphesiz, yöre boncuklarında, duvar fayanslarında, seramiklerde ve diğer nesnelere kullanılmış cam gibi sır üretimi sonucunda ortaya çıkmıştır. Bu en erken dönemde cam, yarı değerli ve değerli taşlara alternatif olarak üretilmiştir. Bu nedenle, hemen hemen tüm erken dönem camları şeffaf değildir ve oldukça parlak renklerde üretilmişleridir. Cam her ne kadar bu dönemde silindir mühür, çubuk, bazı küçük objelerin üretiminde ve kakma olarak kullanılmışsa da, en çok boncuk üretiminde kullanılmıştır. Tüm erken dönem boyunca, cam soğukken işlenmiş ve taşıyıcılar tarafından kullanılan tekniklerle kesilmiştir. Camdan yapılmış kaplara ilk olarak MÖ 16. yüzyıl sonlarına doğru rastlanılır. Her ne kadar, tarihlendirilebilir en erken örnek bugünkü Türkiye - Suriye sınırı yakınlarındaki Amik Ovasında yer alan Atchana (antik Alalakh) yerleşiminde bulunmuşsa da, buluntuların dağılımı en erken cam kapların kuzey Mezopotamya'da Mitanni Krallığı sınırları içerisinde üretilmiş olduğunu ortaya koymaktadır. Bu kapların hemen hepsi aynı şekilde iç kalıplama yöntemiyle küçük şişe, bardak ve kadeh olarak üretilmiştir. Camın sıcakken işlenmesini gerektiren kap üretimi, cam teknolojisi için oldukça önemli bir

² Pfaender, s.17.

aşamadır. Kaplar arasındaki yakın benzerlikler, bunların olasılıkla birbiriyle yakın temas halinde bulunan birkaç merkezde üretilmiş olduğunu ortaya koymaktadır. Atölyeler çoğunlukla büyük yerleşim merkezlerinde veya cam üreticilerini himaye eden hükümdarların veya dini liderlerin yaşadığı merkezlerde kurulmuşlardır. MÖ 16. yüzyıl sonları ile 14. yüzyıl arasında üretilmiş kapların biçimleri arasında oldukça az değişiklik vardır. Bu durum camın Geç Bronz Çağ toplumunda oynadığı dini ve geleneksel rolün bir göstergesi olarak ele alınabilir. İç kalıplama yöntemiyle üretilmiş ilk kaplardan çok kısa bir süre sonra, cam üreticileri mozaik camdan bardak, kâse ve plaka üretmek üzere ayrı bir kalıplama yöntemi geliştirmişlerdir.³

İç kalıplama yönteminde olduğu gibi, mozaik kalıplama yöntemi de Kuzey Mezopotamya'nın Hurrilerle ilişkili bölgelerinde kullanılmıştır. Cam kaplara ek olarak boncuk, mühür, sallantılı süs eşyaları, mücevher, mobilya kakması ve hatta küçük figürleri olmak üzere birçok değişik nesne üretilmiştir.

Geç Bronz Çağ boyunca Doğu Akdeniz'in diğer bölgelerinde gerçekleştirilmiş olan cam eşya üretimiyle ilgili kanıtlardan henüz kesin bir sonuç çıkarılamamıştır. Suriyeliler ve Kıbrıslılar, Mısır'da üretilmiş olan eşya tiplerine çok benzeyen eşyalar üretmemiş olsalar bile, ham camın üretiminde ve külçe cam ve bitirilmiş eşya ticaretinde aktif bir rol oynadıkları tahmin edilmektedir.

Pencere camının genel kullanımı ancak 15 y.y.da mümkün olmuştur. 16. y.y.a kadar ne Almanya'da ne de İngiltere'de cam yapılmamıştır. Düz pencere camı, merdane ürünü olarak, 1688 yılında Fransa'da görülmeye başlanmıştır.

Camcılık A.B.D.'de 1608 yılında Jamestown ve 1639 Salem, Massachusetts'da başlamıştır. Bu tarihten 300 yıl sonrasına kadar proses, neredeyse tamamen el işi ve parmak hesabı ile yapılmıştır. Kimya yönünden, bu süre içerisinde en önemli gelişme, harmanı (cam) oluşturan maddelerin saflaştırılması ve yakıt ekonomisinin artırılması ile sınırlı kalmıştır. Camların kimyasal bileşimleri ile fiziksel ve optik özellikleri arasında bir kısım bağıntılar bulunmuş olmakla beraber, bu endüstri 1900 öncesine kadar

³ Pfaender, s.1.

tamamıyla bir sanat olarak kalmış, üretim prosesleri öncelikle deneyimlere dayanmış ve gizli formüller sıkı bir şekilde korunmuştur.⁴

Sürekli bir şekilde levha halinde cam üretimi için Fourcault prosesi, 1905 yılında Belçika'da geliştirilmiştir. Bunu izleyen 50 yıl, mühendis ve bilim adamları, levha halindeki camın (pencere camı) optik bozukluklarını gidermeyi; buzlu ve parlatılmış cam levhaların, üretim giderlerini azaltmayı amaçlayan çalışmalar yapmışlardır. Bütün bu çalışmalar, düz cam üretim teknolojisine büyük katkılarda bulunmuştur. 1902 ve 1905 yıllarında Amerika Birleşik Devletleri'nde patentlenen kavramları esas alan bir araştırma grubu, İngiltere'de yüzer cam projesini uygulamasını daha da geliştirmişlerdir.

On yıldan daha uzun bir süreden beri yüzer cam prosesi, diğer proseslerle üretilen düz camı, kullanım dışı bırakmış ve pazarı eline geçirmiştir. Bu konuda görev alan mühendis ve araştırmacıların sayısı, gün geçtikçe artmakta ve yoğun araştırmaların bir sonucu olarak, yeni ürünler ortaya çıkmaktadır. Şişe, elektrik ampulü v.b. nin üretimini hızlandırmak için, otomatik makineler bulunmuştur. Bunun bir sonucu olarak cam endüstrisi bugün, üretim, kontrol ve geliştirmede modern bilim ve mühendisliğin bütün cihazlarını kullanan, ileri derecede özel bir endüstri haline gelmiştir.

⁴ Şişecam Araştırma ve Teknoloji Genel Müdür Yardımcılığı Yayını, Bülten, Mart, s.2.

2.3. CAMIN ALT SEKTÖRLERİ

Silika camları, kullanımdaki farklılaşmaya ve bu farklılığın gerektirdiği kompozisyonel kümeleşmeye bağlı olarak alt gruplara ayrılmaktadır. Bu gruplaşma gereğine camlar:

- Düz Camlar
- Cam Ev eşyası (Züccaciye)
- Cam Ambalaj
- Cam Elyafı

Alt grupları içinde değerlendirilmektedir. Kuşkusuz bu sınıflamanın dışında da gruplamalar vardır. Ancak o gruplara girilmeyecektir.

Konumuz düz camlarla ve onların türevleri olan camlarla sınırlı olmakla birlikte, karşılaştırma amacıyla bu cam gruplarıyla ilişkili olarak kısa açıklamalarla yetinilecektir.

2.3.1. Düz Camlar

Düz camlar, ev, işyeri gibi kapalı mekânlarla dış ortam arasında görüş sürekliliği sağlayan malzemelerdir. Bu tür malzemeler, bu işlevi yeri getirirken, aynı zamanda yerini aldığı taş, tuğla, beton, ahşap... gibi malzemelerle elde edilen koruyucu özellikleri de belirli ölçüler içinde yerine getirmektedir. Doğal olarak bu özellikleri sağlamada yetersiz kaldığı durumlarda, ek ısıtma işlemleri ve diğer yüzey işlemleriyle bu eksiklik giderilmektedir. Böylece düz camlar, taşıdığı toplam özelliklerle diğer bütün malzemelerin üstünde rakipsiz malzeme durumuna gelmiş bulunmaktadır. Kompozisyonel sistemi genel olarak sodyum oksit (Na_2O) – kalsiyum oksit (CaO) – silika (SiO_2) şeklindedir.

Düz camların üretim yöntemleri, çeşitleri ve bunların taşıdığı özellikler daha sonraki bölümde ayrıntılı olarak ele alınacağı için bu kısımda bu açıklama ile sınırlı kalınmıştır.⁵

2.3.2. Cam Ev Eşyası (Züccaciye Camları)

Çoğunlukla içine yiyecek ve içeceklerin bulunduğu, optik özellikleri dolayısıyla avize ve ampullerin vazgeçilmez malzemesi olan camlardır. Kap, tabak ve bardak gibi içine yiyecek, içecek ve sıvılar bulunduğu bu maddelerle etkileşerek insan sağlığına zararlı maddeler üretmemesi bu camlarda aranan başlıca özelliklerdir. Bu nedenle cam kompozisyonunda alkali asit olarak potasyum oksit (K_2O) kullanılmaktadır. Aynı kompozisyonel yapı, cama daha parlak ve ışık yansıtıcı bir özellik kazandırdığı için avize camlarında ve bazı dekoratif amaçlı camlarda da kullanılmaktadır.

Bu camların genel kompozisyonu potasyum oksit (K_2O)- kalsiyum oksit(CaO)- silika (SiO_2) formatındadır.

Bunların dışında, ısıya ve ısı şoklarına dayanıklılığı yüzünden fırın kapları olarak kullanılan borosilikat camlar (Na_2O+K_2O)- Al_2O_3 - SiO_2 formatına uygun olarak üretilmektedir.

Benzer amaçlarla kullanılan kristal camlar ise parlak görünüşü ve ışık kırıcılığının daha yüksek oluşuyla dikkati çekmektedir. Bu camlar belirtilen optik özelliklerini, genellikle bünyelerine katılan kurşun oksitten (PbO) kazanmaktadırlar. Ancak sağlığa zararlı olduğu gerekçesiyle kurşun oksit yerine boryum (Ba), çinko (Zn) ve potasyum (K) gibi

⁵ F.W. Tooley, **The Handbook of Glass Manufacture**, Vol 1, New York: Ashlee Publishing Company, 1984, s.55.

elementlerinin cam yapısına sokulmasıyla da kristal camlar elde edilmektedir. Bu oksitlerle elde edilen kristal camlar, sözü geçen oksitlerin adıyla tanınmaktadır.⁶

2.3.3. Cam Ambalajlar

İçine yiyecek ve içeceklerin saklamak amacıyla konduğu camlardır. Genellikle şişe ve kavanoz şeklindedirler. Bu gruptaki camların, içinde saklanan madde ile etkileşmesi öngörülür. Bunun için, cam yapısına, küçük bir miktar sodyum oksit yerine potasyum oksit konarak camla saklanan maddenin etkileşmesi önlenir. Ayrıca, özellikle yıkarken sıcak suya daldırıldığında çatlamaması ya da taşıma sırasındaki çarpışmalarda kırılmaması bu camların hem ısıl şok direncinin hem de mekanik dayanıklılıklarının yüksek olması istenir.⁷ Bu özellikte kompozisyon düzenlemesi sırasında ısıl genleşme katsayısının nispi olarak düşük tutulması ve alüminyum oksidin bir miktar artırılması ile de mekanik dayanıklılığın yükseltilmesi sağlanır.

2.3.4. Cam Elyafı

Birkaç yüz mikron çapındaki ve istenen uzunlukta üretilen cam elyafları, öncelikli olarak elektriksel yalıtımı ve mekanik dayanıklılık gerektiren yerlerde kullanılmak amacıyla üretilmektedir. Daha sonraki yıllarda, plastik ya da polyesterle güçlendirilerek elde edilmiş elyafların kompozitler şeklinde kullanımı yaygınlaşmıştır. Bu kapsamda, büyük boyutlu sınaî kapların, fiber sandallar gibi deniz araçlarının, otomobil ve diğer kara taşıtlarının tamponlarının, dahası bazı araçların kaportalarının yapımı güçlendirilmiş elyafların kullanımını yaygınlaştırmıştır.

⁶ Jan, Hlavac, **The Technology of Glass and Ceramics**, "An Entroduction", Amsterdam: Elsevier Scientific Publishing Company, Ocak, 1983, s.33-34.

⁷ Pfaender, s.24-25.

Cam elyafları, bünyesinde alkali oksitlerin ya hiç bulunmadığı ya da en az düzeyde yer aldığı camlardır. Alkali oksit yetersizliğinin yarattığı eritme sonrası cam akışkanlığı borik oksit (B_2O_3) ve kalsiyum oksit (CaO) gibi oksitlerle sağlanmaktadır.⁸

E camları da denilen elyaf camları, esas itibariyle silika (SiO_2)- alüminyum oksit (Al_2O_3)- kalsiyum oksit (CaO)- magnezyum oksit (MgO) sistemi içinde yer almaktadır. E camında aranan özellik, elektriksel yalıtımının yanında, mekanik ve kimyasal dayanımlarının yüksek olmasıdır. Bu kompozisyonel sistem içindeki kalsiyum oksit (CaO) yüksekliği, kimyasal dayanıklılığı bir miktar düşürmektedir. Bu sakıncayı gidermek amacıyla azaltılan kalsiyum oksit (CaO) miktarı yerine eklenen borik oksit (B_2O_3) miktarı kimyasal dayanıklılığının artırılmasına katkı sağlamaktadır.

Tablo 1: Cam Elyafların İçerdiği Oksitler ve Bunların Değişim Aralıkları (%)

OKSİT ADI	DEĞİŞİM ARALIĞI (%)
Silika (SiO_2)	50-55
Borik oksit (B_2O_3)	7-12
Kalsiyum oksit (CaO)	15-20
Magnezyum oksit (MgO)	2-5

Kaynak: The Tecnology of Glass and Ceramics, "An Entroduction", s.215.

⁸ Hlavac, s.215.

3. DÜZCAM ÜRETİMİNİN TARİHSEL GELİŞİMİ

3.1. DÜZCAM ÜRETİM METODLARI

Düzcamların üretiminde birbirinden farklı üretim yöntemleri vardır. Üretimde uygulanan bu yöntemler, düzcamların kalitesini de doğrudan belirlemektedir. Öngörülen amaca uygun olarak bu yöntemler tercih edilmektedir.

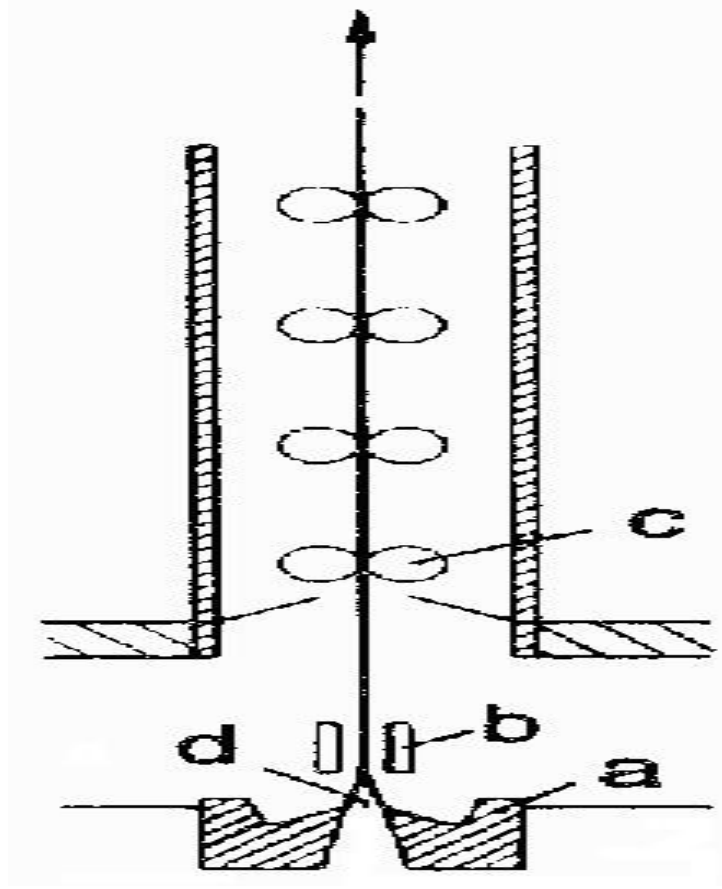
Günümüzde kullanılmakta olan Düzcamların üretim yöntemleri yatay ve düşey çekili üretimler olmak üzere iki temel gruba ayrılmaktadır.

3.1.1. Düzcamların Üretiminde Düşey Çekili Yöntemler

1900ler'in başlarında uygulanmakta olan Düzcamların üretimleridir.

3.1.1.1. Fourcault Yöntemi

1905'te ilk olarak Belçika'da başarılı olmuş olan ve buluşçusunun adıyla anılan bir düşey çekili yöntemidir. Yöntem esas olarak erimiş camın toplandığı bir havuzdan camın düşey olarak çekilişine dayanmaktadır. (Şekil 1: Fourcault Sistemi). Şekilde a; debitörü, b; soğutucuları, c; çekiliş merdanelerini ve d; cam havuzunu ifade eder.



Şekil 1: Fourcault Yöntemi

Kaynak: Heinz G. Pfaender, *Schott Guide To Glass*, Chapman&Hall, 1996, s.58.

Bu yöntemle Düzcam üretiminde cam havuzunun yüzeye yakın kısmına “debitöz” adı verilen ve ortası uzunlamasına yarık olan refrakter malzemenin ortasından camın çekilmesiyle sağlanmaktadır. Başlangıçta nispeten yumuşak olan cam, yüzeylere üflenen hava yardımıyla hızla sertleşmekte plakaya dönüştürülmektedir. Bundan sonra karşılıklı olarak (ters yönde) dönen makaraların arasından geçirilerek bir kula içinden yukarı doğru çekilirken bir yandan da soğutulmakta ve cam sıcaklığının uygun bir

düzele düştüğü katta kesilerek koparılmaktadır. Bundan sonra istenen boyutlarda kesildikten sonra paketlenerek satışıya gönderilmektedir.⁹

Cam, çekiş başlangıcından itibaren hızla soğutulursa, bu işleme bağı olarak kırınlaşır. Bu durum, camın kullanımını olanaksızlaştırır. Bu sakıncayı gidermek için camın, sıcaklık düşüşü hesaplanarak ayarlanmış bir soğutma tüneline kontrollü soğutma işleminden geçmesi zorunludur. Cam üzerinde kontrollü soğutma ile zararlı streslerin kaldırılmasının adı “tavlama” işlemi olarak bilinmektedir.

Fourcault yönteminin uygulandığı fırınlarda tavlama tüneli, cam havuzunun he üzerinde yükselen soğutma tünelidir. Tünelin sonunda ana plakadan kesilerek koparılan cam, aynı zamanda tavllanmış ve kırılganlığı azaltılmış camdır.

Fourcault yönteminde cam kalınlığı, çekiş hızıyla ayarlanır. Düşük hızlı çekişlerle elde edilen camlar daha kalın, yüksek hızlı çekişlerle elde edilenler ise daha incedir.

