

TiO₂ Katkılı Geri Kazanılmış Karbonlu Malzemeden Gözenekli Malzeme Üretimi **Production of Porous Material from Recycled Carbon Material with TiO₂ Additive**

Şenay Balbay

Dr. Öğr. Üyesi, Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, Meslek Yüksek Okulu, Atık Yönetimi
Bölümü

senay.balbay@bilecik.edu.tr

ÖZET:

Gözenekli malzemeler günlük hayatımızda pek çok farklı alanda önemli rol oynamaktadır. Bu alanlar; titreşim sönümlendirme, enerji yönetimi, ses yalıtımı, ısı yalıtımı, kirli havanın temizlenmesi, su arıtımıdır. Gözeneklerin özellikleri ve yapısı, gözenekli malzemelerin nasıl kullanılabilceğini belirlemektedir. Gözenekli malzemeler için temel parametreler porozite, gözenek boyutu, gözenek şekli ve spesifik yüzey alanı gibi gözeneklilikle ilgili belirteçlerdir. Gözeneklilik, malzemelerin mekanik, fiziksel ve kimyasal özellikleri üzerinde önemli etkiye sahip olduğundan dolayı bu parametrelerin en önemlisidir. Gözenekli malzemelerin özellikleri büyük ölçüde gözenek morfolojisi, büyüklüğü ve dağılımına bağlıdır. Ayrıca gözenekli malzemeler spesifik yüzey alanını arttırmasına bağlı olarak fotokatalitik aktiviteyi arttırmaktadır. Çalışmanın amacı, TiO₂ ve Geri Kazanılmış Karbon (GKK) kullanılarak sol jel yöntemiyle hazırlanan aerojele farklı prosesler (dondurma, UV kürlendirme ve kalsinasyon) farklı sıralamalarla uygulanarak gözenekli malzeme üretmektir. Çalışma dört farklı aşamada yürütülmüştür. İlk olarak TEOS, TiO₂ ve GKK kullanılarak hazırlanan aerojele – 20 °C’de dondurma, UV kürlendirme ve 600 °C’de kalsinasyon prosesleri uygulanarak en uygun proses belirlenmiştir. İkinci olarak belirlenen proseste farklı GKK miktarları (1-5 g) çalışılarak en uygun GKK miktarı belirlenmiştir. Üçüncü olarak belirlenen proses ve GKK miktarında çalışılarak en uygun TiO₂ miktarı (0,5-2,0 g) belirlenmiştir. Son olarak elde edilen gözenekli malzemelerin FT-IR, SEM, BET analizleri gerçekleştirilmiştir. Sonuç olarak yüksek gözenekli yapıya sahip farklı alanlarda kullanılabilcek GKK katkılı malzemeler üretilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Gözenekli malzeme, geri kazanılmış karbon, TiO₂

ABSTRACT:

Porous materials play an important role in many different areas in our daily life. These areas are vibration damping, energy management, sound insulation, thermal insulation, cleaning of dirty air, water treatment. The properties and structure of the pores determine how porous materials can be used. The main parameters for porous materials are porosity-related markers such as porosity, pore size, pore shape and specific surface area. Porosity is the most important of these parameters because it has a significant effect on the mechanical, physical and chemical properties of materials. The properties of porous materials largely depend on the pore morphology, size and distribution. The main parameters for porous materials are porosity-related markers such as porosity, pore size, pore shape and specific surface area. Porosity is the most important of these parameters because it has a significant effect on the mechanical, physical and chemical properties of materials. The properties of porous materials largely depend on the pore morphology, size and distribution. Porous materials also increase

photocatalytic activity due to increasing the specific surface area. The aim of the study is to produce porous material by applying different processes (deep-freezer, UV curing and calcination) to the aerogel prepared with the left gel method using TiO₂ and Recycled Carbon (RC). The study was carried out in four different stages. Firstly, the most suitable process was determined by applying ice cream at 20 °C, UV curing and calcination at 600 °C to the aerogel prepared using TEOS, TiO₂ and RC. Secondly, the most appropriate RC amount was determined different RC amounts (1-5 g) in the determined process. Thirdly, the most appropriate TiO₂ amount (0.5-2.0 g) was determined by working on RC amount and the determined process. The species of obtained porous materials were carried out FT-IR, SEM, BET analyzes. As a result, materials with RC additives that can be used in different areas with high porous structure have been produced.

