

CAM KÖPÜK ÜRETİMİNDE KOMPOZİT ATIKLARIN DEĞERLENDİRİLMESİ

Sude SELVİ - Ümran KARADENİZ - Sude AYDINLAR

Proje Yürütücüsü: Prof. Dr. Aylin ZİYYAN

Proje Danışmanı: Dr. Öğr. Üyesi Oylum ÇOLPANKAN GÜNEŞ

PROJENİN AMACI, KONUSU ve KAPSAMI

Projenin amacı, cam elyaf takviyeli polimer (CTP) kompozit atıkların ve araç ön cam atıklarının cam köpük üretiminde değerlendirilmesini sağlayarak hem çevresel hem de ekonomik fayda yaratmaktır. Projenin konusu CTP kompozit ve cam geri dönüşüm sektörleri arasında endüstriyel simbiyoz sağlanarak CTP kompozit atıklarının ve araç ön cam atıklarının cam köpük üretiminde değerlendirilmesidir. Proje, araç ön cam atıkları kullanarak ve uygun köpüklendirici ajanlar seçerek cam köpük üretiminin yapılmasını, CTP atıkların cam köpük üretimi reçetesine entegre edilmesini, üretilen cam köpüklerin fiziksel, kimyasal karakterizasyonlarının yapılmasını kapsar.

ÖZET

Günümüzde cam köpük üretiminde atık cam tozlarının yanında kompozit atıkların kullanılabilmesi çevresel ve ekonomik açıdan önemlidir. Proje kapsamında kompozit bir atık olan CTP atığı cam köpük üretiminde kullanarak hem bir atık değerlendirmesi yapmak hem de katma değeri yüksek yeni bir ürün üretmek hedeflenmiştir. Bu doğrultuda araç ön cam atıkları ve CTP atıklarıyla birlikte uygun köpüklendirici ajanlar seçilerek cam köpükler başarılı bir şekilde üretilmiştir. Üretilen cam köpüklere gerekli karakterizasyonlar yapılarak en iyi yoğunluk değeri $0,258 \pm 0,007$ g/cm³ olarak bulunmuştur ve bu değer hedeflediği gibi $0,5$ g/cm³ altında çıkmıştır. % Açık gözeneklilik oranı $\%2,067 \pm 0,650$ olarak ölçülmüştür ve bu açık gözeneklilik oranı da hedeflediği gibi %5'in altında çıkmıştır. Bu cam köpüklerdeki gözenek çapı $430,5 \pm 11,64$ µm olarak ölçülmüştür. Bu bağlamda CTP katkısının cam köpüklerde yoğunluğu düşürdüğü, %Açık gözenekliliği biraz artırdığı, gözenek çaplarını da artırdığı gözlemlenmiştir. Sonuç olarak, bu çalışma ile CTP atıklarının cam tozu atıkları ile birlikte cam köpük üretiminde kullanılabilirliği başarılı bir şekilde ortaya konmuştur.