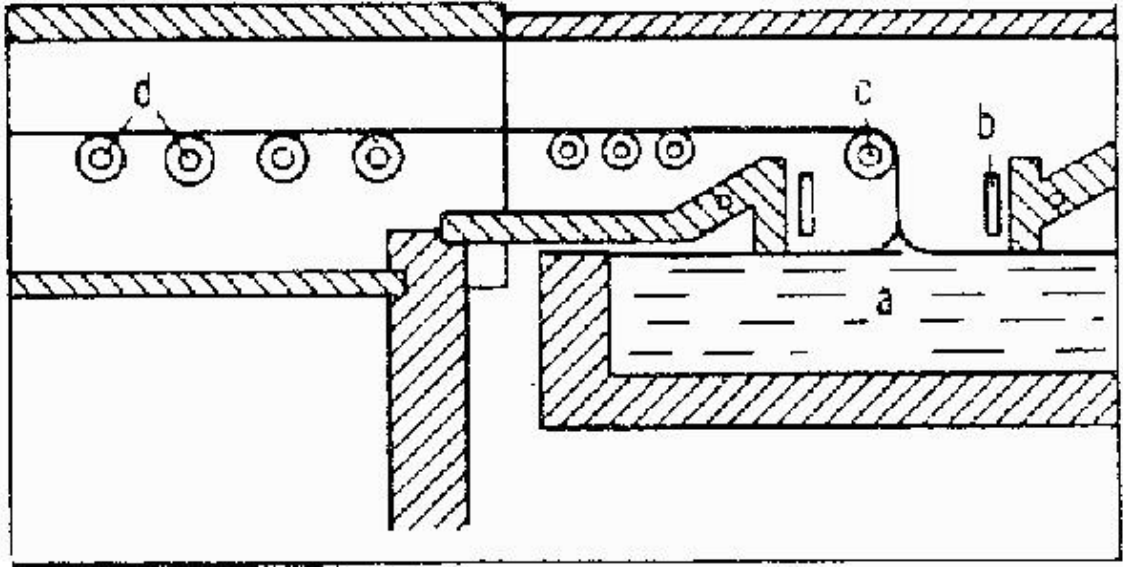
Fourcault yöntemiyle üretilen camlar, debitöz yarığndaki pürüzlerin cam üzerinde bıraktığı izlerin yanında özellikle başlangıçtaki soğutma havasının dalgalılığı ve camın soğuma ve katılaşmasına da yansıması sonucunda hem cam yüzeyinde istenmeyen çizikler, hem de cam üzerinde yatay dalgalanmalar meydana gelmektedir. Bu kusur, uygulanan metottan kaynaklanan cam kusuru olarak camın kullanımını belirli ölçüde etkilemektedir.

3.1.1.2. Libby-Owens Yöntemi

Fourcault yöntemiyle üretilen camların taşıdığı kusurları azaltmak ya da tümüyle ortadan kaldırmak amacıyla yapılan araştırmalar, ABD’de Colburn tarafından bir başka üretim şeklinin ortaya çıkmasıyla sonuçlanmış ve Libby-Owens tekniğiyle Düzcam

⁹ Pfaender, s.57-58

üretimini yaratmıştır. Libby-Owens bu projeyi destekleyen firmanın adıdır. Uygulama ilkin 1917’de başarılıdır. Burada, Fourcault da bulunan debitöz bulunmamaktadır. Debitözsüz ortamda havuzda biriken cam çekilmekte, henüz cam yumuşakken havuz seviyesinden biraz yukarıdaki bir rulo üzerinden geçirilerek yatay çekiş durumuna getirilmektedir. (Şekil 2: Libby-Owens Yöntemi)



Şekil 2: Libby-Owens Yöntemi

Kaynak: Pfaender, Heinz G, **Schott Guide to Glass**, 2. Basım, Mainz: Chapman&Hall, 1996.

Libby-Owens yöntemini ifade eden bu Şekil 2 de a; erimiş cam havuzunu, b; soğutucu kutuları, c; saptırma merdanesini ve d; çekiş ve tavlama alanlarındaki taşıyıcı merdanelerini ifade etmektedir.¹⁰

3.1.1.3. Pittsburgh Yöntemi

Fourcault ve Libby-Owens metotlarının sakıncalarını gidererek daha gelişmiş model oluşturan bir tekniktir. Bu yöntemle, en azından camın yüzey çiziklerinden kurtulması

¹⁰ Pfaender, s.58

ve daha düzgün yüzeyli camların elde edilmesi sağlanmıştır. Bu yöntem 1928'den beri başarı ile uygulanmaktadır.

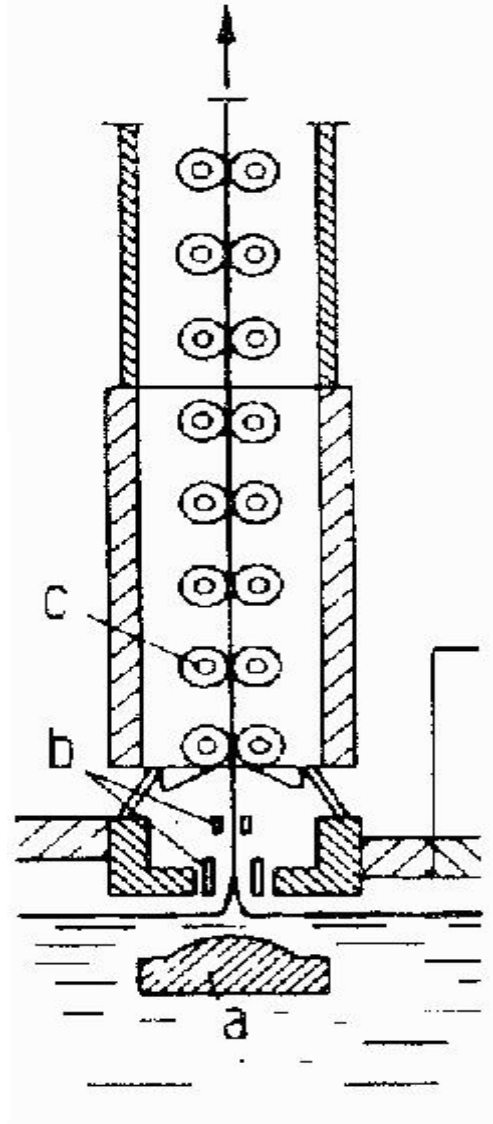
Uygulanan modelde, tıpkı Fourcault metodunda olduğu gibi, başlangıç noktası erimiş camın toplandığı cam havuzdur. Havuzdaki camın sıcaklığı, şekillendirme sıcaklığı yakınlarına kadar düşürülmektedir. Başlangıçta cam yüzeyine batırılan ve tarak adı verilen refrakterden araçla ilk cam düşey olarak ve yukarıya doğru çekilmekte, bunu cam plakasının hareketi izlemektedir. Plakaya hareket sürekliliği sağlayan unsurlar, kenardan plakayı kavramış olan tekerlek şeklindeki sabit merkezli dönel silindirlerdir. Pittsburgh yönteminde debitöz yerine cam kılavuzu denebilecek olan özel şekilli bir refrakter malzeme havuzdaki erimiş cam yüzeyinin hemen altına yerleştirilmektedir. Bu kılavuz, her iki yandan çekilecek camın miktarını ayarlayarak camın kalınlığının belirlenmesine yardımcı olmaktadır.

Cam yüzeyinin hemen üstünde ise yine bir oyuk şeklinde, ortasındaki boşluktan çekilen camın yükseldiği soğutma odacığı yer almaktadır. Odacığa üflenen hava, havuzdan çekilen ve henüz çok yumuşak olan camın hızla katılaşmasına yaramaktadır.

Soğutma odacığının hemen üstünden başlayıp düşey olarak yükselen 12 metre uzunluğundaki kule, aynı zamanda bir kontrol kulesidir. Kulenin içindeki sıcaklık dağılımı, daha önceden belirlenen bir sıcaklık eğrisindeki kritik sıcaklık noktaları gerçekleştirecek şekilde elektrikli ısıtıcılarla sağlanmaktadır.

Çekilen cam, soğutma işlemi sonunda kulenin en üst noktasına çıktığında otomatik kesicilerle kesilmektedir. Bu bölümde kenarlarındaki defolu kısımları kesilen plakalar, uygun boyutlarda hazırlandıktan sonra paketlenerek ambarlara kaldırılmaktadır.¹¹ (Şekil 3: Pittsburgh Yöntemi)

¹¹ Pfaender, s.58-59



Şekil 3: Pittsburgh Yöntemi

Kaynak: Pfaender, Heinz G, *Schott Guide to Glass*, 2. Basım, Mainz: Chapman&Hall, 1996.

Şekil 3te a; çekiş kılavuzunu, b; soğutma alanını ve c; çekiş merdanelerini simgelemektedir.

Pittsburgh yöntemi ile Fourcault uygulamasındaki cam yüzeyinde meydana gelen çizikler ortadan kaldırılmakla birlikte, soğutma odacığındaki hava akımlarının yol açtığı optik dalgalanmalar tümüyle yok edilememekte, az da olsa varlığını korumaktadır. Bu sakıncayı da odan kaldıran modern Düzcam üretim Float yöntemiyle sağlanabilmektedir.

3.1.1.4. Float Cam Üretimi

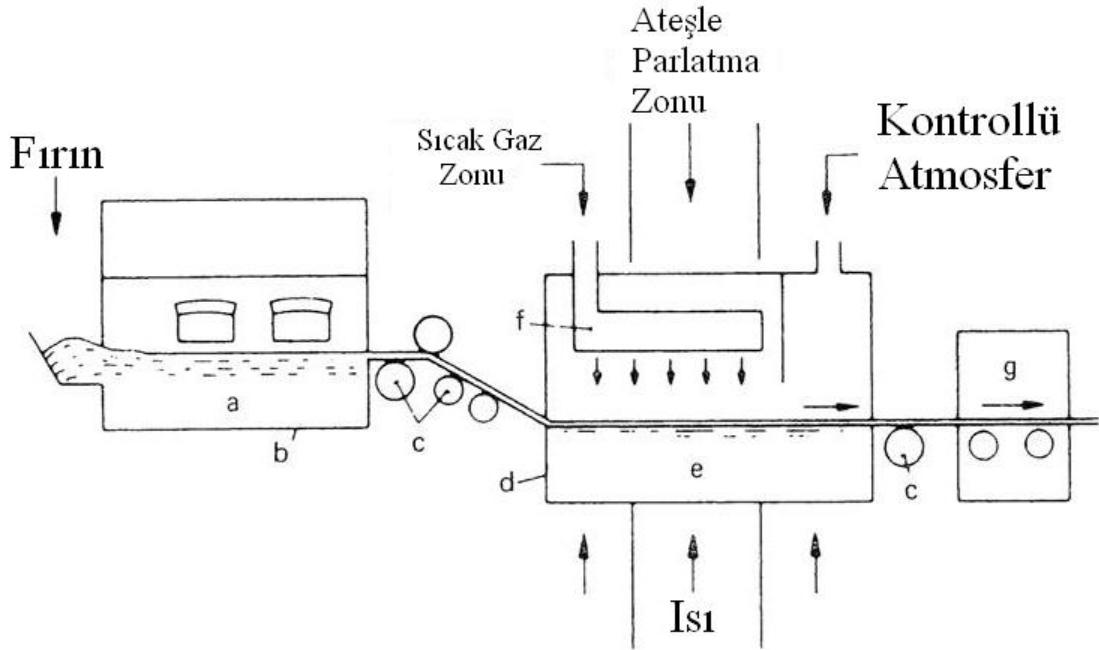
1900'lü yılların ilk yarısında dünya ölçüsünde büyük yaygınlık kazanmasına karşın, verimi ve kaliteyi daha çok yükseltme konumundaki arayışlar devam etmiştir. 1960'larda bu araştırmalar sonuç vermiş ve Float tekniği, cam üretiminde en modern üretim yöntemi olarak daha sonraki yıllarda düzcam üretiminde görülen kalite ve verim artışında büyük sıçramalar yaşanmasına damgasını vurmuştur. Bu yöntemin yaratıcısı da İngiliz Pilkington Brothers Ltd. olmuştur.

Float uygulaması, esas itibariyle bir yatay çekişle üretim temeline dayanmaktadır. Ayrıca, bundan önce açıklanan yöntemlerdeki üretim bölümlerinin bir kısmı bu uygulamada da korunmuştur. Eritme, homojenleştirme ve koşullandırmadan meydana gelen birim burada da aynı işlevini sürdürmektedir. Yeni birimler ise, henüz yeterince sertleştirilmemiş olan camın sıvı durumdaki kalay üzerinde yüzdürüldüğü banyo ile cam yüzeyini alevle yakarak parlatma birimleridir.

Burada kalay banyosu üzerinde durmak gerekebilir. Banyoyu dolduran metalik kalay, giriş tarafında 1000°C dolayında bir sıcaklıktadır. Banyonun çıkışında ise sıcaklık 600°C'ye düşmektedir ve cam bu sıcaklıkta artık katlaşmış cam durumundadır. Kay banyosu yüzeyi 4–8 metre arasında ve yaklaşık 60 metre olan bir yüzeydir. Banyo girişinde henüz yumuşak bir şerit şeklindeki cam, yüksek yoğunluktaki kalay tarafından kaldırılmakta ve bu şekilde yüzerek dışarı çıkmaktadır. Kalay yüzeyinin oksitlenmesi, yüzeye verilen azot gazı ile engellenmektedir. Azotla birlikte yüzeye gönderilen hidrojen gazı ise, cam yüzeyine ulaşma olasılığı bulunan oksijenlerle birleşerek yüzeyin oksitlenmesi olasılığını ortadan kaldırmaktadır.¹²

Float uygulaması ile 1,5–2 milimetre arasındaki kalınlıklarda cam üretiliyor. Camın ince ya da kalın olması, bütünüyle cam şeridin akış hızıyla ve şerit genişliği ya da dar oluşuyla sağlanmaktadır. (Şekil 4: Float Yöntemi)

¹² Pfaender, s.60-61-62.



Şekil 4: Float Yöntemi

Kaynak: Pfaender, Heinz G, **Schott Guide to Glass**, 2. Basım, Mainz: Chapman&Hall, 1996.

Şekil 4te a; erimiş cam havuzunu, b; cam eritme tankını, c; taşıma merdanelerini, d; float banyosunu, e; erimiş kalayı simgelemektedir, f; ısıtma bölgesini ve g; tavlama tüneline simgelemektedir.

Genel hatlarıyla açıklandığı gibi, bu süreç içinde üretilen Float camlar, bilinen bütün tekniklerle üretilen camların hepsinden daha yüksek optik kaliteye sahiptir. Float camlar, renksiz ve saydam cam olarak pencerelerin kapatılmasında çok yaygın şekilde kullanıldığı gibi, uygulanacak yüzey işlemleri ve diğer ikincil işlemlerle yeni kullanımlara da elverişli malzemedir.

3.2. DÜNYA CAM ÜRETİMİNDEKİ GELİŞMELER

Dünya çapında düzcam üretiminde yukarıda açıklanan tekniklerin hepsi değişen oranlarda kullanılmaktadır. Düzcam üretiminde hangi tekniklerin uygulanacağı ya da hangi teknikle üretilmiş olan camın kullanılacağı tek tek ülkelerin gelişme düzeyleriyle, ekonomik birikimiyle ve yaşam anlayışıyla ilgilidir. Ancak son yıllarda, Float tekniği ile cam üretiminin yanında, bu teknikle üretilmiş camların, saydam cam olarak, kullanımına doğru büyük bir yöneliş vardır.

Dünya cam üretimi yıllık yaklaşık 117 milyon tondur. Bu üretim değerinin camın alt sektörlerine dağılımı ise şu şekildedir¹³:

Tablo 2
Dünya Cam Üretimi

	Üretim (Milyon Ton)	Pay %
Cam Ambalaj	60.0	51
Düzcam	37.4	32
Cam Ev Eşyası	5.0	4
Cam Elyafı	2.4	2
Diğer	12.4	11
Toplam	117.2	100

Kaynak: Devlet Planlama Teşkilatı, **9. Kalkınma Planı**, “Taş ve Toprağa Dayalı Sanayiler Özel İhtisas Komisyonu Raporu”, Cilt 1, Ankara, 2008

Dünya cam üretiminin büyük bir bölümünü cam ambalaj grubunun oluşturmasının en büyük nedeni, bu gruptaki camların besin, ilaç gibi yaşamsal maddelerin saklanma ve taşınmasında en büyük seçeneği oluşturmasıdır. Bunu sırasıyla düzcam, cam ev eşyası ve cam elyafı izlemektedir.

¹³ DPT, **9. Kalkınma Planı**, “Taş ve Toprağa Dayalı Sanayiler Özel İhtisas Komisyonu Raporu”, Cilt 1, 2008, Ankara, s.288.

Dünyada ölçek büyüklükleri en önemli unsur, cam üretiminin giderek pekiştirilmiş hale gelmesidir. Böylelikle özellikle ana üretim alanlarında daha az sayıda cam kuruluşu, kendi alanlarına hâkim durumdadırlar. Bu duruma bir örnek teşkil etmesi amacıyla düzcamlar sektöründeki kuruluşların coğrafi yaygınlık, çalışan sayısı, kapasite ve ciro açısından karşılaştırması ile cam elyaf sektöründeki kuruluşların kapasitelerine göre sıralaması aşağıda gösterilmektedir.¹⁴

Tablo 3
Dünyadaki Önemli Düzcamlar Üreticileri

	Coğrafya	İstihdam (Bin Kişi)	Kapasite (Bin Ton)	Ciro (Milyon \$)
Asahi	3 kıta	38	6.250	7.064
Pilkington	5 kıta	27,5	4.660	4.970
Guardian	4 kıta	25	4.000	3.200
Saint Gobain	5 kıta	23	3.860	5.458
Luoyang Co.	Çin	9,5	1.725	620
PPG	ABD	10	1.610	2.200
NSG	Japonya	8,5	1.135	2.337
Taiwan Glass	Taiwan	8	1.040	400
Trakya Cam	Türkiye	4	870	384
Visteon	ABD	4	660	563
Vitro	2 ülke	3,5	645	1.094
Diğer		158	20.224	15.373
Toplam		319	46.679	43.663

Kaynak: Devlet Planlama Teşkilatı, **9. Kalkınma Planı**, “Taş ve Toprağa Dayalı Sanayiler Özel İhtisas Komisyonu Raporu”, Cilt 1, Ankara, 2008

Yukarıda da değindiğimiz gibi, sektörde ölçek ekonomilerinin geçerliliği, rekabet gücünü belirleyen en önemli ekonomik unsurlardandır. Uluslar arası rekabet, cam firmaları belli kapasitelerin üstünde ise ancak mümkün olabilmekte; küçük kapasiteli tesisler iç piyasalarda varlığını sürdürmektedir. Ayrıca sürekli düşen kar payları büyüme ihtiyacını yaratmaktadır.

¹⁴ DPT, s.289.

Dünya sıralamasında söz sahibi olan cam kuruluşlarının parasal büyüklükleri aşağıdaki tabloda ifade edilmektedir. Tablodan da anlaşılacağı üzere uzun vadeli geleceği güvenceye almak, büyüklükle eş anlamlıdır. Ortalama büyüklüğün 3 milyar dolar düzeyinde olduğu bu sıralamada 1 milyar dolar kritik eşik olarak görülmektedir.

