



## Soda ve MgO ile aktive edilmiş Kalecik bentonit örneğinin bazı fiziksel özelliklerinin incelenmesi

### Investigation of some physical properties of Kalecik bentonite sample activated with soda and MgO

Turan Kılınc<sup>1,\*</sup>, Yakup Cebeci<sup>2</sup>, Mehmet Sabri Çelik<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Sivas Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Madencilik ve Maden Çıkarma Bölümü, 58140, Sivas, Türkiye

<sup>2</sup> Sivas Cumhuriyet Üniversitesi, Kimya Mühendisliği Bölümü, 58140, Sivas, Türkiye

<sup>3</sup> İstanbul Teknik Üniversitesi, Cevher Hazırlama Mühendisliği Bölümü, 34469, İstanbul, Türkiye

#### Öz

Bentonitlerin endüstride kullanılabilmesi için bazı standartları (şişme, viskozite, filtrasyon kaybı değerleri gibi) sağlaması gerekmektedir. Bu özellikleri sağlayan ve herhangi bir işleme tabii tutulmadan kullanılan bentonit yatakları bulunmaktadır. Ancak, bunun yanında pek çok bentonit yatağı istenilen özellikleri taşımamaktadır. Bu çalışmada Kalecik bentonit örneğinin endüstriyel özelliklerini geliştirmek amacıyla soda ve MgO ile aktivasyon çalışmaları yapılmıştır. Bulgularda soda ile aktive edilen bentonit örneklerinin katyon değişim kapasitesi (KDK), şişme, viskozite, likit limit değerlerinde kısmi iyileşmeler (KDK 89.67 meq/100 g, şişme 16 ml, viskozite 8.5 cP, likit limit %201) olduğu görülmüştür. Filtrasyon kaybı değerinin (26,8 ml) ise başlangıçta değişmediği, bununla birlikte artan katkı oranlarında filtrasyon kaybının arttığı görülmüştür. MgO katkısı ile yapılan deneylerde de benzer bulgular (KDK 70.65 meq/100 g, şişme 15 ml, viskozite 8 cP, likit limit %211) elde edilmiştir. MgO katkısı kullanılan deneylerde filtrasyon kaybı değerlerinin ham örneğe göre daha fazla arttığı izlenmiştir. En düşük filtrasyon kaybının 29.2 ml olduğu görülmüştür. Fiziksel özelliklerdeki değişimler, aktivasyon sonucunda bentonit birim tabakalarındaki Na<sup>+</sup> ve MgO<sup>+2</sup> iyonlarının artmasıyla ilişkilendirilmiştir.

**Anahtar kelimeler:** Bentonit, Aktivasyon, Soda, MgO

#### 1 Giriş

Bentonit; camsi, genellikle volkanik kül veya tüf malzemenin kimyasal alterasyon ya da devitrifikasyon sonunda oluşmuş, kristalin kil benzeri mineraller içeren bir kayaç olarak tanımlanmıştır [1]. Ayrıca, bentonit kayacının çoğunlukla montmorillonit minerali ve daha az sıklıkla beydellit minerali bileşiminde olduğu belirtilmiştir [2,3]. Bununla birlikte volkanik kül veya tüfün bozulması ile oluşmayan veya kökeni tam olarak bilinmeyen bentonit olarak tanımlanan killer de bulunmaktadır. Bentoniti başkını olarak oluşturan smektitler (montmorillonit) kristal yapısına göre; üç katlı (T.O.T) killer arasında yer almakta ve iki silika tetrahedral (T) tabaka ile merkezde oktahedral (O) bir tabakadan meydana gelmektedir [4,5]. Tetrahedral yapı üç tanesi temel (alt) düzlemde bir tanesi üst uç köşede, eşit

#### Abstract

Bentonites must meet some standards (such as swelling, viscosity, filtration loss values) in order to be used in industry. There are bentonite deposits that provide these properties and are used without any processing. However, many bentonite deposits do not have the desired properties. In this study, activation studies were carried out with soda and MgO in order to improve the industrial properties of Kalecik bentonite sample. In the findings, it was observed that the cation exchange capacity (KDK), swelling, viscosity, liquid limit values of the bentonite samples activated with soda were partially improved (KDK 89.67 meq/100 g, swelling 16 ml, viscosity 8.5 cP, liquid limit 201%). It was observed that the filtration loss value (26.8 ml) did not change at the beginning, however, it increased with increasing additive ratios. Similar findings (KDK 70.65 meq/100 g, swelling 15 ml, viscosity 8 cP, liquid limit 211) were obtained in experiments with MgO additive. In experiments using MgO additive, it was observed that the filtration loss values increased more than the raw sample. The lowest filtration loss was found to be 29.2 ml. Changes in physical properties were associated with the increase of Na<sup>+</sup> and MgO<sup>+2</sup> ions in bentonite unit layers as a result of activation.