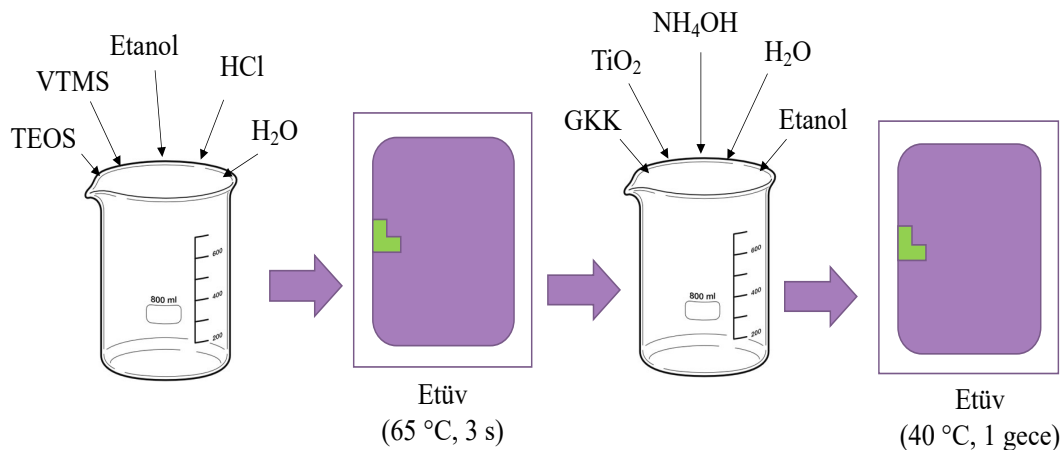
Keywords: Porous material, recycled carbon, TiO₂

1. GİRİŞ

Günlük yaşamda gözenekli malzemeler birçok farklı alanda yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Bu alanlar; titreşim sönümlendirme, enerji yönetimi, ses yalıtımı, ısı yalıtımı, kirli havanın temizlenmesi ve su arıtımıdır (Huo 2011; Kalemtaş vd., 2015). Bu malzemelerin kullanım amacına göre gözeneklerin özellikleri ve yapısı belirlenmektedir. Özellikle porozite, gözenek boyutu, gözenek şekli ve spesifik yüzey alanı parametreleri gözenekliliğin belirlenmesinde kullanılmaktadır (Jiang ve Shen, 2017; Nishiyabu, 2012). Malzemelerin mekanik, fiziksel ve kimyasal özellikleri üzerinde gözeneklilik önemli etkiye sahiptir. Gözenekli malzemelerin özellikleri büyük ölçüde gözenek morfolojisi, büyüklüğü ve dağılımına bağlıdır. Ayrıca gözenekli malzemeler, spesifik yüzey alanının arttırmasına bağlı olarak fotokatalitik aktiviteyi de arttırmaktadır (Surekha ve Sundararajan, 2015).

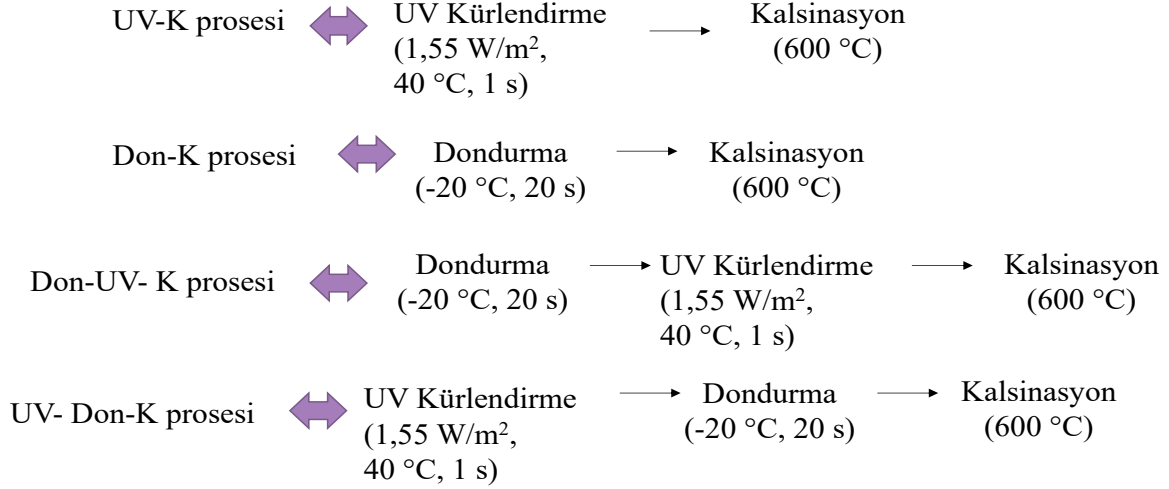
2. METOD

Sol jel yöntemiyle aerogel hazırlama çalışmalarında GKK (Geri kazanılmış karbon), VTMS (Vinil Trimetoksi Silan), TEOS (Tetra Etoksi Silan), TiO₂ (Titanyum dioksit), etanol, HCl, NH₄OH kimyasal maddeleri kullanılmıştır. İlk olarak TEOS, VTMS, etanol, HCl ve su karıştırılmıştır ve daha sonra 65 °C’de 3 s boyunca hidroliz edilmiştir. İkinci olarak karışıma GKK, TiO₂, NH₄OH, etanol eklenerek karıştırılmıştır ve 40 °C’de 1 gece yaşlandırılarak aerogel elde edilmiştir (Şekil 1).



