



4. ULUSAL YAPI KONGRESİ VE SERGİSİ
YAPI SEKTÖRÜNDE YENİLİKÇİ YAKLAŞIMLAR
6-8 ARALIK 2018, ANTALYA
TMMOB MİMARLAR ODASI ANKARA ŞUBESİ ve ANTALYA ŞUBESİ

Aluminyum oksinitrürün cam ile karşılaştırılarak yapı malzemesi olarak kullanım potansiyelinin değerlendirilmesi

NİL KOKULU^{1*}, SETENAY UÇAR²

ÖZET

Bu çalışmada aluminyum oksinitrür ve soda kireç silikat cam, belirlenen özelliklerine göre karşılaştırılmış, Arıoğlu yöntemi kullanılarak, aluminyum oksinitrürün kullanım potansiyeli değerlendirilmiştir. Bu yöntemin amacı, malzeme seçiminde süreçlerin saptanarak sistematik bir yolun belirlenebilmesidir. Yöntemde malzemelerin özelliklerine göre yarar-ölçüt tabloları oluşturulmuş, önem katsayıları belirlenmiş ve toplam puanları bulunmuştur. Aluminyum oksinitrürün teknik özellikleri sebebiyle yapı malzemesi olarak kullanım potansiyelinin bulunduğu ve hatta cam yerine kullanılabilceği ancak ekonomiklik, kaynak etkinliği ve yeniden kullanım/ geri dönüşüm gibi sebeplerden ötürü, Türkiye'deki kullanımının gelecekte yaygınlaşabileceği belirlenmiştir.

Anahtar Sözcükler: Yapı malzemesi, şeffaf aluminyum, Arıoğlu Yöntemi, aluminyum oksinitrür, soda kireç silikat camı.

¹ Antalya Bilim Üniversitesi, Çıplaklı Mh. Akdeniz Blv. Döşemealtı/Antalya; Tel: (0242) 245 00 00;
nil.kokulu@antalya.edu.tr

² Antalya Bilim Üniversitesi, Çıplaklı Mh. Akdeniz Blv. Döşemealtı/Antalya; Tel: (0242) 245 00 00;
setenay.ucar@antalya.edu.tr

1. GİRİŞ

Aluminyum oksinitrür (ALON) ya da saydam aluminyum; nitrojen, oksijen ve aluminyumdan oluşan çok kristalli bir seramiktir. Elastisite modülü yüksektir, yoğunluğu düşüktür ve yüksek ergime noktasına sahiptir. Dayanıklılığı yüksek olması sebebiyle savunma sanayiinde zırh ve optik seramik malzemesi olarak, nükleer endüstride, metalurji sektöründe, hava ve kara taşıtlarında pencerelerde ve hatta uzayda olmak üzere çeşitli alanlarda kullanılabilir. Aluminyum oksinitrürün yapı malzemesi olarak kullanım potansiyeli bulunmaktadır. Buna rağmen, yapı sektöründe henüz yaygınlaşmamıştır.

Cam ise anamaddesi silisyumdioksit olan, amorf iç yapılı, sert bir malzemedir. Aşınma dayanımı yüksektir, düşük ısı ve elektrik iletkenliğine sahiptir ve yüksek ışık geçirgenliği vardır. Günümüzde genellikle yapı malzemesi olarak soda kireç silikat camları kullanılmaktadır. Bu camların kullanım alanları; inşaat sektörü, taşıtlar, dekorasyon malzemeleri, aksesuarlar, mobilyalar, beyaz eşyalar, ilaç üretimi ve gıda ambalajları olarak çeşitlenmektedir. Soda kireç silikat camlarının bu kadar kullanılmasının sebebi, barındırdığı teknik özelliklerin diğer pek çok malzemeye göre daha üstün olmasıdır.

Malzeme seçimi yapılırken, kullanıcı ihtiyacına uygun, yaşam döngüsü ile çevreyi olumsuz etkilemeyen ve tasarımla bir bütün olabilen malzemeler seçilmelidir. Bu yüzden ilk olarak yapıda kullanılacak malzemenin özellikleri göz önünde bulundurulmalıdır [1]. Bu çalışmanın amacı, aluminyum oksinitrür ile soda kireç silikat camlarının belirlenen özelliklerinin karşılaştırmasını yapmak ve ALON'un yapı malzemesi olarak kullanıma uygun olup olmadığını değerlendirmektir.

2. MATERYAL VE METOT

Çalışmada Arıoğlu Yöntemi'nden faydalanılarak malzemelerin değerlendirilmesi gerçekleştirilmiştir. Bu yöntemin amacı, tasarım aşamasında, kullanıcının eylemlerini genel ve öznel değerlendirmelere göre konfor içinde sürdürebilmesi için gereksindiği yapıyı oluşturacak malzemelerin rasyonel olarak seçiminde göz önüne alınması gereken parametrelerin, süreçlerin saptanarak düzenlenmesi ve en uygun seçeneğin seçilmesinde sistematik bir yolun belirlenebilmesidir [2].