**Keywords:** Bentonite, Activation, Soda, MgO

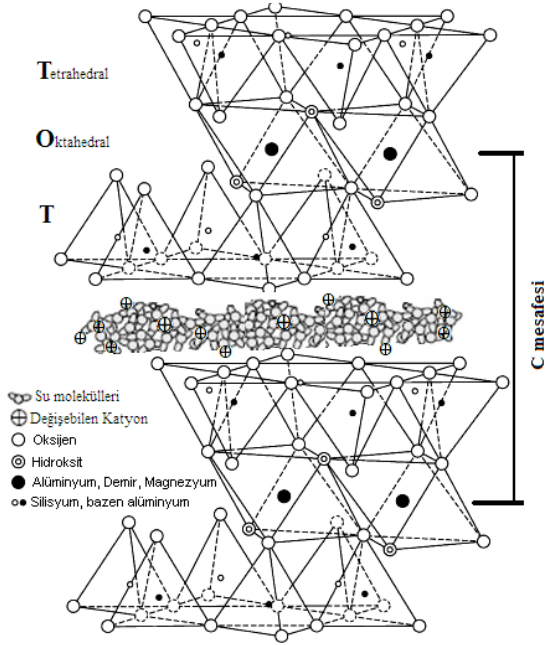
uzaklıkta olmak üzere dört oksijen veya hidroksil atomu ile merkezde bir silisyum atomuna sahiptir. Oktahedral tabaka merkezinde alüminyum, demir veya magnezyum atomlarından birinin, kendinden eşit uzaklıkta altı adet oksijen atomu veya hidroksil iyonu ile çevrelenmesiyle oluşmuştur [6,7]. Bentonitin kristal yapısı Şekil 1'de verilmiştir.

Bentonit, sahip olduğu fiziksel ve kimyasal özelliklerinden dolayı, endüstride birçok sektörde kullanım alanına sahiptir [8,9]. Kullanım alanları arasında başlıca döküm ve sondaj sektörü olmak üzere, ilaç, seramik, kâğıt, lastik, inşaat, temizlik, gübre, yangın söndürücü ve boya gibi sektörler bulunmaktadır.

\* Sorumlu yazar / Corresponding author, e-posta / e-mail: tkilinc@cumhuriyet.edu.tr (T. Kılınc)

Geliş / Received: 11.04.2022 Kabul / Accepted: 06.09.2022 Yayınlanma / Published: 14.10.2022

doi: 10.28948/ngumuh.1101636



Şekil 1. Bentonit'in Kristal Yapısı [8]

Bentonit, birim katmanların arasında bulunan değişebilir katyonların türüne ve miktarına göre; Na-bentonit, Ca-bentonit ve ara (mix) tip bentonit olmak üzere üç gruba ayrılmaktadır [10]. Genel olarak aktivasyon işlemleri kalsiyum ve diğer alkali bentonitlerin kullanım alanlarını genişletmek, kalitesini yükseltmek amacıyla yapılmaktadır. Aktivasyon işleminde, soda ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) veya hafif soda ( $\text{NaHCO}_3$ ) kullanılarak iyon değiştirmek suretiyle şişme oranı yüksek, Na- bentonit üretilmektedir. Endüstride aktivasyon, ocaktan çıktığı haliyle bentonite toz ya da solüsyon halindeki sodayı karıştırarak gerçekleştirilmektedir.

Bentonitin özelliklerini geliştirmek amacıyla ve aktive etmek için  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{NaOH}$ ,  $\text{Mg}(\text{OH})_2$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  gibi katkı maddeleri ile ilgili çeşitli çalışmalar yapılmıştır [11-16]. Literatürde,  $\text{Na}^+$  içeriğinin reolojik özellikleri artırmada en önemli parametre olduğu, ayrıca daha iyi jel mukavemeti sağlamak için ise  $\text{Mg}^{+2}$  iyonlarının gerekliliği belirtilmiştir [17,18]. Hofmann ve Endell [19] tarafından önerilen aktivasyon işleminde, %35-40 nemlendirilen bentonit genellikle %1-5 soda ile aktive edilmiştir [20-22]. Bentonitlerin aktivasyonunda farklı araştırmacılar tarafından suda çözünen polimerler ve benzer bileşiklerin karışımları da kullanılarak araştırmalar yapılmıştır [23-28, 18].