Şekil 1. Aerojel hazırlama prosedürü

Gözenekli malzeme üretimi ise dört farklı aşamada yürütülmüştür. İlk olarak sabit miktarlarda TiO_2 ve GKK kullanılarak hazırlanan aerojele Dondurma (Don), UV kürlendirme (UV) ve Kalsinasyon (K) proseslerinin farklı uygulama sırasına göre en uygun proses belirlenmiştir (Şekil 2).



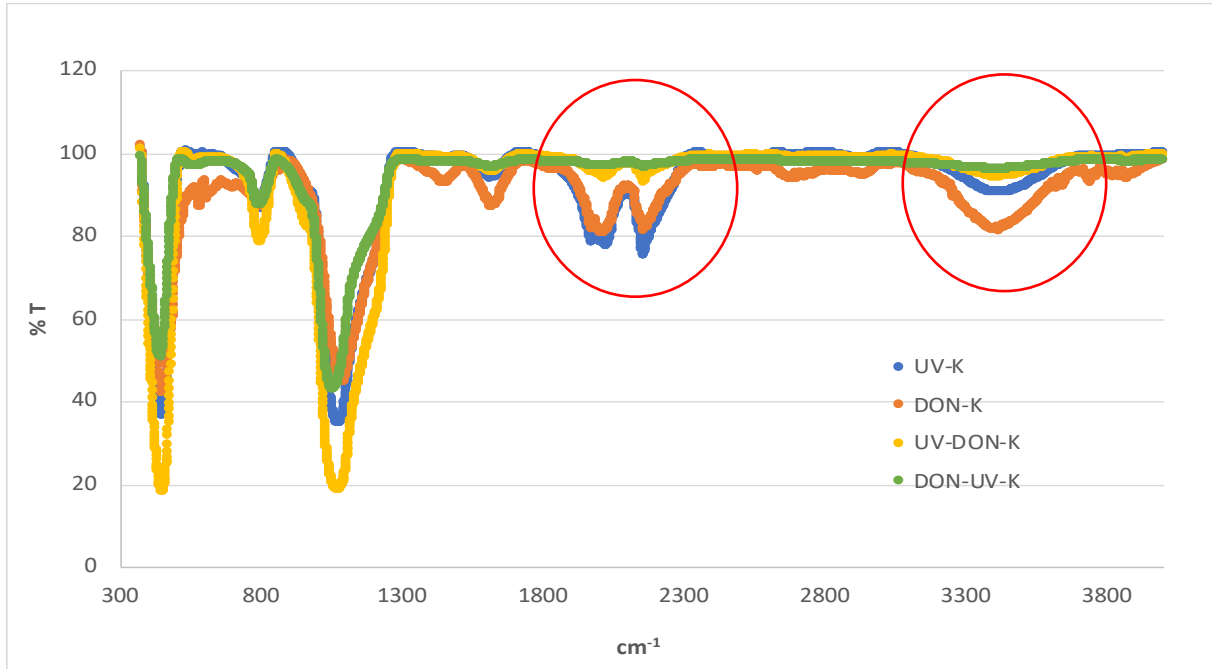
Şekil 2. Proseslerin uygulama sıralaması

İkinci olarak belirlenen proseste farklı GKK miktarları (1-3-5 g) çalışılarak en uygun GKK miktarı belirlenmiştir. Üçüncü olarak belirlenen proses ve GKK miktarında çalışılarak en uygun TiO_2 miktarı (0,5-1,0-2,0 g) belirlenmiştir. Son olarak elde edilen gözenekli malzemelerin FT-IR, SEM ve BET analizleri gerçekleştirilmiştir.