Tablo 4
Dünyadaki Önemli Cam Firmalarının Satışları

	Şirket Adı	Ülkesi	Kuruluş	Toplam Satışlar	Cam Satışları	Pay (%)
1.	Saint Gobain	Fransa	1665	39.778	14.228	36
2.	Asahi	Japonya	1907	14.190	7.064	50
3.	Owens-Illinois	ABD	1779	6.128	5.366	88
4.	Pilkington	İngiltere	1826	4.970	4.970	100
5.	Owens-Corning	ABD	1938	5.675	3.405	60
6.	Guardian	ABD	1932	3.950	3.200	81
7.	NEG	Japonya	1949	2.899	2.899	100
8.	Hoya	Japonya	1941	2.864	2.556	89
9.	Schott	Almanya	1884	2.462	2.462	100
10.	NSG	Japonya	1918	2.466	2.337	95
11.	Vitro	Meksika	1909	2.272	2.245	99
12.	PPG	ABD	1883	9.513	2.204	23
13.	Corning	ABD	1850	3.854	2.172	56
14.	Şişecam	Türkiye	1935	1.629	1.356	83
15.	Johns Manville	ABD	1858	2.500	1.300	52
16.	ARC International	Fransa	1825	1.500	1.144	76
17.	Central Glass	Japonya	1936	1.730	1.098	63
18.	Rexam	İngiltere	1881	5.567	860	15
19.	Anchor	ABD	-	747	747	100
20.	Hanglass	Kore	1957	628	628	100

Kaynak: Devlet Planlama Teşkilatı, **9. Kalkınma Planı**, “Taş ve Toprağa Dayalı Sanayiler Özel İhtisas Komisyonu Raporu”, Cilt 1, Ankara, 2008

Tablodaki veriler ışığında dünyadaki toplam cam satış oranının önemli bir kısmının Uzak Doğu ülkeleri ve ABD tarafından gerçekleştirildiği görülmektedir. Avrupa’da sanayi devriminin dünyanın diğer bölgelerine göre daha önce gerçekleşmesi sebebiyle Avrupa, cam üretim ve satışının öncüsü olmuştur. Daha sonra Amerika’ya yayılan cam üretimi n son Uzak Doğu ülkeleri tarafından benimsenmiştir. Söz konusu veriler dikkate alındığında, ABD ve Japonya bugün dünyada cam satışının öncüsü durumundadırlar. Özellikle Japonya bu teknolojiyi diğer ülkelere göre daha geç edinmesine rağmen kısa sürede önemli pay sahibi olmuştur.

Yine tabloda yer alan, şirketlerin toplam satışlarını ifade eden bölümde ise cam satışlarının yanı sıra, başlıca, cam hammaddeleri ve üretim teknolojisi bilgilerinin satışlarından elde edilen satış miktarları yer almaktadır. Örneğin, düzcam üretiminde en modern yöntem olan float cam teknolojisini ilk olarak 1960lar’da İngiliz Pilkington Brothers şirketi tarafından gerçekleştirilmiştir. Pilkington Brothers, bu teknolojiyi dünyanın büyük bir kısmına satarak büyük kar elde etmiştir, zaten firmanın dünya çapında söz sahibi olmasının en büyük dayanağı da gerçekleştirdikleri bu teknolojidir. Türkiye’de yalnızca Şişecam tarafından kullanılan float cam teknolojisinin bilgisi de yine Pilkington Brothers tarafında sağlanmıştır. Şişecam’ın yurt içi ve yurt dışında bu denli etkin bir şirket konumuna gelmesinin en önemli nedenlerinden biri de budur.

3.3. TÜRKİYE’DE CAM ÜRETİMİNİN GELİŞİMİ

Türkiye’de cam üretimi dünyadaki belli başlı dünya merkezlerindeki üretime paralel olarak gelişmiştir. Özellikle kap ve süs eşyası tarzında kullanılan camlar, Türkiye’nin çeşitli yörelerinde el emeği ile üretilerek kullanılmıştır. Bu tür cam üretimine ilişkin birçok tarihsel kanıtlara yurdun çeşitli yerlerinde rastlamak olasıdır. Camın ilk bulunduğu bölgenin Anadolu’nun güney kıyıları ve Suriye-Lübnan kıyıları olduğu dikkate alındığında cam üretiminin ne denli eski bir geçmişi olduğu kolayca anlaşılır.

Ne var ki, düzcam üretimi için aynı şeyi söylemek zordur. Türkiye’de düz cam üretimine uzanan gelişme de, Cumhuriyet Devrimi’nin 1930lar’daki sanayileşme atağıdır. 1935 yılında önderimiz Mustafa Kemal ATATÜRK’ÜN yönergesi ile Paşabahçe Cam Sanayi kurulmuştur. Burada üretilen ev eşyası ve cam kap üretimi ile ülke ihtiyacı önemli ölçüde karşılanmıştır. 1961 yılında ise hem Fourcault hem de Pittsburgh tipi cam üretim tesisleri Çayırova’da açılarak düzcam üretimine başlanmıştır. 1981 yılında ise Trakya Cam Sanayi’inde Float tarzında cam üretimi gerçekleştirilmiştir. Günümüzde Trakya Cam Sanayi bünyesinde, her biri ayrı bir fabrika kapasitesinde 4 ayrı cam fırını üretimini sürdürmektedir. Bu fabrikalarda ham cam üretiminin yanında ikincil işlemlerle de yaratılan çeşitlilikte düzcam kullanımında yepyeni alanlara ve pazarlara imza atılmıştır.¹⁵

Özellikle 1990lı yıllar ve sonrası dikkate alındığında Türk cam sanayii bölgesel liderliğe yönelik bir gelişim göstermektedir. 70 yıllık geçmişinde sürekli bir büyüme ve gelişme gösteren Türk cam sanayii, bugün düzcam, cam ambalaj, cam ev eşyası, cam elyafı, taş yünü ve cam yünü gibi temel cam üretim faaliyetlerini en modern teknolojilerle gerçekleştirmektedir.

Son dönemde Türk cam sanayii hızlı bir büyüme göstermiş, 1999–2005 döneminde 1,1 milyar \$ dolar yatırım harcaması yaparak, düzcam, cam ev eşyası, cam ambalaj ve işlenmiş camlar alanlarında komple yeni yatırımları gerçekleştirmiştir. Şişecam dışında da (özellikle işlenmiş camlar alanında) ciddi yatırımlar yapılmış ve yabancı sermayenin Türkiye pazarına olan ilgisi artmıştır.

Şişecam bölgesel liderlik ve büyüme için yurtdışında da yatırımlar yapmıştır. Geçmişte satın alınan Gürcistan cam ambalaj tesisinin yanında, özellikle Rusya’da cam ambalaj tesisleri ve Bulgaristan’da cam ev eşyası tesisleri tamamlanıp devreye sokulmuş, yine Bulgaristan’da düzcam ve işlenmiş cam yatırımlarında son aşamaya gelinmiştir.

Cam sektörü yaklaşık 2 milyar dolar düzeyindeki üretim değeri ile Türkiye ekonomisinde üretimin %0,6-%0,7 sini oluşturmaktadır. Türkiye’de cam ürünlerinin dış ticaret büyüklüğü de 1 milyar dolar düzeyindedir, bu da toplam dış ticaret hacminde yine %0,6-%0,7 civarı bir payı ifade etmektedir.¹⁶

Türk cam sanayiindeki bu büyüme niceliksel olmanın yanı sıra halen kullanılan ve bunlara eklenecek yeni teknolojilerle üretilecek olan katma değeri yüksek ürünlere dönük olacaktır. Düzcamlar için üstün nitelikli kaplamalı mimari camlar, çok işlevli otomotiv camları, yüksek kaliteli ve tasarım üstünlüğü olan cam ev eşyası, dayanıklılığı artırılmış, hafifletilmiş cam ambalaj gibi klasik ürünlerin geliştirilmesinin dışında, fiber optik, düz ekran camları, güneş pilleri ve güneş kolektörleri gibi yeni ürünlere yönelik söz konusudur. Netice itibariyle, 2013 yılı sonunda Devlet Planlama Teşkilatı’nın yaptığı çalışmalar sonucunda, sektörün büyüklüğü 3 milyar \$ ı bulacak. Buna bağlı olarak sektördeki dış ticaret hacminin de 1,5 milyar \$ düzeyini bulması öngörülmüyor. Artan yurt içi talep genellikle yurt içi kaynaklardan karşılanacaktır. Bunu yanında pazarların özgürleşmesi, yurt dışı üreticilerin bazı maliyet avantajlarına sahip olmaları nedeniyle ithalatın da artması beklenmektedir.

Gümrük Birliği ve küreselleşmenin de etkisiyle Türk Cam Sanayisi uluslararası rekabete açılmıştır. Buna karşılık olarak, Rusya, İran ve Uzak Doğu’dan indirimli fiyatlarla yapılan düzcamlar ve cam ev eşyası ithalatı pazarın yapısını bozmaktadır. Özellikle fiyatların daha da düşüp baskıyı artırdığı bu dönemde, ülke kaynaklarını kullanarak üretim yapan Türk cam sektörü, maliyet azaltmaya, verimlilik artışına ve katma değeri yüksek ürünler üretmeye yönelmiştir.

Cam sanayisi sermaye yoğun bir sanayidir. Bu sebeple enerji kullanımını yoğunur. Türkiye’deki enerji fiyatları rakip ülkelerdeki enerji fiyatları ile karşılaştırıldığında yüksektir. Yerli sanayi için bir rekabet avantajı yaratmak amacıyla enerji fiyatları

¹⁶ DPT, s.288.

ucuzlatılmalı, enerji üzerinden alınan vergi bir bütçe finansman aracı olmaktan çıkarılmalıdır.

Türkiye işlenmiş camlar bir kenara konduğunda, cam üretim kapasitesi yaklaşık 2 milyon ton düzeyindedir. Bu rakamın %42 si düzcam, %30 u cam ambalaj, %18-%20 si cam ev eşyası, kalan yaklaşık %8-%10 luk kesim de cam elyafı, cam/kaya yünü ve diğer cam üretim kapasitesinden oluşmaktadır. Yine Devlet Planlama Teşkilatı 9. Kalkınma Planı'nı ifade eden dönemin sonunda Türkiye cam üretim kapasitesi 3 milyon ton düzeyine gelecektir.¹⁷

Türkiye'de cam üretiminin neredeyse tamamı özel sektör tarafından gerçekleştirilmektedir. Cam sektöründe yabancı sermaye payı oldukça düşüktür. Ancak son dönemde Schott-Orim örneğinde olduğu gibi yabancı sermaye ilgisi yoğunlaşmaktadır. 1991 yılında Yorsan Şirketler Grubu'nun iştiraki olarak 6 kişiyle faaliyete başlayan Orim, hızlı bir büyüme grafiği çizerek 1995'te ilk ihracatını gerçekleştirmiştir. 2000 yılına gelindiğinde, üretiminin %50 sini ihraç etme başarısı gösteren firma, 2001 yılında Bolu'daki fabrikasına ek olarak Çerkezköy fabrikasını kurmuştur. Orim bu şekilde kapasitesini artırarak farklı üretim yerlerine odaklanmıştır. 2002 yılında çalışan sayısı 550 ye ulaşan şirket, 2003 yılında Alman Schott Grubu tarafından satın alınarak %50 yabancı sermaye haline gelmiştir. Schott-Orim 2005

¹⁷ DPT, s.288-289.

yılında 74 milyon TL ciroya ulaşmıştır. Kurulduğunda sadece fırın camları üreten şirket, bugün buzdolabı raf camları, fırın pano, ön, iç ve üst kapak camları ile bazı ev aletleri için cam üretiyor.¹⁸

¹⁸ Haluk Bürümcekçi, Schott Orim Hız Kesmiyor, Referans Gazetesi, 29 Ekim 2006, http://www.referansgazetesi.com/haber.aspx?HBR_KOD=50545&KTG_KOD=385 (15 Nisan 2009)

Tablo 5
Türkiye Cam Sektöründe Önemli Firmalar

				2005	
Kuruluş Adı	Yeri	Üretim Konusu	Yabancı Serm. %	İşçi Sayısı	Kapasite
Düzcamlar					
Trakya Cam Sanayi	Muhtelif	Düz ve buzlu cam, emniyet camı, otomotiv camı, işlenmiş camlar, ayna...	% 0.006	2.232	830 bin ton düzcam, 45 bin ton buzlu cam, 1 milyon araç/set oto camı, 6 milyon m ² ayna, 1 milyon m ² lamine cam, 1.7 milyon m ² temperli cam, 850 bin m ² kaplamalı cam.
Diğer İşlenmiş (Emniyet Camı) Üreticileri	Muhtelif	Emniyet Camları	V.Y.	V.Y.	V.Y.
Schott-Orim	Bolu	Emniyet Camları	%50	450	V.Y.
Diğer Isıcam Üreticileri	Muhtelif	Isıcam	V.Y.	V.Y.	V.Y.
Koyunlu Ayna	Ankara	Ayna	V.Y.	V.Y.	V.Y.
Cam Ambalaj					
Anadolu Cam		Şişe, kavanoz, gıda kapları...		1.826	545.000 Ton/Yıl
Marmara Cam	Kırklareli	Şişe, kavanoz, gıda kapları...		200	15.000 Ton/Yıl
Cam Ev Eşyası					

Paşabahçe Cam		Otomatik Cam Ev Eşyası	% 0.588	2.419	315.000 Ton/Yıl
Denizli Cam	Denizli	El Üretimi Cam Ev Eşyası	V.Y.	744	10.000 Ton/Yıl
Koncam	Konya	El Üretimi Cam Ev Eşyası	V.Y.	496	4.500 Ton/Yıl
Güral	Kütahya	El Üretimi Cam Ev Eşyası	V.Y.	200	14.000 Ton/Yıl
Toprak Cam	Bilecik	V.Y.	V.Y.	-	4.000 Ton/Yıl
Netcam	Kırklareli	V.Y	V.Y	-	V.Y
Arda Cam	İstanbul	V.Y	V.Y	30	V.Y
Akcam	İstanbul	V.Y	V.Y	20	V.Y
Cam Elyafı, Cam/Kaya Yünü					
Cam Elyaf	Kocaeli	Cam Yünü	V.Y	790	66.000 Ton/Yıl
İzocam	Kocaeli	Cam ve Kaya Yünü	V.Y	393	30 bin Ton/Yıl Cam Yünü, 25.000 Ton/Yıl Kaya Yünü
İzotoprak	Kocaeli	Cam ve Kaya Yünü	V.Y	V.Y	11.000 Ton/Yıl

Kaynak: Devlet Planlama Teşkilatı, **9. Kalkınma Planı**, “Taş ve Toprağa Dayalı Sanayiler Özel İhtisas Komisyonu Raporu”, Cilt 1, Ankara, 2008

Türkiye’de cam sektöründe üretimin büyük kısmını Şişecam-Paşabahçe grubu gerçekleştirmektedir. 2005 yılı verileri dikkate alındığında Şişecam bünyesindeki Trakya Cam Sanayisi düzcam üretiminde, gerek istihdam gücü, gerekse üretim kapasitesi ve çeşitliliği bakımından Pazar lideri olduğu görülmektedir.

Şüphesiz, Trakya Cam Sanayisi’nin rakiplerine bu denli üstünlük kurmasının başlıca sebepleri, modern üretim teknolojilerini kullanması ve İş Bankası gibi Türkiye’nin en büyük finans gücünün desteğine her zaman sahip oluşudur.

4. DÜZCAMLARDA ÜRETİM ÇEŞİTLENDİRMESİ

Düzcamların ilk akla gelen kullanım biçimi, renksiz ve saydam şekilde kullanımıdır. Yakın yıllara kadar bu tarz içinde kullanımı öne çıkmıştır. Kullanım istemi de bu yönde oluşmuştur. Ancak zaman içinde toplumsal ihtiyacın sade cam temini anlamında büyük ölçüde karşılanmış olması gerçeği başta olmak üzere, düzcam pazarının daralma karlılıkta düşüşün ortaya çıkma olasılığının belirmesi üretici firmaları yeni arayışlara itmiştir. Bilişim, otomotiv ve inşaat teknolojilerindeki baş döndürücü gelişmeler de bu arayışları yaratılan yeni ürün çeşitleri ile taçlandırmıştır.

Cama kazandırılan yeni özellikler ve değerler, doğrudan cam harmanına yapılan katkılarla, şekillendirme sonrasında gerçekleştirilen ısıl işlemlerle ve yine şekillendirme süreci içinde veya sonrasında uygulanan yüzey işlemleriyle sağlanmıştır.

4.1. RENKSİZ CAMLAR

Merdaneleme, Fourcalt, Pittsburgh ve Float yöntemleriyle üretilmiş camlar, özel olarak harman katkısıyla ya da yüzey kaplamalarıyla kaplanmamışsa, renksiz camlardır. Aslında bu camların tümüyle renksiz olduğu da söylenemez. Özellikle cam plakaya kalınlığı boyunca bakıldığında, cam kalınlığına bağlı olarak farklı koyulukta yeşilden maviye değişen bir renk varlığı göze çarpar. Oysa cama bir yüzeyden bakıldığında aynı renklenme dikkati bile çekmez. Bu nedenle bu camlar “renksiz cam” olarak bilinirler. Camdaki bu hafif renklenme, camın ana hammaddesi olan kumdan gelen ve pratik anlamda giderilmesi mümkün olmayıp yalnızca belirli düzeyin altında cama girmesine izin verilen demir oksit (Fe_2O_3) gibi renk öğelerinin yarattığı bir oluşumdur. Adları belirtilen bütün cam çeşitlerinde bu hafif renklenme vardır.¹⁹ Bütün bu camların sahip oldukları fiziksel özellikler onların kullanımları bakımından istenen temel özellikler durumundadır.

¹⁹ Pfaender, s.64.

Tablo 6
Normal Düzcamların Fiziksel Özellikleri

Fiziksel Özellikler	Sayısal Değer
Cam Yoğunluğu	2,5 g/cm ³
Doğrusal Isıl Genleşme Katsayısı	8,5–9,5*10 ⁻⁶ /°K
Isıl İletkenlik(k- değeri), 5mm kalınlık için	5,6 w/m ² *°K
Esneklik Katsayısı	≈7*10 ⁴ N/mm ²
Eğilme Dayanımı	≈30 N/mm ²
Özgül Elektrik Direnci	10 ¹² –10 ¹³ Ω*cm
0,36 ve 0,25 μm dalga boyu arasındaki ışık geçirgenliği, 4 mm kalınlığındaki cam için	≈%75–90
Cam Dönüşüm Sıcaklığı	525°C–545°C
Yumuşama Noktası	710°C–735°C
Çalışma (İşleme) Noktası	1015°C–1045°C

Kaynak1: Heinz G. Pfaender, **Schott Guide To Glass**, Mainz: Chapman&Hall, 1996, s.64.