Bu çalışma kapsamında, Kalecik bentonit örneğinin endüstride kullanılabilirliği araştırılmıştır. Kullanım alanlarını geliştirmek için soda ve  $\text{MgO}$  ile aktive edilmiştir. Aktive edilmiş örneklerle, katyon değişim kapasitesi (KDK), şişme, viskozite, filtrasyon kaybı ve likit limit deneyleri yapılarak elde edilen bulgular, ham örneğe ait değerlerle birlikte değerlendirilmiştir.

## 2 Malzeme ve yöntem

### 2.1 Malzeme

Deneylerde, ticari ismi Kalecik olan ve Çankırı-Türkiye'de faaliyet gösteren bir bentonit firmasından alınan

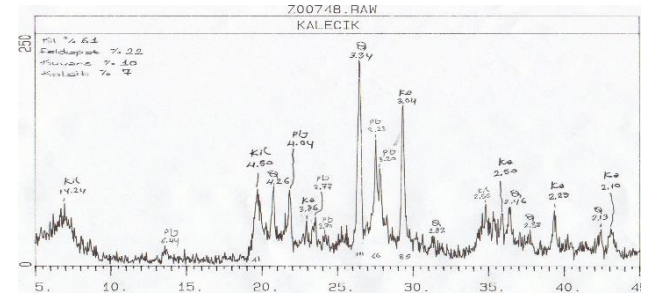
bentonit örneği kullanılmıştır. Tane iriliği  $+10 \text{ cm} +0,19 \text{ mm}$  numuneden konileme-dörtleme yolu ile temsili numuneler alınmış ve ağızları bağlı poşet torbalar içerisinde muhafaza edilmiştir.

Kalecik bentonit örneğinin XRD analizi C.Ü. Müh. Fak. Jeoloji Müh. Böl. MİPJAL laboratuvarında, kimyasal analizi ise Yibitaş Lafarge (eski ismi ile) Çimento fabrikası kimyasal analiz laboratuvarında yapılmıştır. Bentonit örneğine ait kimyasal analiz değerleri Tablo 1'de verilmiştir. Mineralojik analiz sonuçlarında montmorillonit %61, feldispat %22, kuvars %10 ve kalsit %7 oranında bulunmuştur (Şekil 2).

Tablo 1. Kalecik bentonitinin kimyasal analiz sonuçları

$\text{SiO}_2$	$\text{Al}_2\text{O}_3$	$\text{Fe}_2\text{O}_3$	$\text{MgO}$	$\text{CaO}$	$\text{Na}_2\text{O}$	$\text{K}_2\text{O}$	A.Z.
(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
60.20	15.76	5.29	2.45	4.76	2.25	1.71	7.58

Kimyasal analizler sonunda elde edilen değerler bentonit örneğinin  $(\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O})/(\text{CaO} + \text{MgO})=0,55$  ara tip (Na-Ca) bentonit olduğunu göstermiştir (Tablo 1). Bu oran  $(\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O})/(\text{CaO} + \text{MgO})$  1'e eşit veya 1'den büyükse Na bentonit, 1'den küçük veya  $1/3$  'e kadar ise Na-Ca bentonit (ara tip),  $1/3$ 'den küçükse Ca bentonit olarak kabul edilmektedir [29].



Şekil 2. Kalecik bentonitinin XRD analiz sonuçları

### 2.2 Yöntem

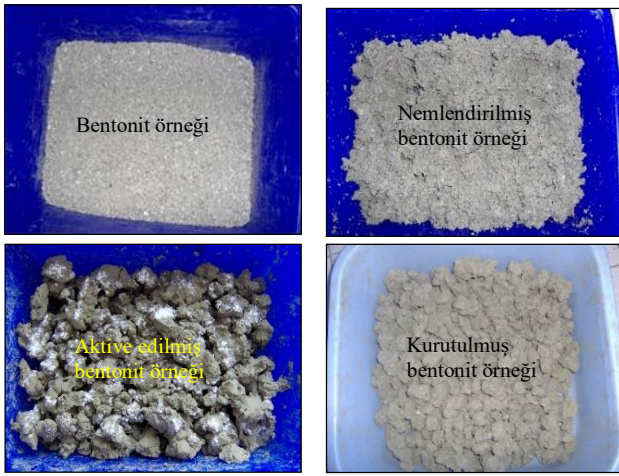
Deneylerde kullanılan bentonit örneklerine ait katyon değişim kapasitesi (KDK) değeri, ASTM 837 C standardına göre metilen mavisi testiyle belirlenmiştir. Şişme değerleri, 100 ml saf su içerisindeki kurutulmuş 2 gr toz haldeki bentonit hacmini ifade etmektedir (ASTM D 5890-95). Karışımın viskozitesi ve filtrasyon kaybı Fann marka cihazlar kullanılarak ölçülmüştür. Viskozite değerleri Amerikan Petrol Enstitüsü API (Amerikan Petrol Enstitüsü) standartlarına göre %6 bentonit içeren süspansiyonda ölçülmüştür. Likit limit değerleri TS 1900 standartları kullanılarak bulunmuştur. Kalecik ham bentonit örneğine ait fiziksel özellikler Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 2. Bentonitin bazı fiziksel özellikleri