Yöntemde alüminyum oksinitrür ve soda kireç silikat camı değerlendirmeye alınacak ana malzemeler olarak düşünülmüştür. Değerlendirmede ilk olarak karşılaştırma yapılacak malzeme özellikleri belirlenmiştir. Bu özellikler, malzemenin teknik özellikleri ve kullanılabilir boyut, ekonomiklik, Türkiye'deki kaynak etkinliği, insan sağlığına etkisi, yeniden kullanım-geri dönüşüm olarak belirlenmiştir. Değerlendirmeye alınan teknik özellikler, malzemenin yapı malzemesi olarak kullanım potansiyeli için gerekli olduğu düşünülen özelliklerdir. Daha sonra malzeme özelliklerine göre yarar-ölçüt tabloları oluşturulmuştur (Tablo 1).

Tablo 1: Yarar-ölçüt tablosu örneği [2]

1	2	3	4	5
Yararı yok	Az yararlı	Yararlı	Çok yararlı	En fazla yarar

Son olarak malzemelerin önemlilik dereceleri ve önem katsayıları belirlenmiş ve toplam puanları bulunmuştur. ALON'un yapı malzemesi olarak uygunluğu belirlenmiştir.

2.1. Malzemelerin Özelliklerinin Belirlenmesi

Seçeneklerin kullanım değerlerini ve değişim değerlerini belirleyen özelliklerin tek ölçekte ölçülerek seçeneklerin aralarındaki değer farkının ne oranda olduğunun belirlenebilmesi için 'aralıklı ölçek' kullanılacaktır. Değerlendirme için yeterli görünen aralıklı ölçekte, seçeneklerden beklenen özelliklerin ölçülmesine olanak verecek bir değere dönüştürülmesi ve birimin saptanması gerekmektedir [2].

Alüminyum oksinitrür ve soda kireç silikat camının özellikleri Tablo 2'de verilmiştir. Bu tabloda malzemelerin yoğunluk, sertlik, Knoop sertliği, young modülü, eğilme mukavemeti, sıkışma modülü, kayma modülü, poisson oranı, erime noktası ısıl genleşme katsayısı, ısıl iletkenlik, kırılma indisi, basınç dayanımı, ısıl iletkenlik, şeffaflık, dayanıklılık, kullanılabilir boyut, ekonomiklik, Türkiye'deki kaynak etkinliği, insan sağlığına etkisi, yeniden kullanım-geri dönüşüm özellikleri verilmiş, bu özellikler karşılaştırılarak oluşturulan yarar/ölçüt tabloları sonrasında ALON'un yapı malzemesi olarak uygunluğu değerlendirilmiştir.

Tablo 2: Malzemelerin özellikleri [3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11]

ÖZELLİKLERİ	Aluminyum Oksinitrit	Soda Kireç Silikat Cam
Yoğunluk (g/cm ³)	3,71 [4]	2,5 [5, 6]
Sertlik (Mohs)	7,7 [8]	5-6 [5, 6]
Knoop Sertliği (kgf/mm ²)	1800 [8]	575 [5]
Young modülü (GPa)	323 [4]	72 [6]
Eğilme mukavemeti (MPa)	380-700 [4]	45-120
Sıkışma modülü (GPa)	210 [4]	43 [6]
Kayma modülü (GPa)	125 [4]	29 [7]
Poisson oranı (p)	0,24 [10]	0,22-0,23 [6]
Erime noktası (°C)	2135 [8]	1700 [6]
Isıl genişleme katsayısı (x10 ⁻⁶)	7,50 [8]	8,8 [4]
Isıl iletkenlik (W/m°C)	10 [4]	1,05 [7]
Kırılma indisi (0.48 mm ² de)	1,80 [8]	1,80 [7]
Basınç dayanımı (GPa)	2,68 [10]	0,24 [6]
Şeffaflık	85% [8]	87% [5]
Dayanıklılık	Çok [10, 11]	Orta [5]
Kullanılabilir boyut (cm)	Az [3]	Çok [3]
Ekonomiklik	Az [3]	Çok [3]
Türkiye'deki kaynak etkinliği	Az [3]	Çok [3]
İnsan sağlığına etkisi	Orta [10, 11]	Az [5]
Yeniden kullanım/ geri dönüşüm	Az [10, 11]	Çok [5]
Yarar/ ölçüt değerlendirmesi	2,90	3,44