3. ARAŞTIRMA VE BULGULAR

3.1 Uygun proses belirleme çalışması

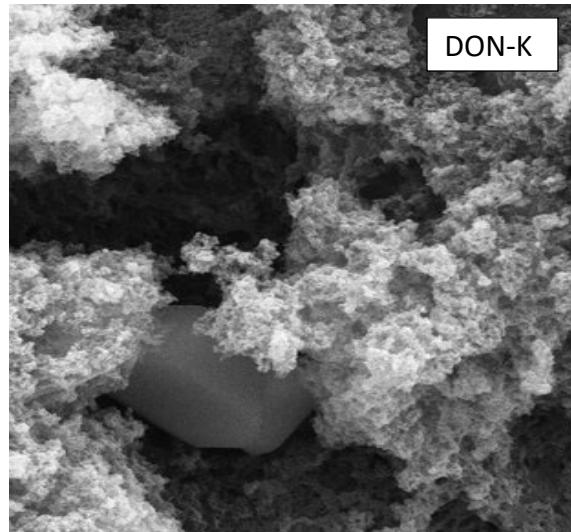
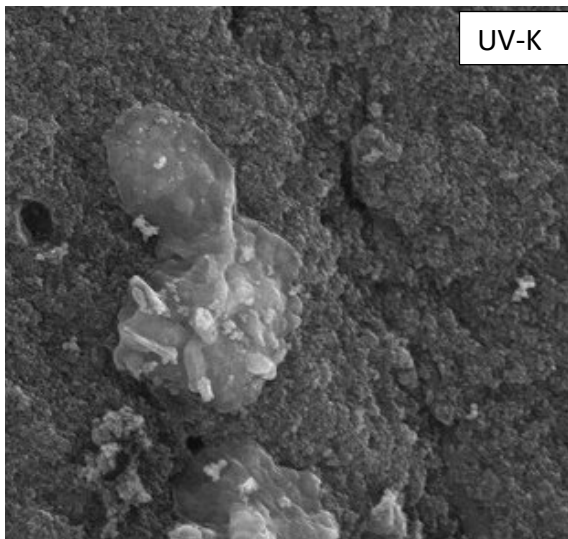
Hazırlanan aerojele dondurma (Don), UV kürlendirme (UV) ve kalsinasyon (K) proseslerinin farklı uygulama sırasına göre en uygun prosesin belirlenmesi için yapılan FT-IR spektrumları karşılaştırmasına göre N=N 2160 cm⁻¹, C=C 2000 cm⁻¹ ve O-H 3420 cm⁻¹ pikleri, diğer uygulamalara göre DON-UV-K prosesinde daha yaygın gözlenmesi kullanılan kimyasal maddeler arasında bağların oluştuğunu göstermektedir (Şekil 3). Hazırlanan malzemelerin yüzey alanlarına göre UV-K prosesinin daha yüksek olduğu belirlenmiştir (Tablo1) ve SEM görüntülerine göre DON-UV-K prosesi sonucunda üretilen malzemeler hariç diğer proseslerde üretilen malzemelerde inorganik ve organik bileşikler arasında reaksiyonların gerçekleşmediği sonucuna ulaşılmıştır (Şekil 4). Bundan dolayı gözenekli malzeme üretmek için en uygun prosesin DON-UV-K prosesi olduğu tespit edilmiştir.

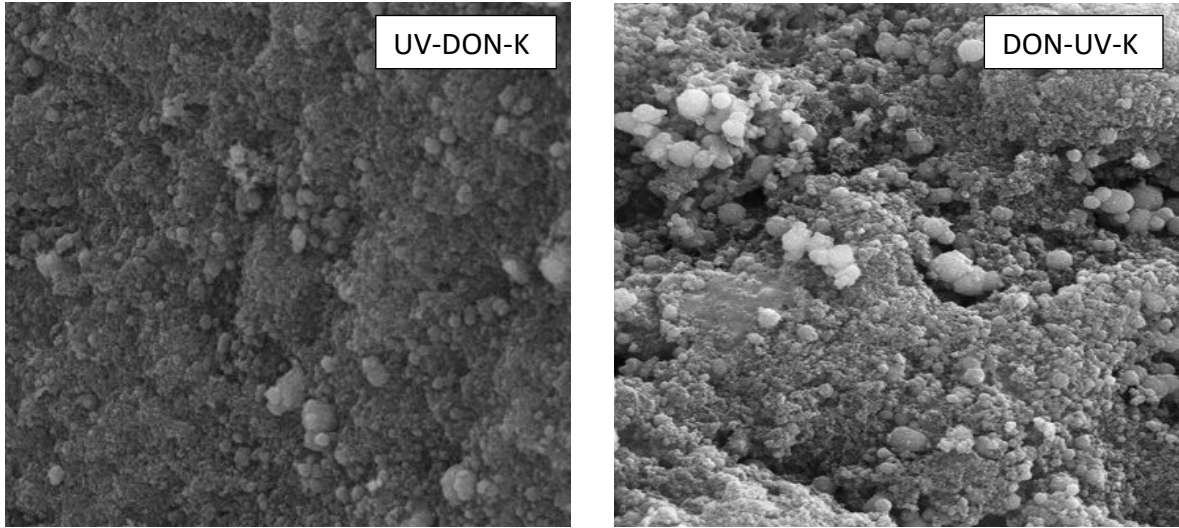


Şekil 3. Farklı proseslerde yapılan çalışmalar sonucunda üretilen gözenekli malzemelerin FT-IR spektrumu