KDK, meq / 100 g	59.78
Şişme İndeksi, ml	12.00
pH	9.75
FANN Viskozitesi (24 saat)	
300 dev/dk	4.00
600 dev/dk	8.00
Filtrasyon Kaybı, ml	26.80
Likit Limit, %	198

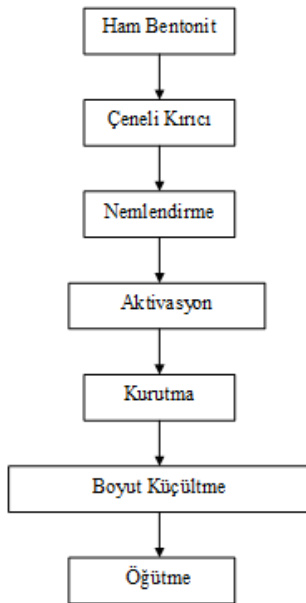
### 2.3 Bentonit aktivasyonu

Bu çalışmada, kuru aktivasyon yöntemi uygulanmıştır. Aktivasyon işlemlerinde soda ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ , Merck,  $M=105.99$  g/mol, %99.9 saflıkta) ve MgO (Merck,  $M=40.30$  g/mol, %98-100.5 saflıkta) kullanılmıştır. Kuru aktivasyonda ürünün ocaktan çıktığı nem durumu (~%40) esas alınmıştır. Ham bentonit örnekleri çeneli kırıcı yardımıyla +2 mm boyutuna kadar kırılmış, daha sonra nemlendirme yapılmıştır. Nemlendirme işlemi su püskürtülerek ve karıştırılarak yapılmıştır. Örnekler üzerine sırasıyla ağırlıkça (kuru esasta) %0.5, %1, %2, %3 oranında toz haldeki soda ve MgO serpiştirilerek elle karıştırma işlemi yapılmıştır. Aktivasyon işlemine ait aşamalar Şekil 3'de, aktivasyon akım şeması ise Şekil 4'de verilmiştir.



Şekil 3. Aktivasyon aşamaları

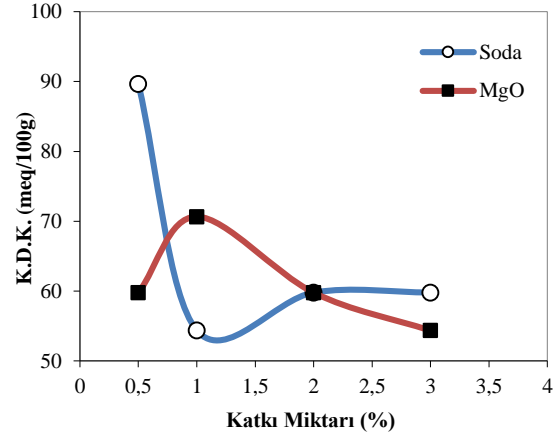
Aktive edilmiş bentonit örnekleri atmosfer koşullarında 15-20 gün bekletilerek nem oranı düşürüldükten sonra 60 °C'de etüvde kurutulmuştur. Kurutulan örnekler deneylerde kullanılmak üzere  $-150 \mu\text{m}$ 'ye öğütülmüştür.