4.1.1. EMPRİME VE BUZLU CAMLAR

Bu camlar yatay olarak akıtılmakta olan yumuşak cam hamurunun, çift merdane arasından çekilip haddelenmesiyle üretilir. Bu tarz üretimde alttaki merdane düz yüzeyli iken üstte dönen merdane desenli bir yüzeye sahiptir. Cam çekişi sırasında bu desenler camın üst yüzeyine işlenmektedir. Böylece bir yüzeyi düz, öteki yüzeyi desenli olan camlar elde edilmektedir. Haddelenenin yapıldığı merdaneler arasına uygun derinlikte çelik tel örgünün de cama girmesi sağlandığında telli emprime camlar üretilmektedir.

Emprime camlar, büyük otel ve işyerlerinde, iç mekânları birbirinden ayırmak için kullanılmaktadır. Üzerindeki desenler camdan geçen ışık ışınlarını dağıtarak cam arkasındaki cisimlerin görülmesini engeller. Böylece bölmeler arasında özellik ve görüntü gizliliği sağlanmış olur.²⁰

Telli emprime camlar ise, yine bina içlerinde ve özellikle bölmeler arasında yangın alevlerinin yayılmasını geciktirmek düşüncesiyle kullanılmaktadır. İç bölümleri ayıran telli camlar, yaygın alevleriyle karşılaştığında, alevlerin etkisiyle şok geçirir ve çatlarlar. Ancak çatlayan parçalar, örgü halindeki çelik tellere sağlam şekilde tutunduklarından, yerlerinden çıkıp düşmezler ya da az bir kısmı düşse bile kalanlar alevle yüz yüze gelmeye devam ederler. Böylece alev geçişleri yavaşlar ve yangının yayılması geciktirilmiş olur.²¹

²⁰ Pfaender, s.53-54.

²¹ Şişecam, **Cam Yapı elemanları Katalogu**, İstanbul, 1999, s.23-24.

4.2. HARMANDAN RENKLENDİRME

Geleneksel düzcamların kompozisyonuna, uygun katkıları eklendiğinde istenen renkte düzcamlar elde edilmektedir. Bronz, yeşil, mavi, fume... Gibi renklerdeki düzcamlar, gelen ışığın bir kısmının geçişine izin vererek güneş ışığından kontrollü yararlanmayı sağlamaktadır. Bu denetimde, cam kalınlığının yanında renk verici katkı yüzdesi ve ışık soğuma özelliği gibi etkenler kapalı bölüme giren ışık miktarını belirlemektedir.

4.3. İŞLENMİŞ CAMLAR

Üretim sürecinden sonra hiçbir işlemle geçirilmeden kullanılan tek başlarına önemli bir işlevi yerine getiriyorlar. Ancak iklimsel koruma ve daha fazla dayanıklılık ihtiyacı, camların ikincil işlemle geçirilmesini gerektirmektedir. Bunlar, temperleme ve yüzey kaplama işlemleridir.

4.3.1. TEMPERLEME İŞLEMLERİ

Temperleme işlemi, cama ısı yolla ön gerilim kazandırarak onun mekanik dayanıklılığını artırma işlemidir. Otomobil camları ile mimari düzcamlarda en çok uygulanan yöntemdir.

Temperleme işlemi cam dönüşüm sıcaklığı üstündeki bir sıcaklığa kadar ısıtılan bir camın yüzeylerine soğuk ve basınçlı bir hava üflenerek hızlı soğuma sağlanırsa, normal sıcaklık koşullarında camın aynı derecede dayanıklı hale geldiği görülür. Bu işlem temperleme ya da toklaştırma işlemidir. Toklaştırma ile camın dayanıklılığı, en az 4-5 veya daha fazla kat artırılmış olur.²²

²² Ömer Karabulut, **Camların Mekanik Dayanıklılığı**, İstanbul: Şişecam İç Raporu, 1991, s.56-57

Temperleme ile ön gerilim kazandırılmış olan cam, dış kuvvetlerin etkisine karşı büyük bir direnç göstermektedir. Ancak etki eden kuvvet, camın dayanma sınırını aştığında cam, ufak parçalara ayrılarak dağılmaktadır.

4.4. YÜZEY İŞLEMLERİ İLE CAM İŞLEVİNİN ARTIRILMASI

Düzcamda istenen en iyi optik kaliteye Float camlarda ulaşılmasına karşın, gelişen inşaat teknolojilerinin ve mimari ihtiyaçların talebe dönüşmesiyle düzcamlara yeni yöntemlerle yeni değerler kazandırılması kaçınılmaz duruma gelmiştir. Sıcak bölgelerde ya sıcakları, soğuk bölgelerde de kış soğukları giderek daha çok şiddetli geçmektedir. Üstelik enerji kaynaklarındaki kısıtlılık ve gittikçe yükselen fiyatlar, düzcamlardaki ısı kayıplarının alınacak teknolojik önlemlerle azaltılması yoluyla tasarrufa gidilmesini tek seçenek olarak önümüze koymuştu

4.5. YÜZEY İŞLEMLERİ (Kaplama)

Renksiz düzcamlarda bir yüzeydeki yansımaya yaklaşık %4tür. Her iki yüzey dikkate alındığında yansımaya %8 e ulaşmaktadır. Güneş kontrolünde harmandan renklendirilmiş camlar yeter olmadığından, yüzey işlemleriyle yansıtıcılığın artırılmasından da yararlanılmaktadır.

Yüzey işlemleri ise farklı şekillerde uygulanmaktadır. Bu uygulamalar, düz float camlara hat üstünde ve hat dışı birimlerde yapılmaktadır.

Hat üstü kaplamalar, üretim süreci içinde, oksijensiz ortam olan kalay banyosunda, püskürtmeli kaplamalar ise kalay banyosu sonrasındaki uygun sıcaklık aralığında uygulanmaktadır.

Kalay banyosun çıkışına yakın bölgede gerçekleştirilen kaplama işleminde, henüz sıcak olan cam şerit üzerine Si^{-4} kaynağı olarak silan gazı gönderilmektedir. Gazın içindeki silikon atomları, camın üst yüzeyine birikerek öngörülen kalınlıklarda bir silikon katmanının oluşmasına neden olmaktadır.

Bu tür kaplamalar, düzcam yüzeyindeki yansımayı %60 değerine kadar artırırken ışık geçirgenliğini de önemli ölçüde düşürmektedir (yaklaşık % 35 değerine kadar). Yansıtıcılığın yüksek olduğu bu camlar spektra float cam olarak adlandırılır. Spektra float camlar, yansıtıcılığının yüksek oluşu dolayısıyla ayna işlevi görmekte ve bina iç bölmelerinin gizliliği sağlayacak şekilde ayrılmasında kullanılmaktadır. Yine bu camlar, bronz cam görünüşü yüzünden dekoratif bir işlevi de yerine getirmektedir.

Float cam üretim hattında gerçekleştirilen bir başka kaplama çeşidi ise hat üstü püskürtmeli kaplamadır. Bu yöntemle yapılan kaplamalar sert kaplamalar olarak bilinmekte ve yansıtıcı güneş kontrol camı olarak kullanılmaktadır.

Püskürtmeli kaplamalar, kalay banyosundan çıkan cam şeridi genişliğine hazırlanmış olan haznedeki çeşitli oksitlerin püskürtülmesiyle uygulanmaktadır. Henüz yumuşak olan cam yüzeyine bir miktar nüfuz eden oksitler, cam yüzeyine yakın ince bir katman içine gömülerek dış ortamdan gelen etkenlerde çok az etkileşmesi sağlanmaktadır. Püskürtmeli kaplamaların set kaplama oluşu bu nedendir.

Püskürtmeli kaplamaların fiziksel ve kimyasal dayanımları diğer çeşitlerin birçoğundan daha fazladır.

Yansıtıcılık özelliği, kaplamalı yüzeyde daha yüksektir ve bu özelliği dolayısıyla ışığın güçlü olduğu taraftan bakıldığında kuvvetli ayna etkisi görülür. Dolayısıyla gündüz dışarıdan içeriye bakıldığında içerisi, gece ise içeriden dışarıya bakıldığında dışarıyı görülmez.

Kaplamalı yüzey dışta ise yansıma, içte ise renk ögesi öne çıkmaktadır.

Püskürtmeli kapamalı camlar, giydirme cepmeli binalarda kolon, kiriş gibi cam dışı bina elemanlarının gizlenmesinde kullanılmaktadır.

Hat üstü kaplamalar, sıcak cam üzerine uygulandığı için sıcak kaplamalar olarak da adlandırılırlar.²³

4.5.1. Hat Dışı Yüzey İşlemleri

Hat dışı işlemler, üretim hattı dışında kurulu ve bu amaçla donatılmış endüstriyel kuruluş ve birimlerde yapılmaktadır. Hat dışı işlemler, hat üstü işlemlerde olduğu gibi, güneş kontrol ve ısı koruyucu amaçlı yüzey kaplamalı ile güvenlik amaçlı temperleme ve laminasyon işlemleri bu kapsamda düşünülebilir. Ancak temperleme ve laminasyon işlemleri, yüzey kaplamaları dışında kaldığından, ayrı bir başlık altında ele alınacaktır.

4.5.2. Low-E Kaplamaları

Hat üstü kaplamalarda olduğu gibi hat dışı kaplamalarda da ısı yansıtıcı veya düşük enerji salımlı (Low-E) camlar üretilmektedir. Ancak hat dışı püskürtmeli kaplama yöntemi ile üretilen kaplamalar yumuşak kaplamalardır. Bu özellik, ısı yalıtımı pencere sistemlerinin yapımı sırasında dikkate alınması gereken önemli bir özelliktir.

²³Şişecam, **Cam Yapı Elemanları Kataloğu**, 1. Basım, İstanbul: Şişecam Yayınları, 1999, s.10.

Low-E camları, enerji kontrol amacını en ileri düzeyde gerçekleştiren camlar olarak bilinmektedir. Bu kısma bu bölümün sonuna doğru tekrar değineceğiz. Önceliği Low-E camlarına verelim.²⁴

4.5.2.1. Püskürtmeli Low-E Camların Üretimi

Bu ürünler, daha önce de değinildiği gibi, hat üstünde float camın soğuması sırasında üretilmektedir. Sıvı-metal karışımları ya da toz metaller doğrudan sıcak cam şerit üstüne püskürtülmektedir. Böylece cam gittikçe soğurken birkaç yüz Å derinliğe girmiş olan metal parçacıkları camın içine ve yüzeye çok yakın bir katmana yerleşerek camın yapısına girmektedir. Bu yolla cam yüzeyi tok ve dayanıklı bir duruma gelmektedir. Bu nedenle, başlangıçta sağlanan bu fiziksel ve kimyasal dayanıklılık, camın daha sonra deformasyon sıcaklığı yakınlarına kadar ısıtılmasına ve camın bükülüp bombeli duruma getirilmesiyle ısı temperleme ile sertleştirilerek daha çok dayanıklılık kazanmasına olanak vermektedir.

Püskürtmeli Low-E camın olumsuz yanı ise, bu camın performansının, sputtering yöntemi ile üretilen Low-E camından çok daha düşük olmasıdır. Daha kalın kaplamalarla performans artışı düşünülse bile, sputtering üretilen Low-E camların yarısına yakın bir performans kazandırabilmektedir. Ayrıca bu işlem sırasında, cam yüzeyinde görünüşü etkileyen dalgalanmalar ve sis öbekleri oluşumu gibi istenmeyen durumlar meydana gelmektedir.

4.5.2.2. Sputter İşlemiyle Low-E Camı Üretimi

Genellikle hat dışı tesislerde yapılan bir üretim türüdür. Vakumlanmış ortamda yapılmaktadır. Farklı iki uygulama biçimi bulunmaktadır: Düşey yüklemeli fırın işlemi ve yatay kaplama yöntemi.

²⁴ Hans Joachim, Glaser, **Glasstech Berishte**, "Solar Control Glass", Baskı 9, Hamburg: Elsevier Scientific Publishing Company, 1990, s.266.

Sputtering uygulaması, özü itibariyle, düşük enerji salımıyla iş gören ana katman, bu yöntemde oluşturulmuş olan saf gümüş katmanıdır. Gümüş katmanı, cam yüzeyinde çıplak olarak bırakılmak yerine, metal oksit katmanları arasında sıkıştırılmaktadır. Metal oksit katmanlar, adeta renk, saydamlık ve kaplamanın ışık geçirgenliğini artıran girişim tabakaları gibi davranan gümüş katmanına koruyuculuk sağlarlar.

Düşey yüklemeli fırın işleminde, istenen boyutlarda kesilmiş olan camlar, düşey olarak özel raflara yığıldıktan sonra büyük bir vakumlu fırına sürülürler. Bundan sonra fırının iç basıncı büyük ölçüde düşürülür. Kaplanacak metaller, elektrikle yüklü çubuklar şeklinde ve uzunlamasına yerleştirilirler. Bu çubuklar katotlar olarak adlandırılır. Bu katotlar, fırın odacığı içine düşey olarak monte edilir ve cam yüzeyi boyunca ileri geri hareketler yapar. Sputtering için gereken gaz karışımını sağlamak amacıyla fırın ocağındaki atmosfer gazları tamamen yok edilmez; odacıkta çok az miktarda atmosfer gazları bırakılır. Elektrik alanın etkisiyle iyonlaşan soy gazlar metal katoda çarparak ondan küçük parçacıkları koparırılır. Bu parçacıklar, katottan ayrıldıktan sonra cam yüzeyine ulaşır ve orada birikmeye başlarlar. İstenen kalınlığı elde edinceye kadar işleme devam edilir.

4.5.2.4. Yarı Devamlı Vakum Sputtering

Yatay uygulaması ise düşey sputtering ile büyük ölçüde benzerlik taşımaktadır. Yani elektrikle yüklü çubuk bu uygulamada da var. En büyük fark, kaplanacak camların bir merdaneli şerit üzerinde yatay olarak hareket etmesidir.

Kaplanacak camlar, merdaneli şeritle fırın ocağına ulaştığında, hemen odacığın gaz basıncı istenen düzeye düşürülür. Kaplama malzemesinden oluşan katot çubuğu yatay konumda ve cam yüzeyinin hemen üstüne yerleştirilmiş durumdadır. Camlar katodun altında hareket ederlerken sabit katottan kopartılan metal parçacıkları elektrik alanın etkisinde camın üzerinde birikerek kaplamayı meydana getirirler.

4.5.3. Sputter Kaplamanın Özellikleri ve Üstünlükleri

Vakum Sputter yöntemi, kaplama dünyasına çok çeşitli olanaklar sunmaktadır. Çünkü geniş bir aralıkta yer alan metaller bu yöntemle kaplanabilmektedir. Yine yöntem, çok farklı metallerin çeşitli katmanların oluşumuna ve değişik kalınlıkta katmanların yapılmasına izin vermektedir. Renk ve saydamlık bakımından bakıldığında da Sputter kaplamalar püskürtmeli kaplamalardan çok daha üstün bir öneme sahiptir. Hat dışı kaplamaya olanak vermesi dolayısıyla yeni ürünlerin geliştirilmesi hat dışı sputtering uygulamasıyla daha kolay hale gelmiştir.²⁵

4.5.4. İşlenmiş Camların Başlıca Performans Ölçümleri ve Karşılaştırmalar

Yüzey işleme görmüş camların kullanım amacına uygunluğunun en temel ölçümlerinden biri ısı iletim katsayısı (U) ile ısı salım değeri (Emissivite) ve bunların arasındaki ilişkidir.

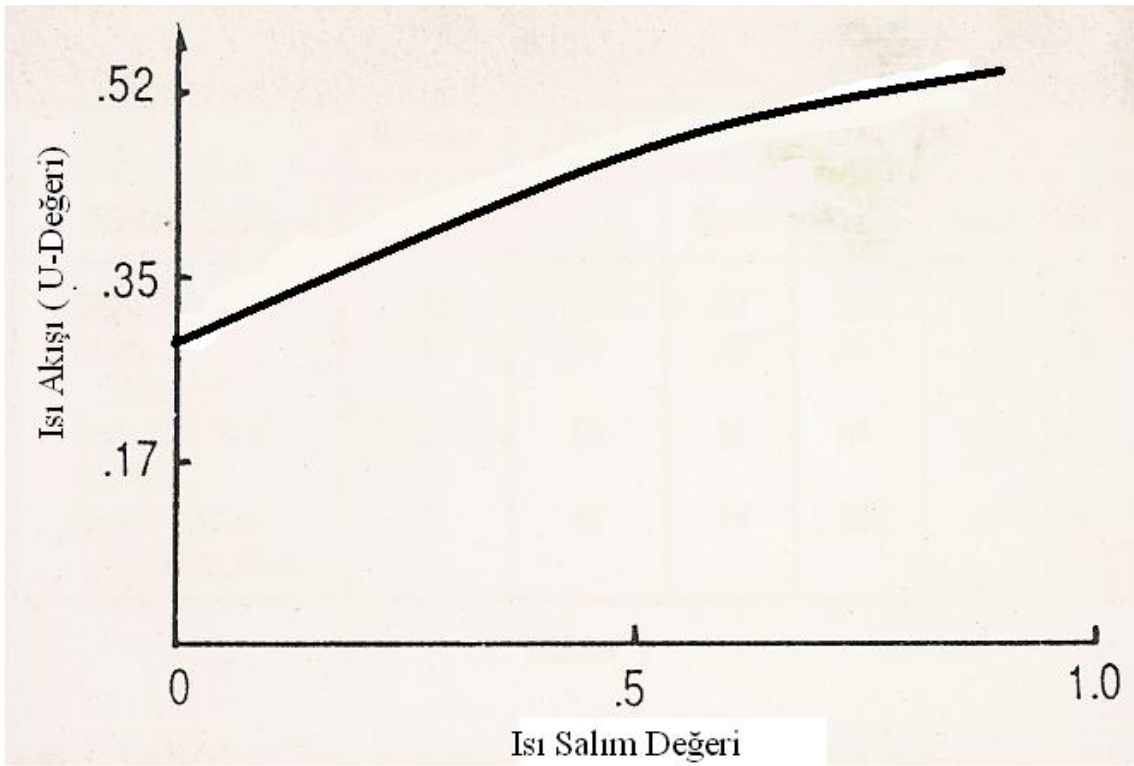
Isı iletim katsayısı, 1 saatlik sürede, iç ve dış ortam arasında 1 birimlik sıcaklık farkı yaratacak şekilde bir birimlik yüzeyden geçen enerji miktarıdır. Benzer terimlerle ifade edilecek olursa, U değeri, pencerenin ısı kayıp özelliğini gösteren sayısal bir ölçüttür. U değerinin küçük oluşu, camın yalıtım performansının daha iyi olduğunu gösterir.

Dışarıya enerji yayan bir kaynağın emittansı, kaynağın birim yüzeyden yaydığı enerjinin, aynı sıcaklık ve koşullardaki kara cismin saldığı enerjiye oranıdır. Emissivite ise, bir nesnenin ısı soğurma ya da yansıtma yeteneği olarak tanımlanmaktadır. Kuramsal olarak hiçbir dalga boyunda ısı yansıtmadığı ve gelen bütün ısının tamamını

²⁵ Noel Valdes, **Glass Digest**, "How Much Do You Now About, Low-E", New York: Ashlee Publishing Company, Şubat, 1987, s.96-97.

soğuran ve daha sonra yalnızca emdiği bu ısıyı dışarı salan bir kara cismin (küre şeklinde) emissivitesi 1,0 olarak kabul edilir.