Tablo 1. Farklı proseslerde yapılan çalışmalar sonucunda üretilen gözenekli malzemelerin yüzey alanı ve gözeneklilik değerleri

	S_{BET} (m^2/g)	S_{ext} (m^2/g)	S_{mic} (m^2/g)	V_t (cm^3/g)	V_{mic} (cm^3/g)	V_{mezo} (cm^3/g)	Nanotanecek boyutu (\AA)	Gözenek genişliği (\AA)
UV-K	95,59	75,49	20,09	0,23	0,008	0,222	627,70	96,07
DON-K	79,00	43,86	35,14	0,16	0,016	0,144	759,44	81,54
UV-DON-K	58,51	35,40	23,10	0,098	0,01	0,088	1025,48	67,3
DON-UV-K	59,48	33,89	25,58	0,093	0,011	0,082	1008,79	62,85

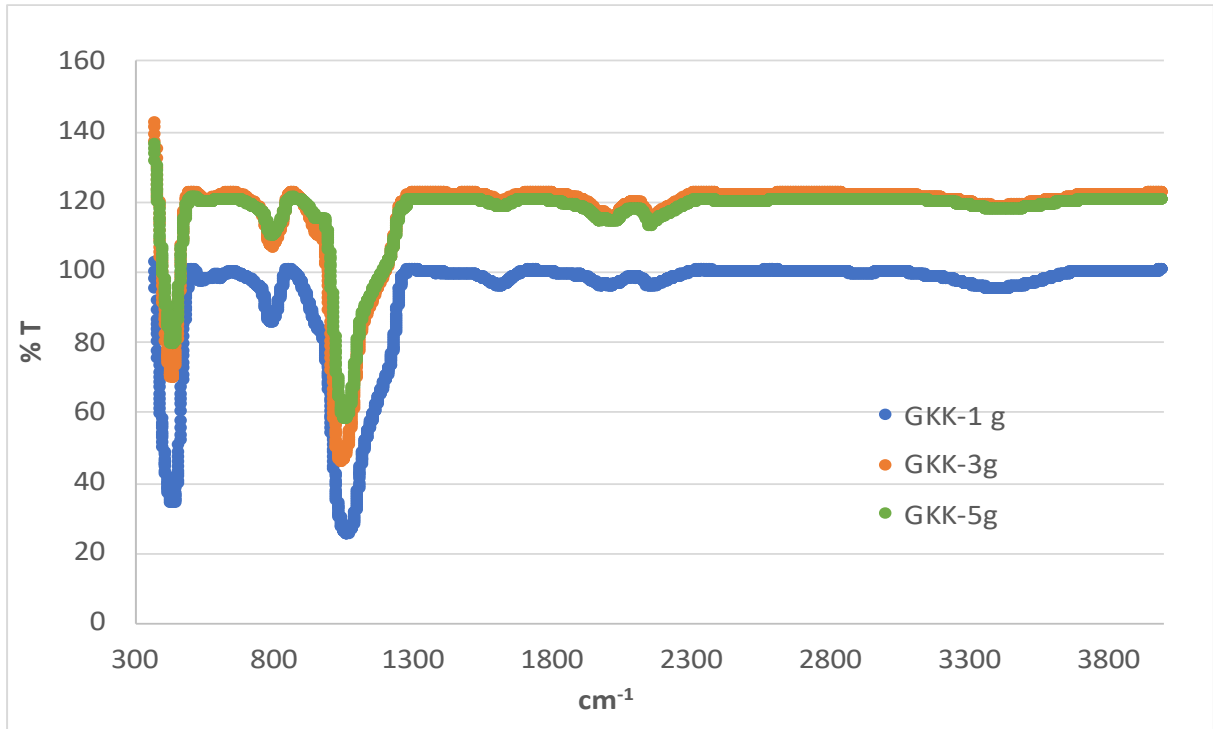




Şekil 4. Farklı proseslerde yapılan çalışmalar sonucunda üretilen gözenekli malzemelerin SEM görüntüleri (5000 X)