2.2. Yarar-ölçüt Tablolarının Oluşturulması

Yarar-ölçüt tabloları her malzeme için oluşturulmuş ve tek bir tabloda gösterilmiştir (Tablo 3) Bu tabloya göre, ALON; sertlik, Knoop Sertliği, Young modülü, eğilme mukavemeti, sıkışma modülü, kayma modülü, erime noktası, ısıl genişleme katsayısı, basınç dayanımı ve dayanıklılık bakımından soda kireç silikat camından daha yararlı görünmektedir. Soda kireç silikat camı ise ısıl iletkenlik, kullanılabilir boyut, ekonomiklik, Türkiye'deki kaynak etkinliği, insan sağlığına etki, yeniden kullanım/ geri dönüşüm özellikleri ile ALON'dan daha yararlıdır. Poisson oranı, kırılma indisi ve şeffaflık özellikleri her iki malzeme için eşit yararlılıkta bulunmuştur.

Tablo 3: ALON ve Soda Kireç Silikat Camının yarar ölçüt değerlendirmesi

ÖZELLİKLERİ	Aluminyum Oksinitrit	Soda Kireç Silikat Cam
Yoğunluk (g/cm ³)	2	3
Sertlik (Mohs)	4	3
Knoop Sertliği (kgf/mm ²)	4	2
Young modülü (GPa)	3	2
Eğilme mukavemeti (MPa)	4	1
Sıkışma modülü (GPa)	4	2
Kayma modülü (GPa)	4	2
Poisson oranı (p)	2	2
Erime noktası (°C)	5	3
Isıl genleşme katsayısı (x10 ⁻⁶)	3	2
Isıl iletkenlik (W/m°C)	1	4
Kırılma indisi (0.48 mm' de)	4	4
Basınç dayanımı (GPa)	4	3
Şeffaflık	5	5
Dayanıklılık	4	2
Kullanılabilir boyut (cm)	3	5
Ekonomiklik	1	4
Türkiye'deki kaynak etkinliği	1	5
İnsan sağlığına etkisi	2	4
Yeniden kullanım/ geri dönüşüm	2	4

2.3. Malzemelerin Önemlilik Dereceleri ve Önem Katsayılarının Bulunması

ALON ve soda kireç silikat camların özellikleri belirlendikten sonra, bu özellikler Arıoğlu Yöntemi'nde (Arıoğlu, 1993) belirtildiği gibi önem ağırlıklarına göre zorunlu, koruyucu ve isteğe bağlı olmak üzere gruplandırılmıştır. Zorunlu olarak listelenen özellikler, malzemenin kullanım potansiyelinin değerlendirilmesinde birincil etkenler olarak seçilmiştir. Koruyucu olarak listelenen özellikler, malzemenin kullanım potansiyelini arttıracak özellikler olarak belirlenmiştir. İsteğe bağlı özellikler ise malzemenin kullanım potansiyeli için üçüncül öneme sahiptir. Malzemelerin önem ağırlıklarına yüzdeler verilmiş ve önem katsayıları belirlenmiştir (Tablo 4). Bu çalışmada, en önemli (zorunlu) özellikler erime noktası, kırılma indisi, basınç dayanımı, kullanılabilir boyut, ekonomiklik ve Türkiye'deki kaynak etkinliği olarak düşünülmüştür.

Tablo 4: ALON ve Soda Kireç Silikat Camının önemlilik dereceleri ve önem katsayıları [2].

ÖZELLİKLER	ÖNEM AĞIRLIĞI %		ÖNEM KATSAYISI
Erime noktası		5	0.05
Kırılma indisi		5	0.05
Basınç dayanımı		10	0.10
Kullanılabilir boyut	ZORUNLU	50	10
Ekonomiklik		10	0.10
Türkiye'deki kaynak etkinliği		10	0.10
Sertlik		5	0.05
Eğilme mukavemeti		5	0.05
Isıl genleşme katsayısı		5	0.05
Isıl iletkenlik		5	0.05
Dayanıklılık	KORUYUCU	35	5
İnsan sağlığına etkisi		5	0.05
Yeniden kullanım/ geri dönüşüm		5	0.05
Yoğunluk		2	0.02
Knoop sertliği		2	0.02
Young modülü		2	0.02
Sıkışma modülü	İSTEĞE	15	2
Kayma modülü	BAĞLI		2
Poisson oranı		2	0.02
Şeffaflık		3	0.03
	TOPLAM	100	%100 1.0

Önem ağırlığı ve katsayıları belirlenen özellikler, sayısallaştırılarak toplam puanları bulunmuştur (Tablo 5).