Normal renksiz bir düzcamın emissivitesi 0,35–0,50 arasında değişmektedir. Sputtering yöntemiyle kaplanmış camları ise 0,08–0,15 arasındadır. Düşük değerli emissivitenin yine düşük değerli U değerleri ile doğrudan ilişkili olduğu dikkat çekici bir durumdur.(Şekil 5: Isı Akışı Değeri ile Isı Salım Değeri Arasındaki ilişki)



Şekil 5: Isı Akışı Değeri ile Isı Salım Değeri Arasındaki İlişki

Kaynak: Noel Valdes, **Glass Digest**, “How Much Do You Now About, Low-E”, New York: Ashlee Publishing Company, Şubat, 1987, s.98.

Birden fazla camın kullanıldığı pencere sistemlerinde, tek tek camların performans değerleri yerine, uygun değer performans olarak, sistemden geçen toplam enerji ile ölçülen en düşük U değerinin bilinmesi daha önemlidir.

Pencere sisteminden geçen enerji kazancı ve kaybı düşüncesi bir enerji dengesinin kurulmasına izin vermektedir. Bu durumu gösteren matematik ifade $U_{eş}=U_F-R_F*g$ şeklindedir.

Bu düşünüş üzerinden elde edilen çeşitli pencere tiplerinin $U_{eş}$ değerleri tabloda gösterilmektedir.

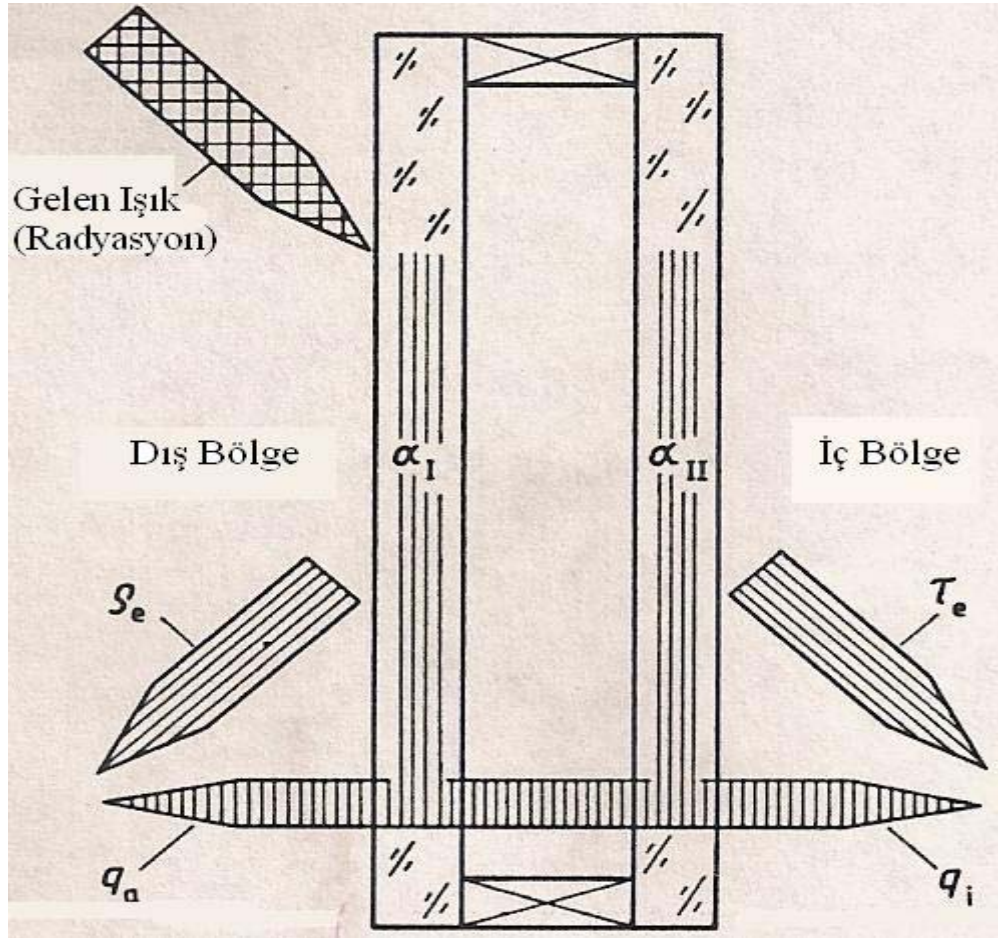
4.5.5. Güneş Kontrol Camları

Buraya kadar açıklanan yöntemlerle cam yüzeyinin kaplanmasıyla güneş enerjisinin bir kısmının yansıtılması ya da harmandan renklendirilmiş camlarla gelen güneş enerjisinin önemli bir bölümünün camda soğurularak tutulması ve bu yolla iç mekâna daha az enerji girişinin sağlanması gerçekleştirilmektedir. Alınan önlemlerle bina iç bölümlerinde nispi bir konfor elde edilmektedir. Kuşku yok ki, tek camlarda ulaşılan başarı oranı daha düşüktür. Ancak hem güneş kontrol camlarının hem de Low-E camların birleşimi, yani ortak etki sağlayacak bileşik yapı birimi içinde kullanılmasıyla, orta iklim bölgelerinde yazın fazla gelen güneş ışınlarının rahatsız edici etkisinden korunurken kışın hem güneşten hem de diğer kaynaklardan alınan enerjinin Low-E cam üzerinde bina içine geri yansıtılmasıyla önemli miktarda enerji tasarrufu sağlanmaktadır.²⁶

Bu mekanizmalar şekiller ve sırasıyla açıklanmaktadır. Güneş kontrol camları, genellikle iki ya da üç plakanın bir çerçevede birleştirilmesiyle uygulanmaktadır.(Şekil 6: Çift Camın Radyasyon Davranışı) Burada görünür güneş ışığı (dalga boyu 1300–2500 nm arasında değişiyor) dışarıdaki ilk cam plaka bir kısmı yansırken, bir kısmı da camda soğurulmakta, ancak kalan kısmı ikinci cam plakaya ulaşmaktadır. Orada da

²⁶ Glaser, s.266.

benzer olaylar tekrarlandıktan sonra başlangıçta pencereye gelen, ışığın çok az kısmı bina içine girebilmektedir. Toplam geçirgenlik (g) cam yüzeyini etkileyen toplam enerjinin içeri giren yüzdesidir. Toplam geçirgenlik, bu anlamda doğrudan geçirgenlikle (T_e) cam bünyesinde soğrulan enerjinin içeriye soğuyan bölümün toplamına eşittir. Güneş ışığının bina içlerinde rahatsızlık vermesi bu yolla engellenmektedir.



Şekil 6: Çift Camın Radyasyon Davranışı

Kaynak: Hans Joachim, Glaser, *Glasstech Berishte*, "Solar Control Glass", Baskı 9, Hamburg: Elsevier Scientific Publishing Company, 1990, s.267.

Düzcamdaki kaplama çeşitliliği ve bunların her birinin taşıdığı farklı özellikler, bunlar arasındaki birleşik seçeneklerini de artırmaktadır.²⁷

4.5.6. Güneş Kontrol Amaçlı Kaplamalar

Harmandan renklendirilmiş camların güneş kontrol amaçlı olarak kullanımı, düzcamların kullanımına koşut bir geçmişe dayanmaktadır. Günümüzde de güneş kontrolünün en etkin bileşenlerinden biri harmandan renkli camlardır. 1960lar'da başlayıp da günümüzde kökleşmiş ve yaygın bir uygulama haline gelmiş olan yüzeyi kaplanmış camlar, renkli camlarla birlikte daha etkin kontrol sağlayan sistemleri oluşturmaktadır. Bu tür kaplamalar:

- Dışarıdan bakıldığında aynı rengin elde edilmesinde tekrarlanabilirlik,
- Rengin sürekli denetim altında tutulabilirliği,
- Geçen yıllara karşı eskime direnci ve
- 3,20 metre ile 6 metre arasındaki her boyuttaki cam üretimine yanıt veren bir ekonomik uygulanabilirlik gibi üstünlüklere sahiptir.²⁸

Ayrıca anlamda renk görünümlerinin sağlanması da önemlidir. Örneğin, yüzeyi kaplanmış camların mimari alanlarda en yaygın şekilde kullanıldığı Avrupa'da, güneş kontrol camlarının, bina dışı ortamı nötr ya da mavi renkte gösterdiği ve görünümün genel bir kabul gördüğü bilinmektedir. Altın sarısı, gri ve bronz görümlü renkler çok daha az istenmektedir. Yeşil renkli kaplamalar ise ara sıra görülmektedir.

²⁷ Glaser, s.271.

²⁸ Glaser, s.268.

4.5.6.1. Kaplamaların Yapısı

Güneş kontrol amaçlı kaplamalar, esas olarak aşağıdaki yapı, malzeme ve katmanlara dayalı olarak üretilmektedir.

4.5.6.2. Yalınkat Dielektrik Kaplamalar

Bu tarz kaplamalar genellikle metal-okсит kaplamalardır. Kaplama malzemeleri titanyum oksit (TiO_2), paladyum katkılı titanyum oksit ile demir, kobalt ve nikelin karışık oksitleridir. Bunlar cam yüzeyine tek katman olarak kaplandığında, titanyum oksidin tek başına yansımayı, diğer oksitlerin ise yansıma artışına ek olarak soğurmayı da yükselttiği saptanmıştır.

Yalnızca yansımanın baskın olarak görüldüğü titanyum oksit kaplamalarında, kırılma indisi $n=2,3-2,5$ arasında değişmektedir. Yansıma ile birlikte soğurmanın da baskın olarak öne çıktığı çok oksitli yarı iletken kaplamalarda ise kırılma indisi $n=2,6$ ve soğurma katsayısı da $k=0,2-0,5$ arasında değişmektedir. Kaplamanın kalınlığı $n*d=\lambda/4$ bağıntısından hesaplanmaktadır. Burada, d kaplama kalınlığı, λ ise görünür ışığın dalga boyudur ve her iki büyüklük de nm cinsinden ifade edilebilir. Örneğin, $\lambda=53$ nm dir. Diğer oksitler için ise en az $d=60$ nm olarak elde edilmektedir.

4.5.6.3. Çok Katlı Kaplamalar

Metal kaplamaların ışık geçirgenliği, yansıma ve renk gibi optik özellikleri, bu katmanların, soğurması dielektrik katmanlarla girişim etkisi sonucu olarak ortaya çıkmaktadır. Bu amaçla kullanılan metaller altın, bazen gümüş ve bakır, nikel-krom veya paslanmaz çeliktir. Bu kaplamalar, renksiz ya da harmandan renkli camın, tercihen

iç yüzeyine uygulanır. Daha seyrek olarak iç cam plakanın dış yüzeyine uygulandığı da olur.²⁹

Metal olarak kullanılan altın, gümüş ve bakır kaplamalar seçiciliği olan (selective) kaplamalardır. Yani bu metallerle yapılan kaplamalar, güneş ışığının görünür bölgedeki dalga boylarını geçirirken, kırmızı berisi (near infrared) bölgesindeki uzun dalga boylu ışınlara karşı adeta ayna gibi davranırlar, onları buldukları ortam içinde yansıtırlar. Kaplamanın bu özelliği seçicilik olarak adlandırılmaktadır. Oysa dielektrik malzeme ile (bazı oksitler) yapılan kaplamalar aynı zamanda ısı tutucudurlar.

Çok katlı kaplamalar içinde en önemli gruplardan biri çift katmanlı kaplamalardır. Bu tür kaplamalar cam yüzeyine uygulanırken, metal malzeme altta, dielektrik malzeme katmanı üstte veya dielektrik malzeme altta, metal malzeme üstte olacak şekilde kaplanırlar. Metal katmanı olarak altın, gümüş, nikel-krom veya paslanmaz çelik, dielektrik malzeme katmanı olarak da çinko sülfür, titanyum oksit, kalay oksit ve bizmut oksit gibi malzemeler seçilmektedir.³⁰

²⁹ Glaser, 269

³⁰ Valdes, s.100.

4.6. CAMIN SAĞLAMLAŞTIRILMASI

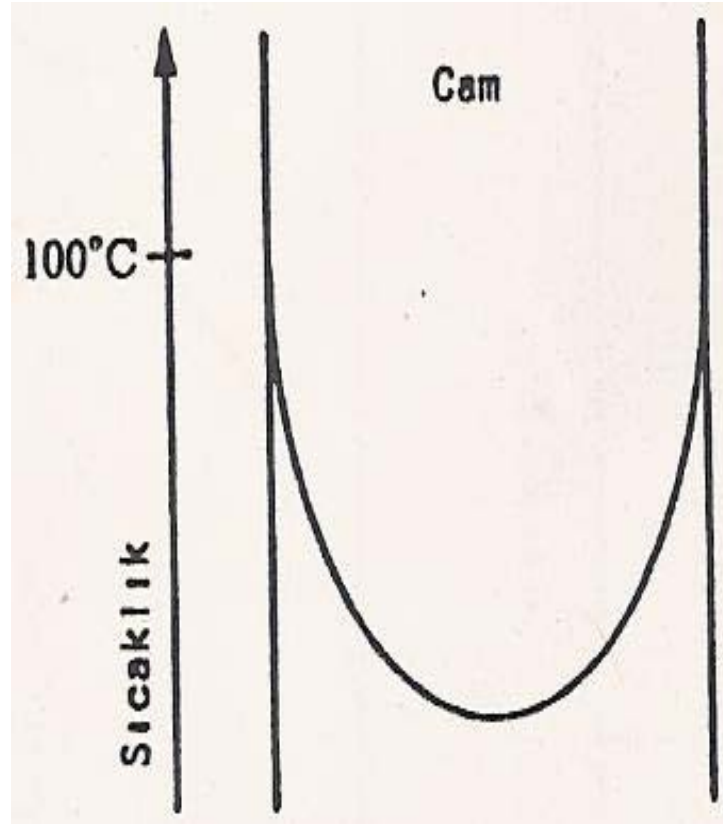
Camın ısıtılma ve soğutulması ile bunların cam üzerindeki kalıcı etkisi, camı diğer malzemelerden ayırmaktadır. Doğal olarak kullanım özellikleri ile cama kazandırılacak durum söz konusu olduğunda burada belirtilen özellikler önem taşımaktadır. Kısaca belirtmek gerekirse:

- Cam, çoğunlukla, bütün malzemeler gibi ısınırken genişir, soğurken daralır.
- Ancak cam kötü bir ısı iletkenidir. Başka bir deyimle cam, ısı iletiminde tembel bir malzemedir.

Bu iki temel özellik dikkate alınarak camın ısıtılması ve soğutulması incelendiğinde çarpıcı sonuçlarla karşılaşılır. Bu yargıya varmak için bir düzcam parçasının ısınma ve soğuma davranışını yakından görelim.

Düzcam parçasının iki yüzünü birlikte ısıtırsak sıcaklık yüzeylerde hızla yükselir. İç kısımlar ise, camın ısıl tembelliği yüzünden sıcaklık artış veya düşüşünü daha yavaş algılar. Belirli bir sıcaklık artışı sonunda camın yüzeylerindeki ve iç kısımları arasındaki sıcaklık dağılımı (Şekil 7: Isınan Cam Parçasında Sıcaklık Dağılımı) profilin ortaya çıkmasına neden olur.³¹

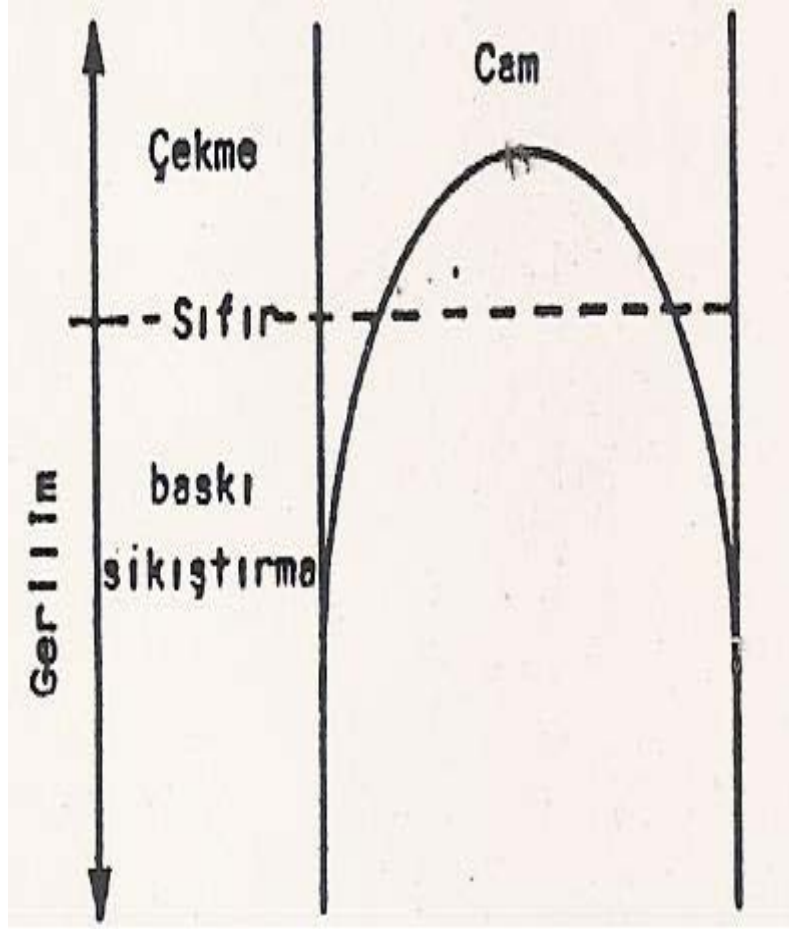
³¹ Şişecam, **Cam Teknolojisine Giriş**, İstanbul: Şişecam Yayınları, 1996, s.3-6-9.



Şekil 7: Isınan Cam Parçasında Sıcaklık Dağılımı

Kaynak: Glass Training Limited ,Glass Manufacture An Open Learning Course, England: Glass Training Limited Internal Publication, 1985, s.6.

Camın yüzey ve iç bölgeleri, bağımsız gelişme şansına sahip olsalardı, ısınma süreci sonunda dış yüzey iç bölgelerden daha çok uzardı. Ancak, camın her tarafı birbirine güçlü yapı bağları ile bağlı olduğundan düşük sıcaklıktaki iç bölgeler cam yüzeylerini zorlayarak bu yüzeylerin uzamasını engelleyecek yönde davranır. Daha yüksek sıcaklıktaki cam yüzeyleri de, sıcaklık artışına uygun olarak daha fazla uzayabilmek için iç bölgeler üzerinde baskı uygulamayı sürdürür. Bu karşılıklı etkileşmenin sonunda cam parçasının tamamında bir tür gerilim profili ortaya çıkar. Bu profil, tepe ve uç noktaların yönelişi bakımından sıcaklık profilinin tersine bir oluşumdur.