3.2 GKK miktar belirleme çalışması

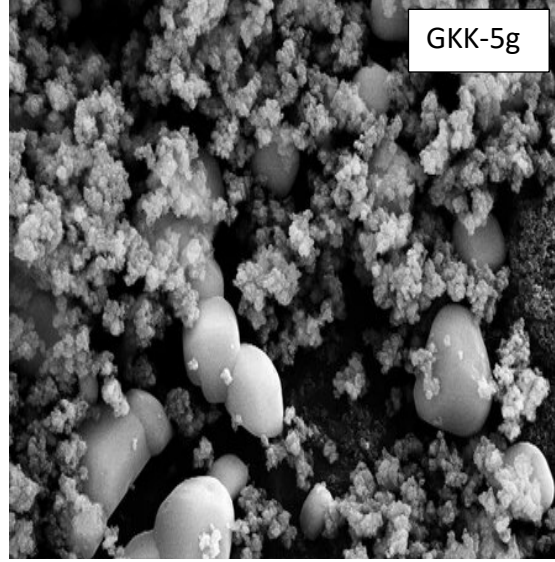
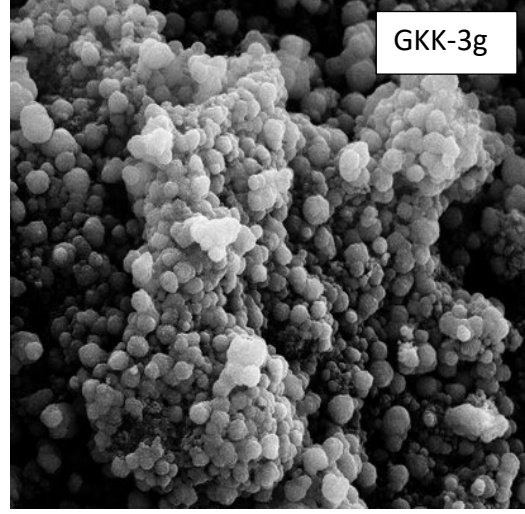
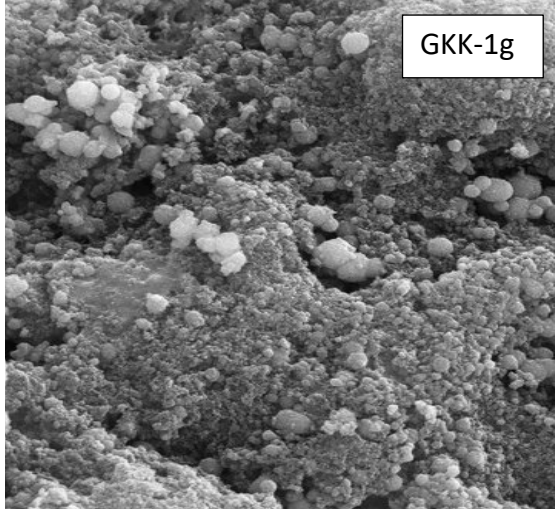
DON-UV-K prosesi uygulanarak farklı GKK miktarları (1-3-5 g) çalışması sonucunda üretilen malzemelerin FT-IR spektrumlarının aynı olduğu gözlenmiştir(Şekil 5). Bu malzemelerin yüzey alanları sonuçlarına göre GKK miktarı arttıkça yüzey alanı değeri artmıştır(Tablo 2). Ancak SEM görüntülerine göre GKK-5g malzemesinde belirlenen küp şeklinde oluşan görüntüler inorganik ve organik bileşikler arasında reaksiyonların gerçekleşmediğini göstermektedir (Şekil 6). Bundan dolayı en uygun GKK miktarının 3 g olduğu ortaya konmuştur.



Şekil 5. DON-UV-K prosesinde yapılan GKK miktar çalışmaları sonucunda üretilen gözenekli malzemelerin FT-IR spektrumu

Tablo 2. Farklı GKK miktar çalışmaları sonucunda üretilen gözenekli malzemelerin yüzey alanı ve gözeneklilik değerleri