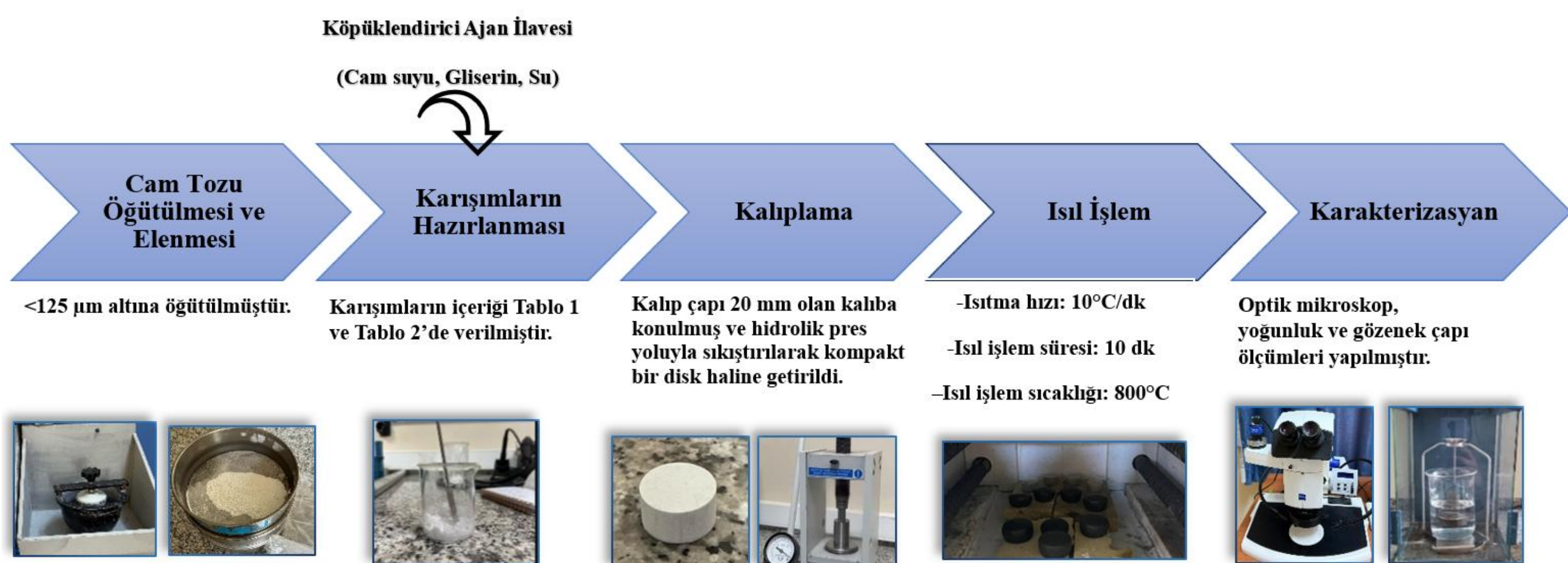
GİRİŞ

Cam köpük kapalı gözenekli, hafif, çok düşük ısı iletkenliğe ve yüksek yanma direncine sahip önemli bir ısı yalıtım malzemesidir. Atık camdan köpüklendirici ajanlar kullanılarak üretilir. CTP, ortam koşullarına dayanıklı, esnek fakat yeterli mekanik dayanıma sahip olmayan bir polimer matris ve yüksek mekanik dayanımlı cam elyafın bir araya getirilmesi ile bir mühendislik malzemesidir. CTP atıklarının termoset özelliklerinden dolayı geri dönüşümleri oldukça zordur.

Bu çalışmada Yücel Kompozit tarafından sağlanan CTP atıkları ve Egeçev'den tedarik edilen araç ön cam atıklarının birlikte kullanılması ile cam köpük üretilmesi hedeflenmiştir. Böylece iki farklı firmanın katkısıyla endüstriyel simbiyoz gerçekleştirilerek sürdürülebilir bir üretim modeli ortaya konulmuş ve katma değeri yüksek bir ürün elde edilmiştir.

DENEYSEL ÇALIŞMALAR

Projemizdeki deneysel çalışmalar Şekil 1'deki akış şemasında gösterilmiştir.



Şekil 1 Proje Akış Süreci

Tablo 1 Kontrol Gruplarının İçeriği

KONTROL GRUBU		TOZ ORANI	KÖPÜKLENDİRİCİ ORANI			
Deney sayısı	Deney kodu	Cam tozu	Cam suyu	Gliserin	Su	
1	CT ₁₀₀ CS ₂₀	5 g	1 g	-	-	
2	CT ₁₀₀ CS ₁₅ G ₅	5 g	0,75 g	0,25 g	-	
3	CT ₁₀₀ CS ₁₀ G _{2,5} S _{2,5} (Dağıldı)	5 g	0,50 g	0,25 g	0,25 g	
4	CT ₁₀₀ CS ₁₅ G _{2,5} S _{2,5}	5 g	0,75 g	0,125 g	0,125 g	

Tablo 2 CTP'li Grupların İçeriği

CTP'Lİ DENEY GRUBU		TOZ ORANI		KÖPÜKLENDİRİCİ ORANI			
Deney sayısı	Deney kodu	Cam tozu	CTP	Cam suyu	Gliserin	Su	
5	CT ₉₀ CTP ₁₀ CS ₂₀	4,5 g	0,5 g	1 g	-	-	
6	CT ₉₀ CTP ₁₀ CS ₁₅ G ₅	4,5 g	0,5 g	0,75 g	0,25 g	-	
7	CT ₉₀ CTP ₁₀ CS ₁₅ G _{2,5} S _{2,5}	4,5 g	0,5 g	0,75 g	0,125 g	0,125 g	