Tablo 5: ALON ve soda kireç silikat camların karşılaştırması

SEÇENEKLER				
Özellikler ve Önem Katsayıları	ALON		Soda Kireç Silikat Cam	
Erime noktası x 0.05	5	0.25	3	0.15
Kırılma indisi x 0.05	4	0.20	4	0.20
Basınç dayanımı x 0.1	4	0.4	3	0.3
Kullanılabilir boyut x 0.1	3	0.3	5	0.5
Ekonomiklik x 0.1	1	0.1	4	0.4
Türkiye'deki kaynak etkinliği x 0.1	1	0.1	5	0.5
Sertlik x 0.05	4	0.20	3	0.15
Eğilme mukavemeti x 0.05	4	0.20	1	0.05
Isıl genleşme katsayısı x 0.05	3	0.15	2	0.10
Isıl iletkenlik x 0.05	1	0.05	4	0.20
Dayanıklılık x 0.05	4	0.20	2	0.10
İnsan sağlığına etkisi x 0.05	2	0.10	4	0.20
Yeniden kullanım/ geri dönüşüm x 0.05	2	0.10	4	0.20
Yoğunluk x 0.02	2	0.04	3	0.06
Knoop sertliği x 0.02	4	0.08	2	0.04
Young modülü x 0.02	3	0.06	2	0.04
Sıkışma modülü x 0.02	4	0.08	2	0.04
Kayma modülü x 0.02	4	0.08	2	0.04
Poisson oranı x 0.02	2	0.04	2	0.04
Şeffaflık x 0.03	5	0.15	5	0.15
	2.88		3.46	

4. SONUÇ

Arıoğlu Yöntemi (Arıoğlu, 1993) ile yapılan değerlendirmeye göre, alüminyum oksit malzemesinin erime noktası, basınç dayanımı, sertlik, eğilme mukavemeti gibi pek çok özelliği ile soda kireç silikat camlarına göre daha üstün olduğu ve yapı malzemesi olarak kullanım potansiyeli bulunduğu belirlenmiştir. Ancak soda kireç silikat camlarının çıkartıldığı topografyada kullanılabilmesi ve bu yüzden ALON'a göre daha ekonomik olması, ısıl iletkenlik, insan sağlığına etki ve yeniden kullanım/ geri dönüşüm konularındaki avantajları nedeniyle, ALON'un henüz Türkiye'de kullanımının uygun olmadığı saptanmıştır.

KAYNAKLAR

- [1] Kokulu, N. (2016) *Sağlıklı Yapı Tasarımında Malzeme Seçim Kriterlerinin Değerlendirilmesi*. (Yüksek Lisans Tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi, Türkiye.
- [2] Arioğlu, N. (1993) *Yapı Ürünlerinin Seçimi İçin Bir Yöntem*. (Doktora Tezi). Yıldız Teknik Üniversitesi, Türkiye.
- [3] Internet, (2018) Stars and Stripes, Air Force testing lighter, transparent ALON armor, <https://www.stripes.com/news/air-force-testing-lighter-transparent-alon-armor-1.40353>
- [4] Kanbur, H., E. (2012) *Reaktif Spark Plazma Sinterleme Yöntemi ile ALON Seramiklerinin Üretimi ve Karakterizasyonu*. (Yüksek Lisans Tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi, Türkiye.
- [5] Viridian Glass (2018), Glass Physical Properties, şuradan temin edilmiştir: <https://www.viridianglass.com/-/media/viridian-glass/files/downloads/brochures/glass-physical-properties.pdf>
- [6] Pilkington (2018), Properties of Soda Lime Silica Glass, şuradan temin edilmiştir: <https://www.pilkington.com/resources/ats129propertiesofglass20130114.pdf>
- [7] Makeitfrom (2018), Soda Lime (Float) Glass, şuradan temin edilmiştir: <https://www.makeitfrom.com/material-properties/Soda-Lime-Float-Glass>
- [8] Surmet (2018), Surmet Optical Ceramics Brochure, şuradan temin edilmiştir: http://www.surmet.com/pdfs/Surmet%20Optical%20Ceramics%20Brochure%202013_130603.pdf
- [9] Wikipedia (2018), Soda-Lime Glass, şuradan temin edilmiştir: <http://www.wiki-zero.co/index.php?q=aHR0cHM6Ly9lbi53aWtpcGVkaWEub3JnL3dpa2kvU29kYeKAK2xpbWVfZ2xhc3M>
- [10] Dokuz Eylül Üniversitesi (2018), Alternatif Yapı Malzemeleri, şuradan temin edilmiştir: http://kisi.deu.edu.tr/burak.felekoglu/05.cam_part2.pdf
- [11] Ceylan, U. (2007) *Potasyum Mikası Ve Florapatit İçeren Cam Seramiklerin Kristalizasyon Davranışları, İşlenebilirlik Özellikleri Üzerine Değişen Oranda Çekirdeklenme Katalisti (Zr₂) İlavesinin Etkisinin İncelenmesi ve Biyoaktivite Karakterizasyonu*. (Yüksek Lisans Tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi, Türkiye.