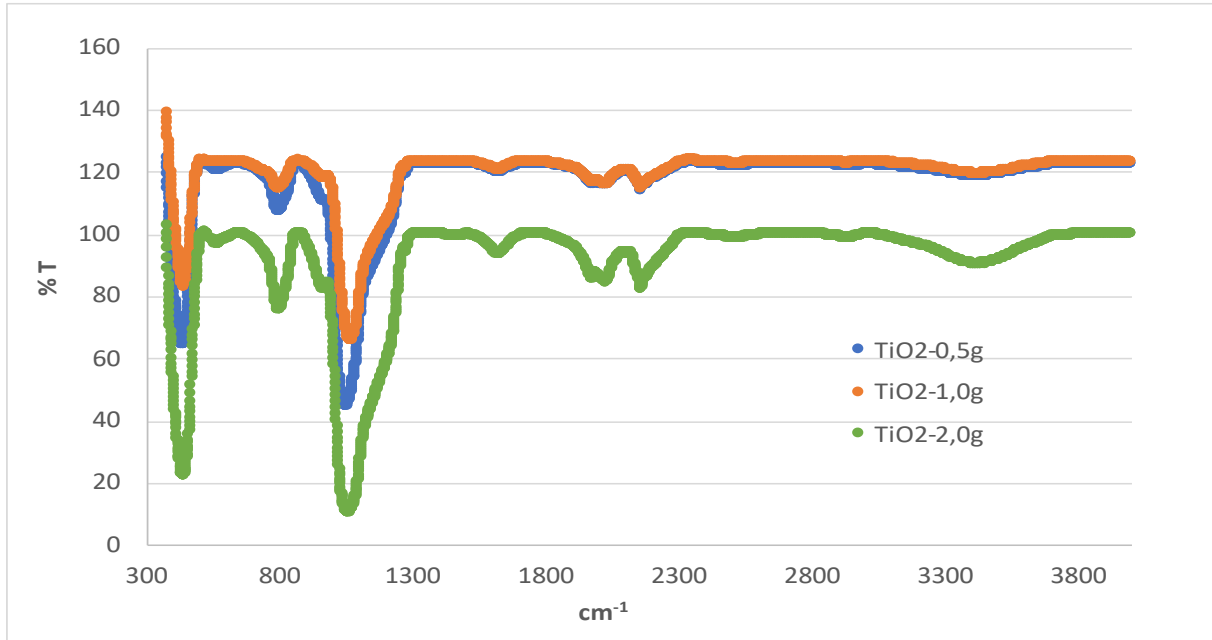
	S_{BET} (m^2/g)	S_{ext} (m^2/g)	S_{mic} (m^2/g)	V_t (cm^3/g)	V_{mic} (cm^3/g)	V_{mezo} (cm^3/g)	Nanotanecek boyutu (\AA)	Gözenek genişliği (\AA)
GKK-1g	59,48	33,89	25,58	0,093	0,011	0,082	1008,79	62,85
GKK-3g	145,19	93,93	51,26	0,138	0,022	0,116	413,247	38,08
GKK-5g	174,30	131,48	42,81	0,200	0,019	0,181	344,24	46,05



Şekil 6. Farklı GKK miktar çalışmaları sonucunda üretilen gözenekli malzemelerin SEM görünümleri (5000 X)

3.3 TiO_2 miktar belirleme çalışması

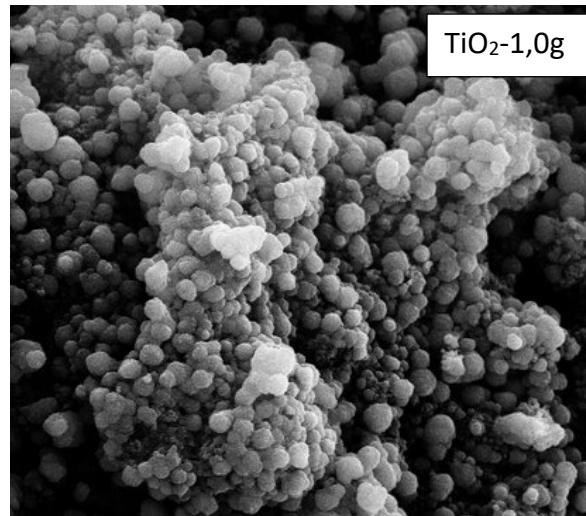
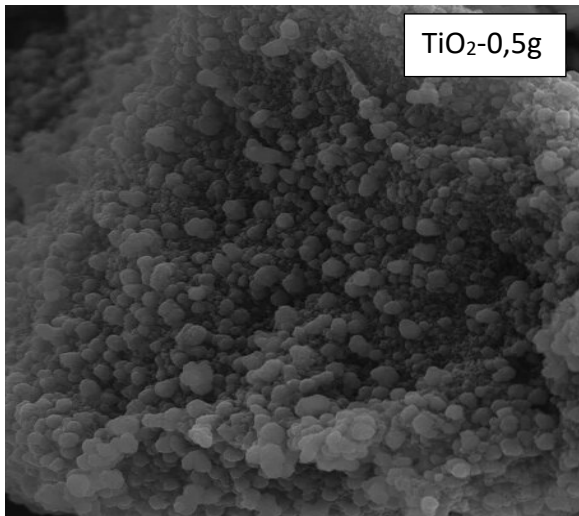
DON-UV-K prosesi uygulanarak 3g GKK miktarında farklı TiO_2 miktarları (0,5-1,0-2,0 g) çalışması sonucunda üretilen malzemelerin FT-IR spektrumlarının aynı olduğu gözlenmiştir (Şekil 7). Bu malzemelerin yüzey alanları sonuçlarına göre TiO_2 -0,5g ve TiO_2 -1,0g malzemelerinin yüzey alanı değerleri 143,53 ve 145,19 m^2/g , ancak TiO_2 -2,0g malzemesinin yüzey alanı ise 169,85 m^2/g olarak daha yüksek olduğu belirlenmiştir (Tablo 3). SEM görünümüne göre TiO_2 -2,0g malzemesinin daha homojen bir yapıda olduğu gözlenmiştir. En uygun TiO_2 miktarının 2 g olduğu tespit edilmiştir.