Şekil 4. Aktivasyon akım şeması

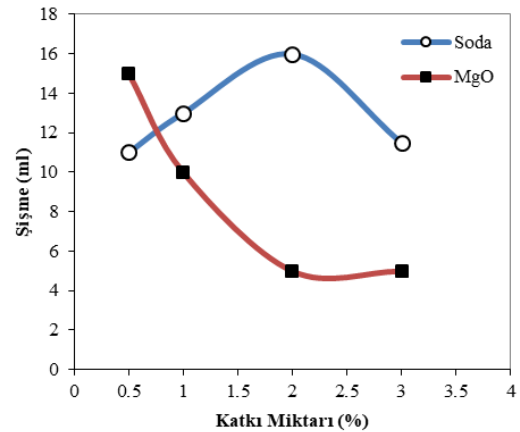
### 3 Bulgular ve tartışma

Aktive edilen örneklerin KDK değerleri Şekil 5'de verilmiştir. Soda ile aktivasyon sonucunda elde edilen bulgularda bentonit örneklerinin KDK değerlerinin artan katkı oranı ile azaldığı, %2 soda katkı oranından sonra değişmediği görülmüştür. En yüksek KDK değerinin %0.5 soda katkı oranında 89.67 meq/100 g olduğu, MgO ile aktivasyonunda ise KDK değerinin en yüksek, %1 katkı oranında 70.65 meq/100 g olarak elde edildiği belirlenmiştir. Artan MgO katkı oranlarında ise azaldığı görülmüştür.



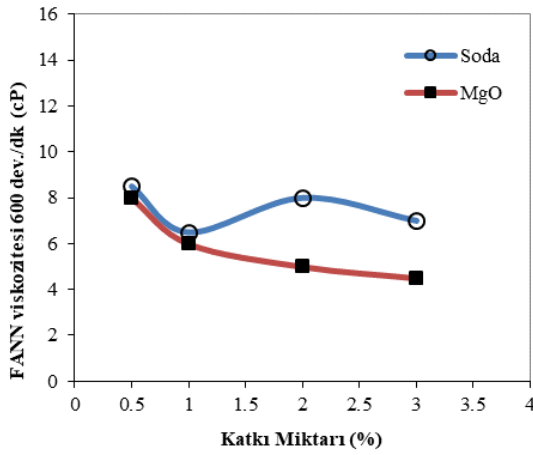
Şekil 5. Aktive edilmiş bentonit örneğinin KDK değerlerinin karşılaştırılması

Şişme değerlerinin değişimi Şekil 6'de verilmiştir. Genel olarak soda ile aktive edilmiş örneklerde şişme değerlerinde önce 16 ml'ye kadar bir artış sağlanmış, sonra 11,5 ml'ye kadar azalma görülmüştür. En yüksek şişme değeri %2 soda katkısında 16 ml olarak elde edilmiştir. MgO ile aktive edilmiş örneklerde artan katkı oranı ile şişme değeri 2.5-3.5 ml'ye kadar azalmıştır. En yüksek değer %0.5 katkı oranında 15 ml elde edilmiştir. Kalecik bentonitinin şişme değerlerinin bazı katkı oranlarında arttığı görülmüştür. Farklı bentonitlerle yapılan bazı aktivasyon çalışmalarında da şişme değerlerinin değişik katkı oranlarında artabileceği belirtilmiştir. [16,18,30].



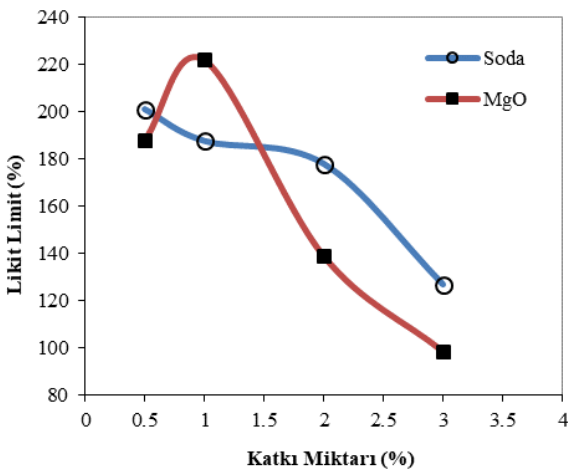
Şekil 6. Aktive edilmiş bentonit örneğinin şişme değerlerinin karşılaştırılması

Viskozite ölçümlerinden elde edilen bulgular Şekil 7’de verilmiştir. Soda ile aktive edilmiş örneklerde en yüksek viskozite değeri %0.5 soda katkı oranında 600 dev/dk’da 8,5 cP olarak elde edilmiştir. Katkı oranlarının artmasına rağmen viskozite değerlerinin değişmediği 6.5 cP ve 8.5 cP arasında olduğu görülmüştür. MgO ile aktive edilmiş örneklerde en yüksek değer, 600 dev/dk’da 8 cP bulunmuştur. Katkı oranı arttığında viskozite değerlerinin azaldığı izlenmiştir. Kütle oranı  $(Na_2O + K_2O)/(CaO + MgO) = 0.57$  olan ara tip bir bentonit örneği ile yapılan benzer bir çalışmada, soda veya MgO ile ayrı ayrı aktive edilen numunelerin viskozitelerinde önemli bir değişiklik görülmediği belirtilmiştir [18].