Yoğunluk Ölçümü

Arşimet Prensibine Göre Yoğunluk ve Açık Gözeneklilik Ölçümü



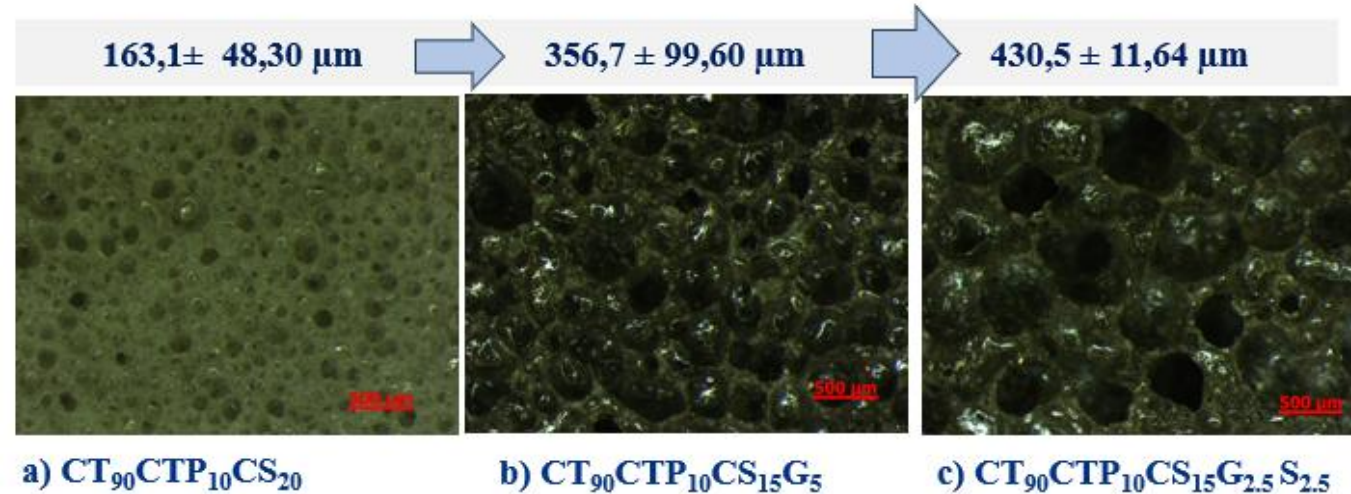
Doymuş ağırlık ölçümü = m_d Askıda ağırlık ölçümü = m_a Kuru ağırlık ölçümü = m_k

Şekil 2 Kaynatma, Arşimet prensibine göre ölçümlerin yapılması ve etüve konulması işlemlerinin gerçekleştirilmesi.

Yoğunluklar aşağıdaki formüllerle hesaplanmıştır.

$$\rho = \frac{(m_k * \rho_{su})}{(m_d - m_a)}$$

% Açık Gözeneklilik Tayini



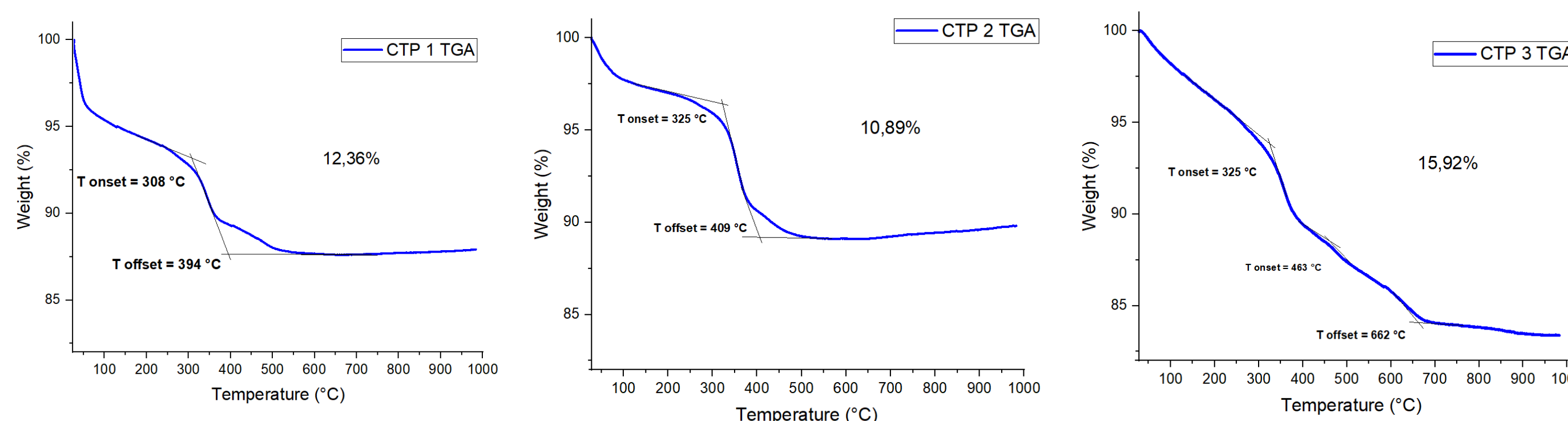
Şekil 3 CTP'li numunelerin optik mikroskopta 50 büyütmedeki görselleri

Cam köpüklerin % açık gözenekliliği aşağıda verilen formül kullanılarak belirlenmiştir.

$$\% \text{ açık gözeneklilik} = \frac{(m_d - m_k)}{(m_d - m_a)} \times 100$$

SONUÇLAR ve TARTIŞMA

CTP Katkılı Karışımların Karakterizasyonları



Şekil 4 CT₉₀CTP₁₀CS₂₀ TGA Analizi

Şekil 5 CT₉₀CTP₁₀CS₁₅G₅ TGA Analizi

Şekil 6 CT₉₀CTP₁₀CS₁₅G_{2,5}S_{2,5} TGA Analizi

Toplam 6g'lık CTP harmanlarında 1g'lık uçucu bileşen olduğundan ısıl işlem sonrası ağırlıkça en az %83'lük kömür oranı kalacağı teorik olarak hesaplanmış ve bu değer TGA analizleriyle de kanıtlanmıştır.