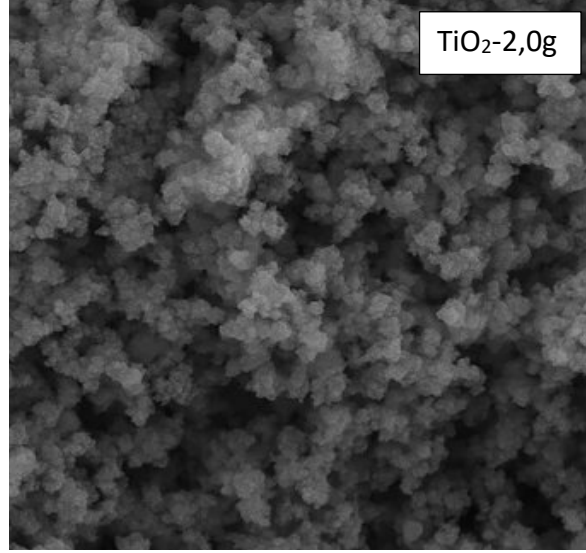


Şekil 7. DON-UV-K prosesinde yapılan TiO₂ miktar çalışmaları sonucunda üretilen gözenekli malzemelerin FT-IR spektrumu (GKK=3g)

Tablo 3. Farklı TiO₂ miktar çalışmaları sonucunda üretilen gözenekli malzemelerin yüzey alanı ve gözeneklilik değerleri

	S _{BET} (m ² /g)	S _{ext} (m ² /g)	S _{mic} (m ² /g)	V _t (cm ³ /g)	V _{mic} (cm ³ /g)	V _{mezo} (cm ³ /g)	Nanotanecek boyutu (Å°)	Gözenek genişliği (Å°)
TiO₂-0,5g	143,53	88,79	54,74	0,137	0,024	0,113	418,044	38,13
TiO₂-1,0g	145,19	93,93	51,26	0,138	0,022	0,116	413,247	38,08
TiO₂-2,0g	169,85	119,36	50,49	0,194	0,022	0,172	353,248	45,60





Şekil 8. Farklı TiO₂ miktar çalışmaları sonucunda üretilen gözenekli malzemelerin SEM görüntüleri (5000 X)

4. SONUÇ

Çalışmada TiO₂ ve Geri Kazanılmış Karbon (GKK) kullanılarak sol jel yöntemiyle hazırlanan aerojele farklı proseslerin (Donma, UV kürlendirme ve kalsinasyon) farklı sıralamalarda uygulanarak gözenekli malzeme üretilmesi amaçlanmıştır. Çalışmada sırasıyla Donma-UV kürlendirme-Kalsinasyon proseslerinin uygulandığı ve 3 g GKK, 2 g TiO₂'nin kullanıldığı aerojel çalışmasında homojen gözenekliliğe sahip en yüksek yüzey alanlı gözenekli malzeme elde edilmiştir. Çalışma sonucunda elde edilen bu malzeme, enerji depolama, adsorplama, kompozit malzeme üretimi gibi farklı alanlarda kullanılabilirliğinin ortaya konması için yeni projelere öncülük edecektir.

5. KAYNAKÇA

- 1) Huo, Q. (2011), "Synthetic Chemistry of the Inorganic Ordered Porous Materials", Modern Inorganic Synthetic Chemistry, Pages 339-373
- 2) Kalemtaş, A., Özey, N., Topateş, G. (2015), "Gözenekli Si₃N₄-SiC Kompozitler"
- 3) Jiang, G., Shen, Y. (2017), "Sound absorptive properties of activated carbon fibers", [Activated Carbon Fiber and Textiles](#), Woodhead Publishing Series in Textiles, Pages 193-207
- 4) Nishiyabu, K., (2012), "Powder space holder metal injection molding (PSH-MIM) of micro-porous metals", [Handbook of Metal Injection Molding](#), Woodhead Publishing Series in Metals and Surface Engineering, Pages 349-390.
- 5) Surekha, K., Sundararajan, S.(2015), "Self-cleaning glass", [Anti-Abrasive Nanocoatings](#), Current and Future Applications, Pages 81-103