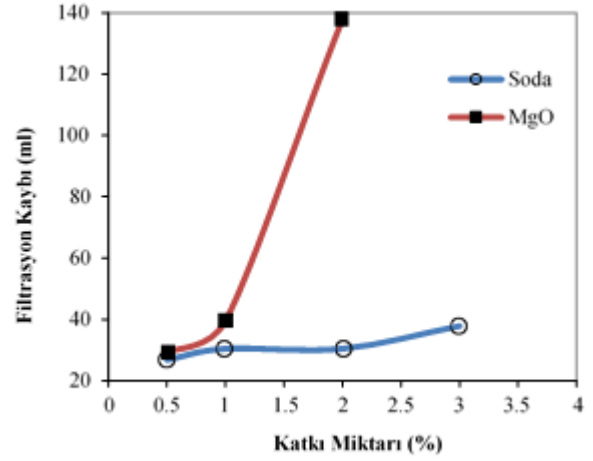
Şekil 7. Aktive edilmiş bentonit örneğinin 600 dev/dk viskozite değerlerinin karşılaştırılması

Likit limit değerlerinin katkı oranlarına göre değişimi Şekil 8’de verilmiştir. Artan soda katkısıyla likit limit değerlerinde azalma görülmüştür. Soda ile aktive edilen örneklerde %0,5 katkı oranında en yüksek likit limit değeri elde edilmiştir (%201). Genel olarak MgO ile aktive edilen örneklerin likit limit değerleri artan katkı oranları ile azalmış ve ham örnekten daha düşük değerlere ulaşılmıştır. En yüksek likit limit değeri %1 MgO katkı oranında %222 olarak elde edilmiştir.



Şekil 8. Aktive edilmiş bentonit örneğinin likit limit değerlerinin karşılaştırılması

Filtrasyon kaybı değerlerinin katkı miktarına göre değişimi Şekil 9’de verilmiştir. Soda ile aktive edilen örneklerin filtrasyon kayıp değerleri ham örneğe yakın bulunmuştur. En az filtrasyon kaybı %0.5 soda katkı oranında (26.8 ml) elde edilmiştir. MgO ile aktive edilmiş örneklerde filtrasyon kayıpları ham örnekten çok daha fazla olmuştur. En az filtrasyon kaybı %0.5 MgO katkı oranında 29.2 ml olarak elde edilmiştir. Aktivasyonun filtrasyon kaybını olumsuz etkilediği, filtrasyon kaybı değerlerini artırdığı, benzer çalışmalarda da ortaya konmuştur [16,18].

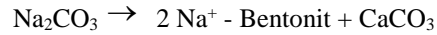
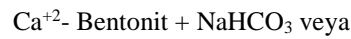


Şekil 9. Aktive edilmiş bentonit örneğinin filtrasyon kaybı değerlerinin karşılaştırılması

Endüstride bentonitlerin, viskozite ve şişme özelliklerinin yüksek, filtrasyon kaybının ise düşük değerlerde olması istenmektedir [31-33]. Genel olarak hem soda hem de MgO’nin düşük miktarlarda kullanıldığı aktivasyon ürünlerinde bentonitin bu fiziksel özelliklerinin geliştiği görülmüştür. Bentonit aktivasyonunun mekanizmalarının;

1. Genellikle iyon değişimi,
2. İyon adsorpsiyonu,
3. Parçacık-parçacık etkileşimleri (heterokoagülasyon)

şeklinde gerçekleşebileceği belirtilmiştir [18]. Örneğin iyon değiştirme yoluyla oluşan aktifleştirme reaksiyonu aşağıdaki gibi ifade edilebilir.



Elde edilen bulgulardan görüldüğü gibi kation değişim kapasitesi (KDK), şişme, viskozite ve likit limit değerlerinde, bazı katkı oranlarında hem soda hem de MgO aktivasyonunda ham örnekten kısmen daha yüksek değerler elde edilmiştir. Düşük katkı oranlarında (%0,5) hem soda hem de MgO katkısında kdk değerlerinin artması bentonit tabakaları arasındaki değişebilir iyonların ( $Na^+$  ve  $MgO+2$ ) hareketliliğinden dolayı daha kolay yer değiştirdiğini ortaya koymaktadır. Aktive edilen bentonitlerde  $Na^+$  ve  $MgO+2$  iyonlarının artması ile birim tabakalarının arasına daha fazla su moleküllerinin girmesiyle şişme değerlerinin arttığı

düşünülmektedir. Şişme değeri su moleküllerinin veya diğer polar iyonların birim tabakaların arasına girmesiyle, c eksenini yöndeki genişleme kapasitesidir (Şekil 1) [34,35].