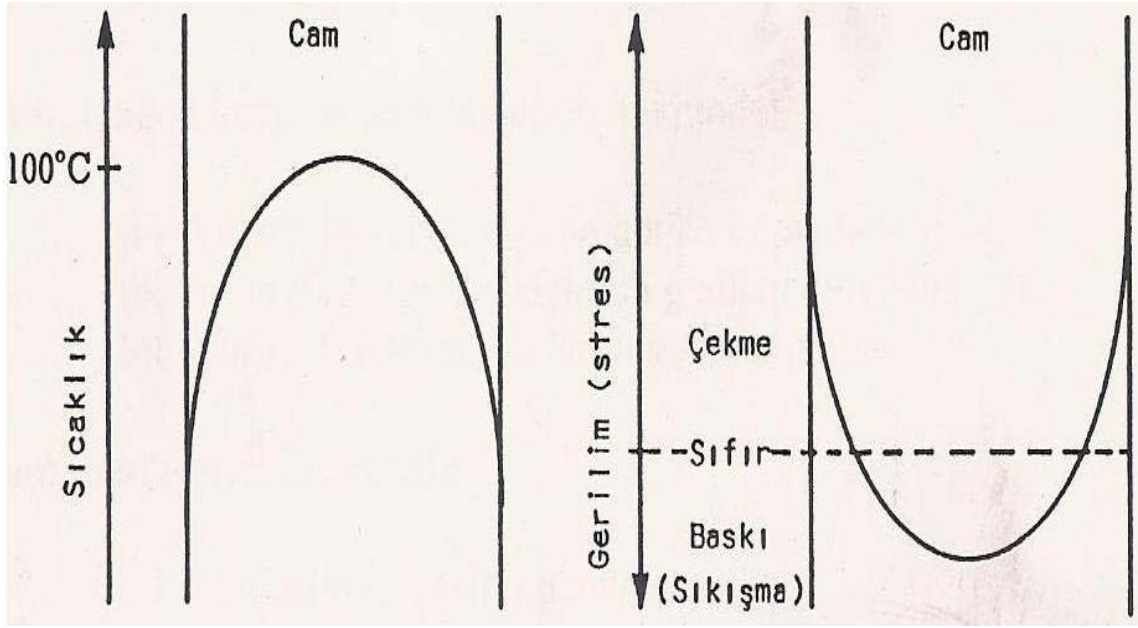


Şekil 8: Isınma Sürecinde Ortaya Çıkan Gerilim Profili

Kaynak: Glass Training Limited, **Glass Manufacture An Open Learning Course**, England: Glass Training Limited Internal Publication, 1985, s.6.

Gerilim profilinde cam yüzeyleri sıkıştırma gerilimi (kompresyon) altında iken camın iç bölgelerinde ortaya çıkan gerilim çekme veya germe gerilimi (tansiyon) şeklindedir. Her iki gerilim türünün dengede olduğu bölgeler ise sıfır gerilim çizgisi üzerinde bulunur.

Bu değişimin tersine döndüğünü düşünelim. Cam yüksek bir sıcaklıkta düşük sıcaklığa doğru soğutulurken, dış yüzeyler ve yakın molekül bölgeleri daha hızlı soğurken iç bölgeler soğumayı da daha geç algılamaları yüzünden nispeten daha sıcak kalırlar.



Şekil 9: Camın Soğuma Sürecinde Sıcaklık Dağılımı ve Gerilimler

Kaynak: Glass Training Limited, **Glass Manufacture An Open Learning Course**, England: Glass Training Limited Internal Publication, 1985, s.7.

Sıcaklığı farklı algılama ve buna bağlı olarak iç ve dış bölgeler arasındaki farklı soğuma davranışı camda yine bir gerilim profili ortaya çıkmasına neden olur. (Şekil 9: Camın Soğuma Sürecinde Sıcaklık Dağılımı ve Gerilimler) Meydana gelen sıcaklık ve gerilim profilleri, camın ısıtılmasındaki profillerin tersi yönündedir. Burada dış yüzeydeki gerilim çekme gerilimi (tansiyon), iç bölgelerdeki gerilim ise sıkıştırıcı veya baskılayıcı gerilim (kompresyon) olur.

Bu iki süreçte ortaya çıkan farklı karakterdedir. Çekme gerilimi cam moleküllerini birbirinden ayırıcı, dolayısıyla camı parçalama karakterindedir. Oysa sıkıştırıcı gerilimler, cam moleküllerini bir arada tutucu, dolayısıyla camın kırılmasını engelleyici özelliktedir. Camda zıt karakterli bu gerilimler dengede ise camın kırılması da engellenmiş olur. Bunun tersine özellikle daha hızla gerçekleştirilen soğutma, daha büyük sıcaklık farkına neden olur ve çekme ve sıkıştırma gerilmeleri arasındaki farkı hızla artırır. Bu fark, yeterince büyük olursa cam kırılabilir. Buna da ısıl şok adı verilmektedir. Burada soğutma hızına bağlı olarak cam yüzeylerinde meydana gelen

çekme gerilimi, iç kısımlardaki sıkıştırıcı gerilime baskın gelmiş ve camın kırılmasına neden olmuştur.³²

Cam yavaş hızla soğutulursa ve oda sıcaklığı yakınlarında iç ve dış bölgelerin sıcaklık dengeleri sağlanırsa, camda ortaya çıkan gelimler arasında da denge kurulur. Soğuma işlemi sonunda, camın dış ve orta bölgelerinin aynı sıcaklığa gelmesi sağlanırsa, çekme ve sıkıştırma gerilimleri de yok sayılacak bir düzeye inerler. Bu durumda camın olağan koşullar altında kırılması önlenmiş olur.

4.6.1. Camın Tavlama İşlemi

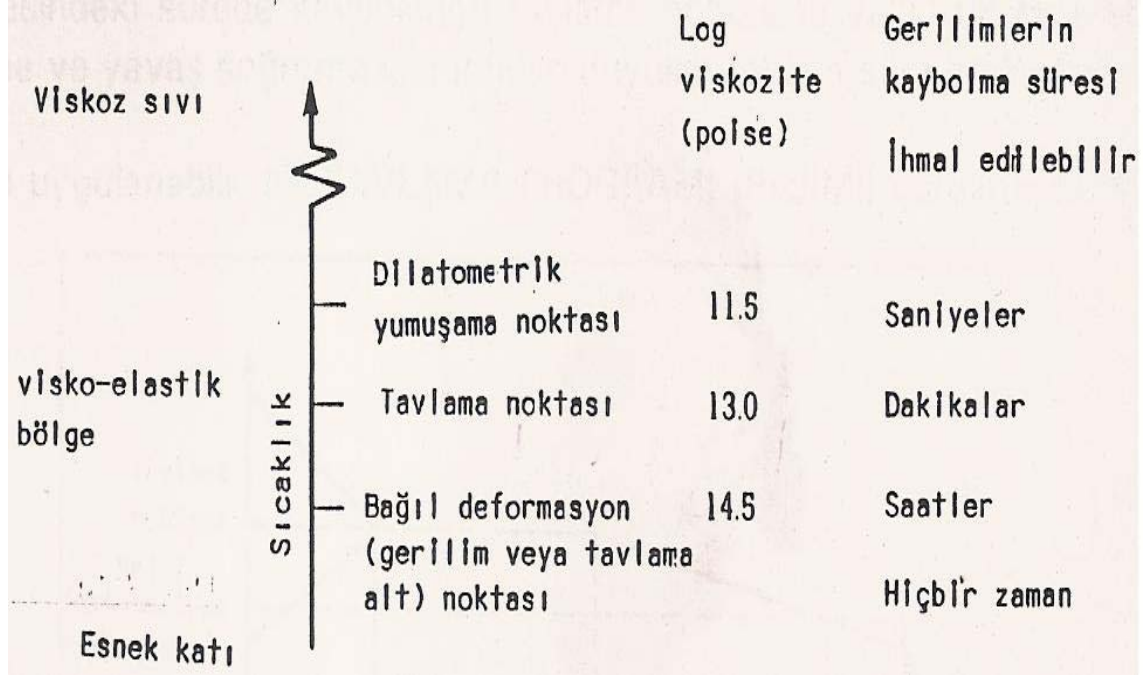
Cam üretimi, şekillendirme sonuna kadar belirli bir akış içinde gerçekleştirilen hızlı bir süreçtir. Buna bağlı olarak üretilen cam, üzerinde oluşmuş olan stresler yüzünden her an kırılma riski taşımaktadır. Bu riski yok etmenin tek yolu camı tavlamaktır.

Tavlama işlemi, camın yeniden ısıtılmasıyla başlar. Isıtma işlemi, gerilimlerin ortan kalktığı bir sıcaklığa kadar sürdürülür. Bu sıcaklık yakınlarında kısa bir süre beklenerek streslerin ortadan kalktığından emin olunduktan sonra, yeniden soğutma işlemine geçilir. Soğutmanın başladığı sıcaklık, aynı zamanda camın visko- elastik özellikte olduğu bölge içinde yer alan bir noktadır. Camın yumuşadığı daha yüksek sıcaklık bölgesi camın viskoz durumda olduğu, üzerinde kalıcı streslerin olduğu daha aşağı sıcaklık noktası ise, bağıl deformasyon noktasıdır. Bu noktanın altındaki sıcaklıklarda cam, tamamen esnek bir katıdır. (Şekil 10: Camın Çeşitli Sıcaklıklarda Davranışı)

Tavlama işleminde cam, makul bir hızla ısıtılarak tavlama noktası olarak belirlenen noktanın (+5⁰c) kadar üzerindeki bir sıcaklığa çıkarılarak orada 15 dakika kadar bekletildiğinde cam üzerindeki stresler bütünüyle yok olur. Bundan sonra sıcaklık kontrollü bir hızda soğutulur. Tavlama sıcaklığı ile bağıl deformasyon sıcaklığı

³² Cam Teknolojisine Giriş, s.55-57.

geçilinceye kadar sürecek olan ilk kademe işlemi, hesaplanacak bir hıza uygun olarak yapılır. Camın ortasındaki sıcaklığın, kuramsal olarak deformasyon sıcaklığının altına düştüğü sıcaklığa kadar bu sıcaklık rejimi korunur. Bu rejim yavaş soğutmadır.

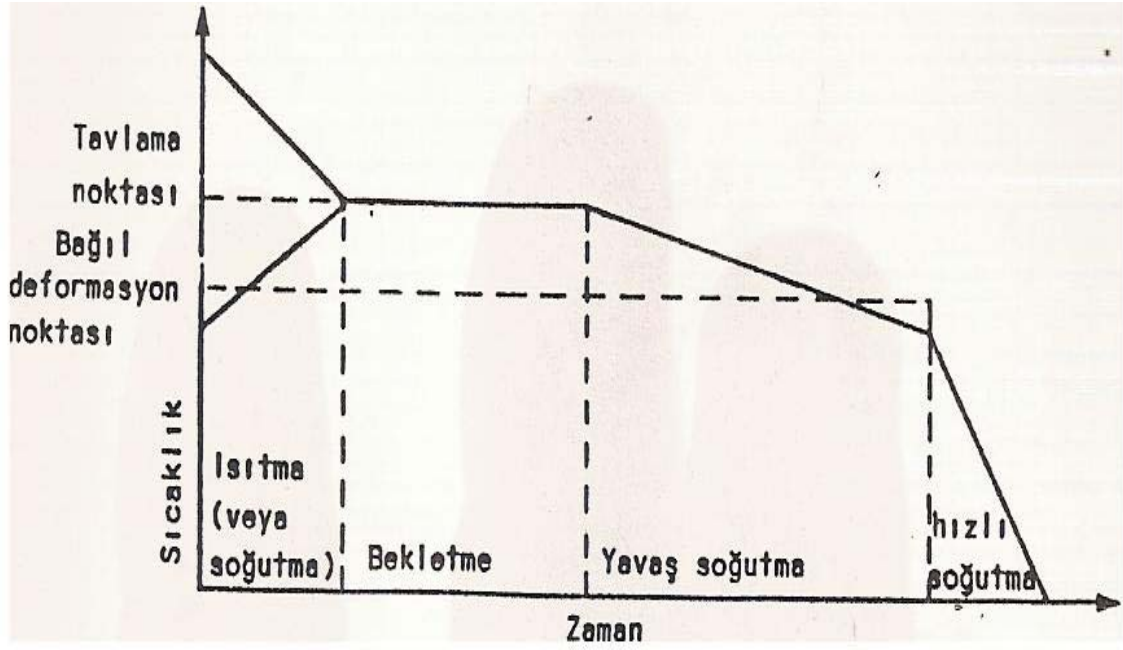


Şekil 10: Camın Çeşitli Sıcaklıklardaki Davranışı

Kaynak: Glass Training Limited ,Glass Manufacture An Open Learning Course, England: Glass Training Limited Internal Publication, 1985, s.7.

Camın soğutma sıcaklığı bağıl deformasyon sıcaklığını altına indikten sonra hızlı soğutma evresine geçilir ve soğutma hızı, yavaş soğutma hızının 10 katı kadar artırılarak yaklaşık oda sıcaklığı yakınlarına getirildiğinde tavlama işlemi sona erer.

Tavllanmış cam, koşullar değişmediği takdirde kırılma riski taşımayan camdır. Böyle bir cam güvenle kullanılabilir.



Şekil 11: Tavlama Rejimi Profili

Kaynak: Glass Training Limited, **Glass Manufacture An Open Learning Course**, England: Glass Training Limited Internal Publication, 1985, s.15.

Örnek olarak aşağıdaki özelliklere sahip bir düzcamin tavlandığını varsayalım. Tavlama rejimine ilişkin olarak hesaplanan değerler tablo * da verilmiştir.

Veriler:

Tavlama Sıcaklığı: $T_A = 556 \text{ }^\circ\text{C}$ Hız= $^\circ\text{C/dakika}$

Gerilim Noktası: $T_{st} = 512 \text{ }^\circ\text{C}$ Süre= dakika

Deformasyon Sıcaklığı: $T_d = 615 \text{ }^\circ\text{C}$

Camın Kalınlığı: d: 6 mm

Tablo 7

Bir Düzcamın Tavlanması Kullanılan Soğutma Fırınının Kritik Değerleri ve Buna Uygun Tavlama Rejimi

Isıtma ve Soğutma Bölgesi	Bekletme Bölgesi	Yavaş Soğutma Bölgesi	Hızlı Soğutma Bölgesi	Ortama Soğutma Bölgesi
(30–561 °C)	(561 °C= sabit)	(561–502 °C)	(502–452 °C)	(452–50 °C)
Isıtma	Bekleme Süresi	Soğutma	Soğutma	Soğutma
Hız Süre		Hız Süre	Hız Süre	Hız Süre
150 3	6	13 5	26 2	130 3

Kaynak 2: Şişecam, **Cam Hataları ve Camın Tavlanması**, Modül 23, İstanbul: Şişecam Yayınları, 1996, Ek.2.

4.6.2. Temperleme ile Düzcamın Sağlamlaştırılması

Düzcamda, diğer cam çeşitlerinde olduğu gibi, tavlama işleminin amacı, camdaki kalıcı gerilimlerin azaltılması ve risksiz kullanılabilir sınırları içine indirilmesidir. Oysa kalıcı gerilimlerin bulunması bazı yararlar da sağlar. Bu tür fazla gerilimler, temperleme ya da ısıtma sağlamlaştırma denen işlemle tasarımı yapılmış bir uygulama ile cama kazandırılır. Bu işlem, tavlama noktası üzerindeki bir sıcaklığa ısıtılan cam yüzeyine basınçlı soğuk hava üflenmesi ile yapılmaktadır. Sonuçta yüzeyler sıkışma (baskılayıcı) gerilim altında kalır. Buna karşılık daha yavaş soğuyan camın iç ve orta bölgelerinde çekme gerilimi (tansiyon) oluşur. Her iki gerilim türü, camı dengede tutar ve ona sağlamlık

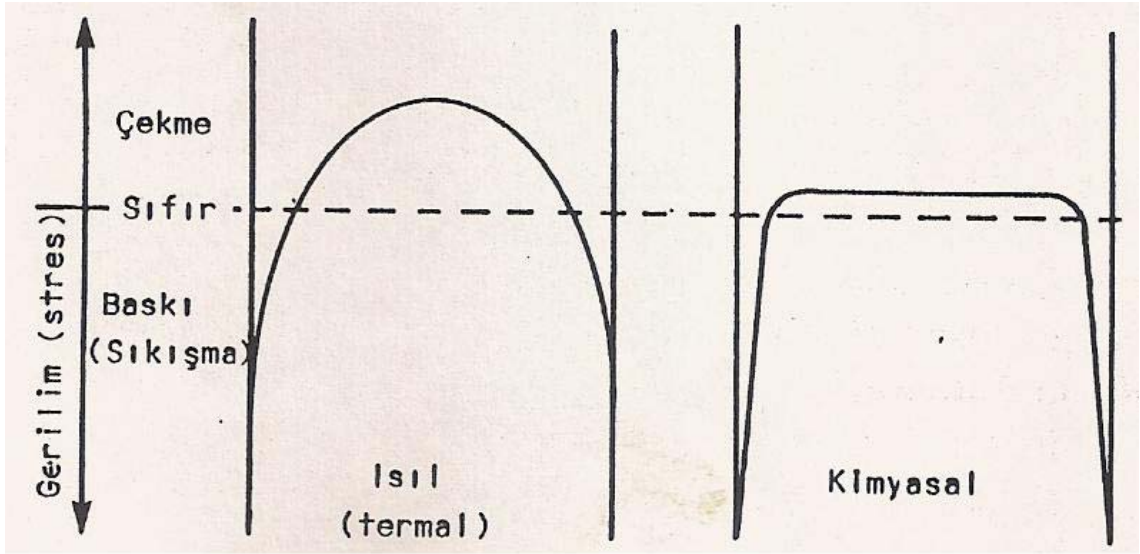
kazandırırılar. Bunun sonucu olarak temperlenmiş cam, kırılmalara karşı son derecede dayanıklı hale gelmiş olur.³³

Sağlamlaştırılmış camların en büyük kullanım alanları otomobil camlarıdır. Bunlar kırılmaya karşı dayanıklı olmalarının yanı sıra, kırıldığında da camın merkezinde toplanmış olan çekme geriliminin etkisiyle tuz buz olur, ufak parçalar halinde dağılırlar. Sağlamlaştırılmış camların diğer kullanım alanları, bazı cam kaplar, mutfak camları, sofra eşyaları ve mimari camlardır.

Ayrıca cam sağlamlaştırmanın fiziksel temperleme dışında kalan başka bir türü de kimyasal temperlemedir. Bu türde cam, eritilmiş potasyum tuzları banyosuna daldırılarak iyon değişimine uğratılır. Bu tür temperlemede oluşan sıkıştırıcı gerilimler, iyon değişiminin gerçekleştiği yüzeye yakın bölgelerde güçlü, orta kısımlardaki çekme gerilimi ise zayıftır. Sonuç olarak sıkıştırıcı (kompresif) gerilimlerin daha baskın olduğu bu camlar büyük bir dayanıklılığa sahiptir. Bu camlar daha önce uçaklarda güvenlik camları olarak kullanılmaktadır.³⁴

³³ Cam Hataları ve Camın Tavlanması, s.19.