Tablo 3. Ölçüm Sonuçları

Numune Kodu	Yoğunluk (g/cm ³)	Açık gözeneklilik (%)	Gözenek Çapı (µm)
CT ₁₀₀ CS ₂₀	0,696 ±0,065	1,54±0,345	135,7 ± 32,41
CT ₁₀₀ CS ₁₅ G ₅	0,340±0,037	1,70±0,015	220,9 ± 60,77
CT ₁₀₀ CS ₁₅ G _{2,5} S _{2,5}	0,274±0,004	1,45±0,353	273,9 ± 65,06
CT ₉₀ CTP ₁₀ CS ₂₀	0,635±0,064	3,21±0,360	163,1± 48,30
CT ₉₀ CTP ₁₀ CS ₁₅ G ₅	0,332±0,035	2,41±0,458	356,7 ± 99,60
CT ₉₀ CTP ₁₀ CS ₁₅ G _{2,5} S _{2,5}	0,258±0,007	2,067±0,650	430,5 ± 11,64

- ✓ En iyi sonuçlar CT₉₀CTP₁₀CS₁₅G_{2,5}S_{2,5} grubundan alınmıştır.
- ✓ En düşük yoğunluğa yine CT₉₀CTP₁₀CS₁₅G_{2,5}S_{2,5} kodlu numune ulaşılmıştır.
- ✓ En düşük % açık gözeneklilik değerlerine yine CT₉₀CTP₁₀CS₁₅G_{2,5}S_{2,5} numunesinde ulaşılmıştır.



Şekil 7. CT₉₀CTP₁₀CS₁₅G_{2,5}S_{2,5} numunenin ısıl işlem sonrası görüntüleri

Sonuç olarak yoğunluk değeri $0,5$ g/cm³ altında ve %Açık gözeneklilik oranı ise %5'in altında bulunarak istenilen değerlere ulaşılmıştır.

GERÇEKÇİ KISITLAR

• Sürdürülebilirlik

Endüstriyel simbiyoz sağlanarak atıkların katma değeri yüksek bir başka ürünün üretiminde kullanılması, endüstriyel döngülerin etkin bir şekilde işlemesine olanak tanır. CTP atıklarının, bir başka üründe kullanılması CTP atık sorununa çözüm getirerek çevreye verdiği zararı azaltır. Bu şekilde çevresel sürdürülebilirliği destekler.

• Çevresel Etkiler

Cam elyaf takviyeli termoset kompozitler, ömrü dolduğunda geri dönüştürülemediği için çoğunlukla yakılarak ya da çöplüklere gömülerek bertaraf edilir. Bu işlemler, atmosferde zararlı gazların salınımına ve toprak kirliliğine yol açar. Bu anlamda termoset bir atık olan CTP geri dönüşüme kazandırılarak bu etkilerin azaltılması hedeflenmiştir. Ayrıca yaygın olarak kabul edilen köpürtücü maddeler CO, CO₂ veya SO₂ gibi çevresel olarak kritik gazlar açığa çıkarır. Bu sebeple köpürtücü ajan olarak cam suyu, su ve gliserin seçilerek bu gazların ortaya çıkması engellenmiş, bu etkiler minimuma indirilmiştir.

TEŞEKKÜR ve DESTEK VERENLER

Projemizde bize destek olan Yücel Kompozit ve Egeçev firmasına, tez çalışmamız sırasında kıymetli bilgi, birikim ve tecrübeleri ile bize yol gösterici olan değerli danışman hocamız Sayın Prof. Dr. Aylin ZİYYAN'a, projemiz boyunca ilgisini ve yardımlarını bizden esirgemeyen Dr. Öğr. Üyesi Oylum ÇOLPANKAN GÜNEŞ'e sonsuz teşekkür ve saygılarımızı sunarız.

KAYNAKLAR

- Hribar, U., Østergaard, M. B., Iversen, N., Spreitzer, M., & König, J. (2023). The foaming mechanism of glass with water glass. *Journal of Non-Crystalline Solids*, 600, 122025..
- Hesky, D.,Aneziris,A.,G.,Großb,U.,Horn,A.,(2015). Water and waterglass mixtures for foam glass production.C ceramics International,41,12604–12613