Artan şişme nedeniyle, birim tabakalarının arasına daha çok su molekülünün girmesinden dolayı süspansiyon içerisindeki su miktarının azalarak ortamın viskozite ve likit limit değerlerinin arttığı düşünülmektedir. Artan aktivasyon katkılarında ise, hem soda hem de MgO'nin çözünmeden kaldığı ve iyon değişiminin gerçekleşmediği, bu nedenle bentonitin fiziksel özelliklerinde iyileşmelerin olmadığı görülmüştür. Filtrasyon kaybı değerlerinde soda aktivasyonunda bir değişiklik olmazken MgO ile aktivasyonda daha yüksek değerler elde edilmiştir. Benzer şekilde, aktive olmadan ortamda kalan soda ve MgO nedeniyle bentonit tabakaları ortamda yeterince su molekülünü tutamadığından, filtrasyon kaybının arttığı ve bir iyileşmenin olmadığı belirlenmiştir.

#### 4 Sonuçlar

Aktive edilmiş bentonit örneklerinin fiziksel özelliklerine ait değerlerde kısmen artışlar olduğu ortaya konmuştur. Ancak bu değer artışlarının düşük miktarlarda olduğu ve artan soda ve MgO katkılarında ise beklenen artışın olmadığı belirlenmiştir. Test edilen fiziksel özellik değerlerinin en çok kullanıldığı sondaj sektöründe API veya TS EN ISO 13500 standartları kullanılmaktadır. Bu standartlara göre viskozite en az 30 cP (600 dev/dk'da), filtrasyon kaybı en çok 15 ml ve şişme değeri en az 22 ml olmalıdır. [18,36]. Bulgular ham Kalecik bentonit örneğinin ve aktive edilmiş örneklerin bu standartların tamamını karşılayamadığını göstermiştir. Bu durum aktivasyon süresinin kısa olması ve karıştırma şekli gibi laboratuvar koşulları ile ilişkilendirilebilir. Daha sonra yapılacak aktivasyonda çalışmalarının daha uzun süre ve daha etkili bir karıştırma yöntemi ile yapılması önerilmektedir. Böylece daha iyi sonuçlar elde edilebileceği ve ilgili standartlara uygun olabileceği düşünülmektedir.

#### Çıkar çatışması

Yazarlar çıkar çatışması olmadığını beyan etmektedir.

**Benzerlik oranı (iThenticate):** %3

#### Kaynaklar

- [1] C.S. Ross and E.V. Shannon, Minerals of bentonite and related clays and their physical properties, J. Am. Ceram. Sci. 9, 77-96, 1926. <https://doi.org/10.1111/j.1151-2916.1926.tb18305.x>
- [2] R.E Grim, Clay Mineralogy, 2nd edition. McGraw Hill, New York, 1968.
- [3] H.H Murray, Applied Clay Mineralogy: Occurrences, Processing and Application of Kaolins, Bentonites, Palygorskite-Sepiolit, and Common Clays, Developments in Clay Science 2. Elsevier Publishing Company, 2007.
- [4] G.W. Brindley and G. Brown, Crystal Structures of Clay Minerals and their X-Ray Identification. Mineralogical Society, London, 1980.
- [5] M. Alastair, H. Andrew, P. Pascaline, E. Mark and W. Pete, Alkali activation behaviour of un-calcined