³⁴ Hlavac, s.819.



Şekil 12: Kimyasal Olarak Sertleştirilmiş Camın Gerilim Profilleri

Kaynak: Glass Training Limited, **Glass Manufacture An Open Learning Course**, England: Glass Training Limited Internal Publication, 1985, s.19.

4.6.3. Lamine Camlar

Güvenlik camları, otomobillerde, özellikle otomobil ön camlarında düşük temperli ya da tempersiz camlarla sandviçlenmiş (lamine) olarak kullanılır. Bunun nedeni, bir çarpma ya da kaza durumunda tuz buz olan temperli camdan fırlayan küçük parçaların, aracın ön koltuklarında oturan yolcularda yaralanma ve ileriye doğru görüşü engelleme olasılığıdır. Bu riski önlemek amacıyla iki cam, aralarında PVB (poli vinil butilat) olacak şekilde ısı ve vakum altında sandviçlenerek yapılır. Elde edilen lamine cam, temperli yüzeyi dışarı gelecek şekilde aracın ön camı olarak kullanılır. Çarpma durumlarında parçalanan dış cam parçalarının aracın içine girmesi PVB tarafından engellenir. Düşük temperli ya da tempersiz iç cam uzun çatlak ya da kırıklar haline PVB ye yapışık olarak kalır.³⁵

³⁵ Pfaender, s.81.

5. TÜRKİYE CAM SANAYİSİNİN DIŞ TİCARET DURUMU VE DÜZ CAM ÜRETİM TEKNOLOJİLERİNİN SATIŞLARA ETKİSİ

5.1. TÜRK CAM SANAYİSİ'NİN DIŞ TİCARET DURUMU

Türkiye genel itibariyle gelişmekte olan bir ekonomiye sahiptir. Son dönemde, özellikle iş gücü artışı ve üretim teknolojilerinin etkin kullanımı ile birlikte, dünya cam sektöründe önde gelen ülkeler arasına girmeyi başarmıştır. Ancak bunun yanında, Türkiye'deki ekonomik şartların rakiplere göre ağırlığı özellikle Türk Cam Sanayi'sinin hızını kesen en önemli etkidir. Enerji fiyatlarının yüksekliği ve hammadde temininin yine rakiplere göre değerlendirildiğinde, zor ve pahalı oluşu sektörün en önemli sorunlarından biridir.

5.1.1. Türk Cam Sanayisi'nin İhracat Durumu

Ülke ekonomisinin ihracat ve ithalat rejimi içinde yer alan ve önemi herkesçe benimsenen kalemi, cam kesiminden elde edilen yıllık ihracat ve ithalat cirolarıdır. Cam ithalat ve ihracatını yapan firmaların, başka çeşitlerinde de alım satışları vardır. Ancak konumuz cam ürünlerinin ihracat ve ithalatı ile ilişkili ve sınırlı olduğu için yalnız bu alandaki verileri değerlendireceğiz. İlk olarak Türkiye cam sanayisi ihracatının dünya cam sanayisi ihracatındaki yerini görelim.

Tablo 8**Türkiye Cam Sanayisi İhracatının Dünya Cam Sanayisi İhracatındaki Yeri (Değer) (Bin \$)**

ÜLKE	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
ÇİN	865.972	1.166.033	1.322.216	1.814.391	2.363.083	3.417.270	4.462.665	5.625.396	7.148.551	9.069.697
ALMANYA	2.334.60	3.149.194	3.348.126	3.731.344	4.329.858	4.972.275	5.057.405	5.760.477	6.436.850	6.891.341
A.B.D	3.181.337	3.815.269	3.780.550	3.440.878	3.565.139	3.879.154	3.926.869	4.445.368	4.829.428	5.088.109
JAPONYA	2.088.117	2.711.578	2.327.892	2.414.273	2.795.984	3.458.838	3.768.890	3.950.143	4.136.110	4.683.049
FRANSA	2.851.210	2.703.139	2.606.927	2.777.679	3.124.589	3.616.538	3.464.552	3.705.605	4.245.305	4.281.094
İNGİLTERE	983.494	1.044.766	996.246	1.035.960	1.254.930	1.461.645	1.268.754	1.309.994	1.535.057	1.472.507
MEKSİKA	911.452	1.038.521	961.167	1.006.452	968.866	1.100.908	1.244.874	1.323.124	1.350.573	1.395.483
TÜRKİYE	328.370	379.775	410.675	443.738	520.303	614.566	631.492	680.145	829.217	1.016.834

Kaynak:

<http://comtrade.un.org/db/dqBasicQueryResults.aspx?cc=70&px=HS&r=156,%20251,%20276,%20392,%20484,%20792,%20842,%20826&y=1999,%202000,%202001,%202002,%202003,%202004,%202005,%202006,%202007,%202008&p=0&rg=2&so=9999&rpge=dqBasicQuery&qt=n>

Türkiye cam sanayisi 1999-2008 dönemi dikkate alındığında değer olarak dünya cam sanayisi içerisinde 8. sırada yer almaktadır. Söz konusu dönem içinde cam ürünleri ihracat değerimiz istikrarlı bir şekilde artarak, 328.370.000 \$ dan dönem sonunda 1.016.834.000 \$ seviyesine çıkmıştır. Türkiye 1999 yılında dünya pazarının yaklaşık %2,75 ine sahipken 2008 yılında küçük bir artışla pazarın %3 üne sahip olmayı başarmıştır.

Dünya cam ihracatçıları ülkeler sıralamasının bütününe dikkate aldığımızda ise Çin'in 10 yıl içerisinde büyük bir patlama yaparak sektörde önder konuma geldiğini görüyoruz. Çin, 1999 yılında 865.972.000 \$ ihracat rakamı ile pazarın yaklaşık %7sine sahipken, bu oran 2008 yılı sonunda 9.069.697.000 \$ ile pazarın yaklaşık %27 sine hakim olmayı başarmıştır. Çin, bu büyük atılımını diğer tüm sektörlerde olduğu gibi, gelişen üretim teknolojileri, sermaye birikimi ve artan iş gücüne borçludur. Çin'in bu büyük atılımı, elbette sektörde söz sahibi bazı ülkelerin de söz konusu dönem içerisinde ihracat miktarlarını artırmalarına rağmen pazar paylarının düşmesine neden olmuştur. Örneğin; 1999 yılında dünya lideri konumunda bulunan Amerika Birleşik Devletleri 2008 yılına gelindiğinde ihracat değerini yaklaşık %60 artırmasına rağmen pazar payı %23,5 ten %15 e kadar gerilemiştir.

Avrupa'daki öncü ülkelere baktığımızda ise Fransa Uzakdoğu ülkelerinin hareketlenmesi neticesinde yine Amerika Birleşik Devletleri gibi ihracat değerlerini büyük ölçüde artırmasına rağmen ihracat pazarındaki payı düşmüştür. 1999 yılında Fransa, %21 ihracat payına sahipken 2008 yılında bu oran %13 e gerilemiştir. Almanya ise Uzakdoğu ülkelerine paralel olarak hem ihracat değerini hem de pazar payını artırmayı başarmıştır. Dönem başında %17lik bir pazar payına sahip olan Almanya, 2008 yılında bu oranı %20ye getirmeyi başarmıştır.

Tablo 9
Türkiye Cam Sanayisi İhracatı (Değer) (Bin \$)

ÜRÜN GRUBU	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
DÜZCAM	42.535	55.101	74.913	73.862	63.071	47.381	35.109	31.204	31.228	56.855
CAM İŞ. ÜRÜNLERİ	36.700	45.086	45.823	56.264	86.486	134.885	174.218	208.092	286.284	340.960
CAM AMBALAJ	14.345	17.059	17.109	25.447	23.417	23.909	18.009	16.595	22.170	47.522
CAM EV EŞYASI	194.483	220.916	224.181	235.257	284.004	318.436	310.583	329.555	386.249	449.330
CAM ELYAF	36.437	36.889	43.771	47.605	57.253	80.290	81.396	80.765	83.486	94.009
DİĞER	3.698	4.724	4.878	5.303	6.072	9.665	12.177	14.204	19.800	28.128
TOPLAM	328.369	379.775	410.675	443.738	520.303	614.566	631.492	680.145	829.217	1.016.834

Kaynak: comtrade.un.org/db sitesinden elde edilen verilerle oluşturulmuştur.

Türkiye cam ürünleri ihracatı 1999 yılı ile 2008 yıllarını kapsayan dönem dikkate alındığında kayda değer bir artış göstermiştir. Dönem içinde düzenli bir artış grafiği izleyen ihracat değerleri tüm alt sektörlerde artış göstermiştir. Dönem sonunda söz konusu ihracat değerleri toplamda 328.369.000 \$ dan 1.016.834.000 \$ a çıkarak %210luk bir artış oranı yakalamıştır. Sektörün ihracat miktarlarını bu denli artırmasındaki en önemli etkenlerden biri cam işleme ürünlerinin dönem içindeki ihracat değerini yaklaşık %930 artırarak 36.700.000 \$ dan 340.960.000 \$ a çıkarmasıdır. Düz cam ürünlerinden modern üretim teknolojileri kullanılarak işlenmiş cam ürünleri elde edilmesi ve Türkiye'nin bu atılımı son on yılda gerçekleştirmesi bu artışın en önemli nedenidir. Aynı dönem içinde sırasıyla düz cam, cam ev eşyası, cam ambalaj ve cam elyaf grupları da ihracat değerlerini artırmışlardır. Sırasıyla bu alt sektörler söz konusu dönem içinde ihracatlarını %33, %131, %231, %158 oranında artırmışlardır.

Tablo 10
Türkiye Cam Sanayisi İhracatı (Miktar) (Ton)

ÜRÜN GRUBU	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
DÜZCAM	151.768	182.737	195.972	247.115	237.989	162.103	95.394	79.551	67.190	129.189
CAM İŞ. ÜRÜNLERİ	42.838	57.923	54.921	66.478	83.457	100.178	119.052	140.812	179.397	184.530
CAM AMBALAJ	44.851	59.815	54.570	78.461	57.208	59.437	45.484	36.404	41.734	70.966
CAM EV EŞYASI	165.679	206.427	224.504	230.135	249.711	249.042	231.305	242.342	252.568	250.605
CAM ELYAF	28.926	30.347	33.248	37.019	43.551	61.373	57.709	56.836	50.005	49.626
DİĞER	3.289	4.614	5.737	3.957	2.678	3.733	4.573	4.868	5.644	6.104
TOPLAM	437.351	541.863	568.952	663.165	674.594	635.866	553.517	560.813	596.538	691.020

Kaynak: comtrade.un.org/db sitesinden elde edilen verilerle oluşturulmuştur.

Türkiye cam sanayisi ihracatı söz konusu dönem içinde miktar olarak incelendiğinde ise değer verilerine göre biraz daha farklı bir durula karşılaşılmaktadır. Düz cam sanayisi 1999 yılından 2008 yılına gelindiğinde ihracat miktarında yaklaşık %15 oranında bir kayba uğramıştır. 1999 yılında 151.768 Ton ihracat yapan sektör dönem sonunda dönem sonunda ancak 129.189 Ton ihracat gerçekleştirebilmiştir. Aynı sektörde değer bazında yaklaşık %33 artış görülmesi ise bu süre içinde ihracat fiyatının ne denli arttığını kanıtlamaktadır.

Söz konusu dönem içerisinde yine değer verilerinde görüldüğü gibi, en büyük ihracat miktarını da cam işleme ürünleri gerçekleştirmiştir. 1999 yılında 42.838 Ton cam

işleme ürünü Türkiye'den ihraç edilebilmekteyken, 2008 yılı sonunda bu sayı 184.530 Ton a kadar gelmiştir. Böylelikle %330 oranında bir artış sağlanmıştır. Türk Cam Sanayisinin diğer alt sektörlerinde de gözle görülür bir ihracat miktarı artışı söz konusudur. Cam ambalaj, cam ev eşyası ve cam elyaf grupları da sırasıyla %58, %51 ve %72 oranlarında ihracat miktarı artışı sağlamışlardır.

Türkiye cam sanayisi son o yıllık dönemde toplamda %58 oranında bir artış miktarı yakalayarak 437.351 Ton ihracat miktarından 691.020 Ton miktarını yakalayabilmiştir.

5.1.2. Türkiye Cam Sanayisinin İthalat Durumu

Tablo 11
Türkiye Cam Sanayisi İthalatı (Değer) (Bin \$)

ÜRÜN GRUBU	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
DÜZCAM	27.244	32.874	22.504	30.817	42.438	56.516	89.832	151.881	176.945	120.816
CAM İŞ. ÜRÜNLERİ	35.489	38.762	30.428	37.193	60.610	97.380	96.103	104.322	114.810	136.013
CAM AMBALAJ	13.351	13.417	12.340	16.363	26.617	35.335	51.397	53.110	58.046	47.871
CAM EV EŞYASI	49.518	41.396	31.313	34.900	43.580	68.183	92.642	117.778	123.232	129.993
CAM ELYAF	24.040	24.918	23.575	32.673	44.906	53.906	66.040	72.839	107.412	120.288
DİĞER	15.624	15.318	11.276	16.718	17.269	28.455	46.291	36.083	37.352	38.934
TOPLAM	165.266	166.685	131.436	168.664	235.420	339.775	442.305	536.013	617.797	593.915

Kaynak: comtrade.un.org/db sitesinden elde edilen verilerle oluşturulmuştur.

Türkiye Cam Sanayisinin 1999-2008 yıllarını içeren dönem dikkate alındığında Tablo 11 de her bir alt sektörün ithalat değerleri verilmiştir. Bu veriler ışığında hemen hemen her yıl tüm cam alt sektörlerinde ithalat değerleri artmıştır. Özellikle bu dönem içinde en büyük ithalat miktarı artışı %400 oranında artış oranına sahip olan cam elyaf grubuna aittir. Aynı dönem içinde düz cam ithalat değeri %343, cam işleme ürünleri %283, cam ambalaj %259 ve cam ev eşyası da %163 oranında ithalat değerlerini de artırmışlardır. Toplamda baktığımızda ise Türk Cam Sanayisi tüm alt sektörleriyle yaklaşık %259luk bir değer artışı yaşamıştır.

Tablo 12
Türkiye Cam Sanayisi İthalatı (Miktar) (Ton)

ÜRÜN GRUBU	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
DÜZCAM	99.464	115.183	85.863	117.817	132.466	149.717	241.717	397.237	395.633	218.941
CAM İŞ. ÜRÜNLERİ	6.830	7.556	5.743	10.748	9.479	14.752	27.489	26.929	32.824	48.495
CAM AMBALAJ	8.949	11.445	12.768	20.431	36.238	54.300	84.366	80.974	86.378	40.593
CAM EV EŞYASI	28.424	30.837	15.608	19.929	24.750	25.304	42.170	60.992	57.657	66.435
CAM ELYAF	9.243	8.854	9.250	11.511	14.687	15.546	26.158	28.992	46.457	47.616
DİĞER	8.226	7.543	6.492	7.936	8.328	13.890	19.205	16.119	15.755	14.956
TOPLAM	161.136	181.418	135.724	188.372	225.858	273.509	441.105	611.243	635.064	437.036

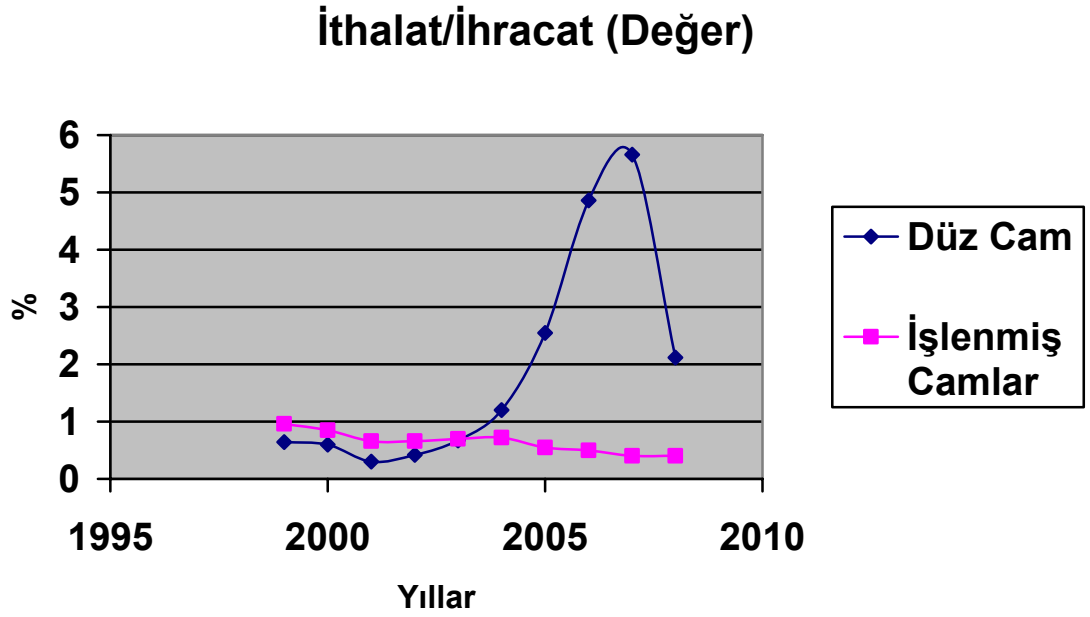
Kaynak: comtrade.un.org/db sitesinden elde edilen verilerle oluşturulmuştur.

Türkiye cam sanayisi ithalatını miktar bazında değerlendirdiğimizde ise son on yıllık dönemde istikrarlı bir artış tablosu görülmektedir. Bu dönemde en büyük ithalat miktarı artışını cam işleme ürünleri grubunda görmekteyiz. Dönem başında 6.830 Ton miktar ithal edilirken dönem sonuna gelindiğinde bu miktar 48.495 Ton'a gelerek yaklaşık %610 oranında bir artış göstermiştir. Aynı şekilde cam elyafı, cam ambalaj, cam ev eşyası ve düz cam gruplarında da ithalat artışı gözlenmektedir. Cam elyafı grubu on yıl içinde 38.373 Ton artış miktarı ile yaklaşık %415 oranında değişim göstermiştir. Sırasıyla cam ambalaj, cam ev eşyası ve düz cam grupları da %353, %133 ve %120 oranlarında ithalat miktarları artırmışlardır.

Türkiye Cam Sanayisini ithalat miktarları son on yıl içinde toplam %171 oranında bir artış göstererek 161.136 Ton'dan 437.036 Ton'a çıkmıştır.

5.1.3. Türk Cam Sanayisinde Düz Cam ve İşlenmiş Camların İthalat-İhracat Durumları

Türk Cam Sanayisinin ithalat ve ihracat miktar ve değerlerini az önce inceledik. İhracat ve ithalat durumunu ifade eden verilerden yararlanarak, başta, düz cam ve işlenmiş camların dış ticaretlerinin birbirlerine göre durumunu daha net görebilmemiz açısından bazı grafikler oluşturabiliriz.



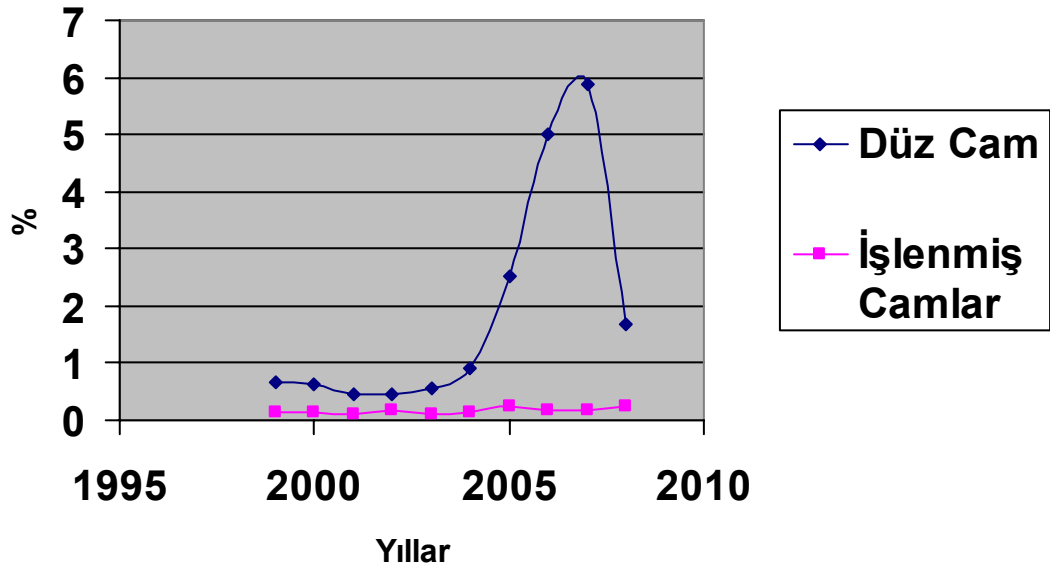
Grafik 1: Düz Camlarda ve İşlenmiş Camlarda İthalat/İhracat Oranları (Değer)

Kaynak: comtrade.un.org/db sitesindeki verilerden yararlanılarak oluşturulmuştur.

Düz camlar ve bu düz camların uzantısı olan işlenmiş camların söz konusu dönem içerisindeki ithalat – ihracat oranlarını değerlendirdiğimizde düz camlarda dış ticaret fazlasıyla başlanan dönemde 2004 yılı itibariyle başlayan ve dönem sonuna kadar artarak devam eden bir dış ticaret açığı söz konusudur. Bu açığın en önemli etkenlerinden biri Türkiye’deki düz cam üretim teknolojilerinin işlenmiş cam üretimine yönlendirilmesi ile bu alanda doğan boşluklardır. Bu bağlamda bir başka etken ise bu süreç içinde İran ve Çin’den gelen ucuz ürünlerin Türkiye cam pazarında önemli bir yer tutmasıdır. Şişecam’ın haksız rekabet şartları olduğu gerekçesiyle Rekabet Kurumu’na

yaptığı başvuru neticesinde bu ülkelerden gelen ürünlere kota ve ek vergi uygulamaları konmuştur. Bunun neticesinde düz camlardaki dış ticaret açığı 2008 yılında diğer senelere azalma göstermiştir.

İthalat/İhracat (Miktar)



Grafik 2: Düzcamlarda ve İşlenmiş Camlarda İthalat/İhracat Oranı (Miktar)

Kaynak: comtrade.un.org/db sitesindeki verilerden yararlanılarak oluşturulmuştur.

Düz camlar ile işlenmiş camların dış ticaret durumlarını miktar bazında incelediğimizde de karşımıza benzer bir tablo çıkmaktadır. 1999 yılından itibaren başlayarak düz camlarda süre gelen dış ticaret açığı miktar olarak da artmış ve 2008 yılına gelindiğinde önceki yıllara oranla büyük bir azalma göstermiştir. İşlenmiş camlarda ise, miktar bazında da değer bazında olduğu gibi, istikrarlı bir dış ticaret fazlası söz konusudur. İşlenmiş camlarda dönem sonunda dönem başına göre çok küçük bir oranda dış ticaret fazlası azalsa da, azalış bu alandaki olumlu tabloyu bozmamaktadır.

Yine bu grafiklerden öğrendiğimiz başka bir gerçek ise, işlenmiş cam fiyatlarının, düzcamların ortalama 4 katıdır. Bu saptama, AR-GE yatırımlarının yoğunlaştığı üretim alanının işlenmiş cam alanı olduğu dikkate alınır, AR-GE yatırımlarının ne denli karlı bir yatırım olduğu gerçeğini çarpıcı şekilde ortaya koymaktadır.

5.1.4. Türk Cam Sanayisi İhracat-İthalat Fiyatları ve Satış Oranları

Tablo 13
Türkiye Cam Sanayisi İhracat Fiyatları ve Satış Oranları (\$/Ton-%)

ÜRÜN GRUBU	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
DÜZCAM	280,3 %13	301,5 %14,5	382,3 %18,2	287,3 %16,6	265 %12,1	292,3 %7,7	368 %5,6	392,3 %4,6	464,8 %3,8	440,1 %5,8
CAM İŞ. ÜRÜNLERİ	856,7 %11,2	791,7 %11,9	834,3 %11,2	846,4 %12,7	1.036,3 %16,6	1.346,5 %21,9	1.463,3 %27,6	1.478 %30,6	1.595,8 %34,5	1847,7 %33,5
CAM AMBALAJ	320 %4	285,2 %4,5	313,5 %4,2	324,3 %5,7	409,3 %4,5	439,2 %3,9	396 %2,98	456 %2,4	531,2 %2,7	669,6 %4,7
CAM EV EŞYASI	1.173,9 %59	1.070,2 %58,2	998,6 %54,6	974,1 %53	879,3 %54,6	1.278,6 %51,8	1.342,7 %49,2	1.359,9 %48,5	1.529,3 %46,6	1.793 %44,2
CAM ELYAF	1.259,7 %11,1	1.200,7 %9,7	1.316,5 %10,7	1.286 %10,7	1.314,6 %11	1.308,2 %13,1	1.487,8 %12,9	1.421 %11,9	1.658,3 %10,1	2.049 %9,2

Kaynak: comtrade.un.org/db sitesinden elde edilen verilerle oluşturulmuştur.

Türkiye'nin dış satışında cam ürünlerinin vazgeçilmez bir yeri vardır. Bu yerin oluşumunda en eski cam türü olan cam ev eşyalarının markalaşmış olmasının büyük payı vardır. İncelemeye konu olan son 10 yıllık dış satış içerisinde, başlangıçta %59 gibi oldukça yüksek bir orandaki cam ev eşyası satışları, başlangıçtaki orandan başlayan tedrici düşüşle %44lere kadar inmektedir. Bu aralıkta yine de toplam cam satışının yarısına yakın bölümünü meydana getirmektedir.

Oysa diğer cam çeşitlerinde satış oranları daha dūřüktür. Bu oranlar düz cam satışlarında %18 den %4e doğru dūřerken, cam ambalajlarda %3-5 arasında, cam elyaflarda ise %9-13 aralığında dalgalanmaktadır. Sansasyonel sayılacak artışlar ise işlenmiş cam ürünlerinde meydana gelmiştir. Bu cam ürünlerindeki satış oranı başlangıçta %11'lerden daha sonrasında %35'lere kadar tırmanmıştır. Bu artışta, özellikle düz camların yüzey işlemleri alanına yapılan modern ve büyük ölçekli yatırımların payı vardır. Bu gidişe devam edilmesiyle daha büyük ve yüz ağırtıcı sonuçların alınacağına kuşku yoktur.

Dış satışa konu camların fiyat düzeyleri de oldukça ilginç bir gerçeği ortaya koymaktadır. Dış alımda olduğu gibi, \$ olarak cam fiyatları, dünyadaki genel fiyat dalgalanmasına paralel olarak değişmektedir. Hemen bütün çeşitlerde, en büyük ve en küçük fiyat arasında 2 kat fark olduğu görölüyor. Ancak işlenmiş cam ürünlerinin dış alımında fiyat anomalisine burada rastlanmadığı gibi, cam ambalaj dış alım fiyatındaki dūřüř eğiliminin de normal bir gelişme sayılmaması gerekmektedir. Hele bütün cam çeşitlerinin dış alım ve dış satış fiyatlarında az ya da çok bir artışın söz konusu olduğu dikkate alınırca bu durum ayrıca incelemeye değerdir.

Tablo 14
Türkiye Cam Sanayisi İthalat Fiyatları ve Satış Oranları (\$/Ton-%)

ÜRÜN GRUBU	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
DÜZCAM	273,9 %16,5	285,4 %19,7	262,1 %17,1	261,6 %18,3	320,4 %18	378,3 %16,7	371,6 %20,3	382,3 28,3	447,2 %28,6	551,8 %22,8
CAM İŞ. ÜRÜNLERİ	5.195,6 %21,5	5.130 %23,3	5.298,3 %23,2	3.460,5 %22,1	6.394,1 %25,7	6.601,1 %28,7	3.568,8 %21,7	3.874 %19,5	3.497,7 %18,6	2.804,7 %25,2
CAM AMBALAJ	1.491,9 %8,1	1.172,3 %8	966,5 %9,4	800,9 %9,7	734,5 %11,3	650,7 %10,4	609,2 %11,6	655,9 %9,9	672 %9,4	117,1 %8,9
CAM EV EŞYASI	1.742,1 %30	1.360 %25,2	2.006,2 %23,8	1.751,2 %20,7	1.760,9 %18,5	2.694,6 %20,1	2.192,6 %20,9	1.931 %22	2.137,3 %19,9	1.956,7 %24,1
CAM ELYAF	2.600,9 %14,5	2.814,3 %14,9	2.548,6 %17,9	2.838,4 %19,4	3.057,5 %19,1	3.467,5 %15,9	2.524,7 %14,9	2.512,4 %13,5	2.312,1 %17,4	2.526,2 %22,3

Kaynak: comtrade.un.org/db sitesinden elde edilen verilerle oluşturulmuştur.

Türkiye’de cam üretiminin dış satışının tekelleşmiş görünümüne karşın, cam dış alımında aynı durum söz konusu değildir. Dış alımın hatırı sayılır bir bölümünü yine cam tekeli gerçekleştirmiş olsa da, başta ham ve işlenmiş düz cam olmak üzere bütün cam çeşitlerinin dış alımı irili ufaklı bir çok firma tarafından sağlanmaktadır. Bu yolla Türkiye pazarlarına giren yabancı kaynaklı camların miktarı, sanıldığından çok daha fazladır. Bu durum 10 yıllık ithalat tablolarında açıkça görülmektedir. Tabloların incelenmesi önemli bazı gerçeklerin ortaya çıkmasını sağlamaktadır. Özetle belirtmek gerekirse:

- Düz cam ithalatı, genel ithalat içinde önemli bir yer tutmaktadır. Düz cam ihracat oranı %15-30 arasındadır. İşlenmiş cam ithalatı da yıldan yıla değişmekle birlikte %18-25 arasında kalmaktadır. Aynı oran cam ev eşyası ithalatında %20-30 arasında yer almış gibidir. Bu durum, cam ambalaj

ithalatında %8-12, cam elyafta ise %14-22 arasında nispeten daha yüksek oranlarda gerçekleşmektedir.

- İhracat fiyatları da dikkat çekici bir görünüm vermektedir. Düz cam fiyatları makul düzeyde kalırken , işlenmiş cam ürünlerinde ve diğer cam çeşitlerinde çok yüksektir. Özellikle işlenmiş cam ürünlerin, ambalaj camlarında ve cam elyafta yerli cam ihracatı ile karşılaştırıldığında büyük bir fark bulunduğu ortadadır.

6. SONUÇ

Binlerce yıllık geçmiş içinde insan yaşamına giren ve yaşamın sürekliliği içinde herkesin bir şekilde kullanmak durumunda olduğu cam ve çeşitleri ana hatlarıyla tanıtmaya çalışılmıştır. Bu tanıtım içinde cam çeşitleri hakkında belli ölçülerde bilgiler verilmiştir. Bu kapsamda, genel olarak cam çeşitleri, bu çeşitleri birbirinden ayıran kompozisyonel ve üretilmiş camdaki başlıca kullanım özellikleri açıklanmıştır. Buna ek olarak, cama yeni özellikler ve ekonomik değer kazandıran işlemler hakkında bilgilendirici açıklamalarla çalışmanın ilk bölümü tamamlanmıştır.

Çalışmanın ikinci bölümünde, çalışmanın amacı olan düzcam ve işlenmiş düzcam satışları incelenmiştir. Doğal olarak yüzey işlemleri başta olmak üzere uygulanan teknolojik yeniliklerin cam satışlarına getirdiği katkılar araştırılmıştır.

Yakın dönemde gerçekleştirilen cam ihraç ve ithalatı, 1999 yılından 2008 yılı arasındaki 10 yıllık veriler incelenmiştir.

Türkiye'nin cam ihracında, incelenen dönem boyunca önde giden grup, cam ev eşyalarında olmuştur. Tüm cam ihracında, %59 düzeyinde başlayan ihracat oranı, zamanla işlenmiş camların ihracat pazarındaki paylarını artırmalarına paralel bir düşüşle %23'e kadar inmiştir. Zaten satışı gerçekleştirilen cam miktarlarındaki artış da bu saptamayı doğrulamaktadır.

İhracatta ikinci sırayı işlenmiş cam satışları almaktadır. İşlenmiş cam satışlarının getirisi, toplam cam satışlarına göre 1999 yılında %9 iken, gittikçe artarak 2008 yılında %30'a çıkmıştır.

Cam elyaf satışlarında da umut verici bir gelişme vardır. Dönem başında 36.437.000 \$ ihracat getirisi elde edilen grupta, 2008 yılı sonu itibariyle 94.009.000 \$ ihracat değeri elde edilmiştir.

Ambalaj camlarının satışlarında da, satılan cam miktarında istikrarlı bir durum olmasına karşın, büyük olasılıkla yurtdışı piyasalardaki aleyhteki bir konjonktürel durum dolayısıyla, satış getirileri düşük kalmıştır.

Bu saptamalar içinde dikkat çeken en önemli nokta, ihraç ürünü işlenmiş cam ürünlerindeki çıkıştır. Bu kesimdeki satışların, 10 yıl gibi bir sürede, satış bedellerinin 36.700.000 \$ dan 340.960.000 \$ a çıkmasıdır. İşlenmiş cam getirisindeki bu artış, yurtdışında doğan ve artan talebin, doğrudan araştırma-geliştirme yatırım ve çalışmalarının sonucu olmasıdır. Yatırımı yerinde yapılan AR-GE çalışmaları, eninde sonunda ve kesinlikle işletmeyi ya da yatırım yapan kuruluşu amacına ulaştırır.

Dünya çapında öne geçmiş cam firmaları arasında, ihracat sıralamasında 12. sırada yer alan Türkiye Cam Sanayisi A.Ş.'nin bulunduğu yerden daha yukarıya çıkması da AR-GE'den alınacak verimle doğrudan ilişkilidir. Nitekim yukarıdaki sıralamada önde yer alan firmalar, eski ve uzun sürede yarattıkları birikim ve AR-GE öncülüğünde var ettikleri teknolojik olanak ve gelişmelerle bugünkü noktaya ulaşmışlardır. Çünkü her teknolojik yenilik ve bunun uzantısı olan yeni ürün çıkışı, gittikçe daraldığını sandığımız cam pazarında kendisine yeni talepler yaratmaktadır.

Metin içinde işaret edildiği gibi, kuzey bölgelerinde sert kışlar yüzünden ısı tasarrufuna, güney bölgelerinde yaşanan sıcak yazlar yüzünden de güneş kontrol camlarına büyük ihtiyaç duymaları yüzünden, işlenmiş ve işlenmek üzere düzcam ithaline yönelmeleri kaçınılmaz görünüyor. Bu kaçınılmazlık, daha çok ihraç olanakları arayan Türkiye için fırsat yaratabilir. Ekonomik kriz yüzünden bazı cam fırınlarının bile kapatılmak durumunda olduğu bir ortamda, bu olanağın genişletilerek kullanılması yaşamsal değerinde önemlidir.

Cam üretimi gibi, hammadde kaynakları gibi doğal kaynakları tüketerek bu alanda sıkıntı ve çevre sorunları yaratan bir üretim yerine, Avrupa Birliği'nin bizim gibi ülkelerden ham cam ve işlenmiş cam ithaliyle ihtiyaçlarını gidermeye yönelmeleri de ayrıca değerlendirilecek bir durumdur.

KAYNAKÇA

Devlet Planlama Teşkilatı, **9. Kalkınma Planı**, “Taş ve Toprağa Dayalı Sanayiler Özel İhtisas Komisyonu Raporu”, Cilt 1, Ankara, 2008

Glaser, Hans Joachim, **Glasstech Berichte**, “Solar Control Glass”, Cilt 63, Hamburg: Elsevier Scientific Publishing Company, 1990.

Glass Training Limited, **Glass Manufacture An Open Learning Course**, England: Glass Training Limited Internal Publication, 1985.

Hlavac, Jan, **The Tecnology of Glass and Ceramics**, Prag: Elsevier Scientific Publishing Company, 1987.

Karabulut, Ömer, **Camların Mekanik Dayanıklılığı**, İstanbul: Şişecam İç Raporu, 1991.

Pfaender, Heinz G, **Schott Guide to Glass**, 2. Basım, Mainz: Chapman&Hall, 1996.

Şişecam, **Cam Hataları ve Camın Tavlanması**, Modül 23, İstanbul: Şişecam Yayınları, 1996.

Şişecam, **Cam Teknolojisine Giriş**, 3. Basım, İstanbul: Şişecam Yayınları, 1996.

Şişecam, **Cam Yapı Elemanları Katalogu**, 1. Basım, İstanbul: Şişecam Yayınları, 1999.

Tooley, F.W., **The Handbook of Glassmanufacture**, 1. Basım, New York: Ashlee Publishing Company, 1984.

Valdes, Noel, **Glass Digest**, “How Much Do You Know About Low-E?”, 2. Basım, New York: Ashlee Publishing Company, 1987.

İNTERNET KAYNAKLARI

Haluk Bürümcekçi, **Schott Orim Hız Kesmiyor**, Referans Gazetesi, 29 Ekim 2006, http://www.referansgazetesi.com/haber.aspx?HBR_KOD=50545&KTG_KOD=385 (15 Nisan 2009)

<http://comtrade.un.org/db/dqBasicQueryResults.aspx?cc=70&px=HS&r=156,%20251,%20276,%20392,%20484,%20792,%20842,%20826&y=1999,%202000,%202001,%202002,%202003,%202004,%202005,%202006,%202007,%202008&p=0&rg=2&so=9999&rpq=dqBasicQuery&qt=n> (1 Aralık 2009)