- montmorillonite and illite clay minerals. Applied Clay Science 166, 250–261, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.clay.2018.09.011>
- [6] R.E. Grim, Applied Clay Mineralogy. McGraw Hill, New York, Toronto, London, 1962.
- [7] S. Peker, E. Buyura, B.Yıldız, U. Köktürk, ve H. Yılmaz, Kil karışımlarının reolojik davranışlarında iyon değişiminin etkisi. 10. Ulusal Kil Sempozyumu. sayfa 18-26. Konya, 2001.
- [8] K. Çinku, F.Boylu, F. Duman ve M.S. Çelik, Bentonitlerin zenginleştirme ve soda ile aktivasyonunda sudaki iyon varlığı ve miktarının ürün özellikleri üzerindeki etkisi. İstanbul Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi 1, 9-18, 2010.
- [9] S. Özgen, Düşük Kaliteli Bentonitlerin Knelson Konsantratör ile Zenginleştirilmesi. El-Cezeri Fen ve Mühendislik Dergisi 7(3), 1407-1416, 2020. <https://doi.org/10.31202/ecjse.750751>
- [10] J.A. Bain and D.J. Morgan, Laboratory separation of clays by hydrocycloning. Clay Minerals 18, 33–47, 1982.
- [11] F. Szanto, M. Gilde-Farkas, B. Varkonyi and J. Balazs, Binding of Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> by bentonite fractions. Acta Geol. Acad. Sci. Hung. 11(4), 409, 1967.
- [12] R.L. Bleifuss, Activation of non-swelling bentonite. Clay Minerals. 10(1), 1973. <https://doi.org/10.1180/claymin.1973.010.1.05>
- [13] G. Lagaly, M. Müller-Vonmoos, G. Kahr and R.Fahn, Vorgänge bei der Sodaaktivierung von Bentoniten am Beispiel eines Bentonits von Neuseeland. Keram. Z. 33, 278–283, 1981.
- [14] G.R. Alther, The role of bentonite in soil sealing applications. Bull. Assoc. Eng. Geol. 19(4), 401, 1982. <https://doi.org/10.2113/gsegeosci.xix.4.401>
- [15] N. Yıldız, Y. Sarıkaya and A. Çalımlı, The effect of the electrolyte concentration and pH on the rheological properties of the original and the Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>-activated Kütahya bentonite. Applied Clay Science 14, 319, 1999. [https://doi.org/10.1016/S0169-1317\(99\)00006-X](https://doi.org/10.1016/S0169-1317(99)00006-X)
- [16] F. Boylu, Modelling and optimisation of ageing characteristics of soda activated Na-bentonites. Appl. Clay Sci. 83(84), 300-307, 2013. <https://doi.org/10.1016/j.clay.2013.08.024>
- [17] F. Lebedenko and D. Plee, Some consideration on the aging of Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> activated bentonites. Applied Clay Science 3, 1–10, 1988. [https://doi.org/10.1016/0169-1317\(88\)90002-6](https://doi.org/10.1016/0169-1317(88)90002-6)
- [18] C. Karagüzel, T. Çetinel, F. Boylu, K. Çinku and M.S. Çelik, Activation of (Na, Ca)-bentonites with soda and MgO and their utilization as drilling mud. Applied Clay Science 48, 398–404, 2010. <https://doi.org/doi:10.1016/j.clay.2010.01.013>
- [19] U. Hofmann and K. Endell, British Patent 458240. 1936
- [20] S. Abend and G. Lagaly, Sol-gel transitions of sodium montmorillonite dispersions. Applied Clay Science 16, 201–227, 2000. [https://doi.org/10.1016/S0169-1317\(99\)00040-X](https://doi.org/10.1016/S0169-1317(99)00040-X)

- [21] F. Bergaya, B.K.G. Theng and G. Lagaly, Handbook of clay science. Conventional Applications, pp. 501–540. 2006
- [22] F. Boylu, Optimization of foundry sand characteristics of soda-activated calcium bentonite. Applied Clay Science 52, 104–108, 2011. <https://doi.org/10.1016/j.clay.2011.02.005>
- [23] P.P. Scott and Jr. T. Okla, Low solids drilling fluid, US-Patent Office. US 3070543, 1962.
- [24] J.L. Lumus and T. Okla, Method of drilling with polymer-treated drilling fluid. US-Patent Office. US 3472325, 1969.
- [25] B.L. Swanson and B. Okla, Drilling fluids, US-Patent Office US 3525688, 1970.
- [26] Jr. J.E. Glass, Hec-bentonite compatible blends. US-Patent Office. US 4561985, 1985.
- [27] G.M. Bol, Bentonite quality and evaluation methods. Society of Petroleum Engineering Drilling Engineering 288–296, 1986. <https://doi.org/10.2118/13454-PA>
- [28] C.L. Burdick, Aqueous systems comprising an ionic polimer and a viscosity promoter, processes for their preparation, and uses thereof, US-Patent Office, US 6359040, 2002.
- [29] Y. Günay, S. Değirmenci, B. Şirin ve N. Akarlar, Türkiye'de döküm bentonitinin 2000'lerde iyileştirilmesi. Metalurji Dergisi 126, 13–19, 2001
- [30] A.L.V. Carmo, R.S. Angélic and S.P.A. Paz, Ageing characteristics related to cation exchange and interlayer spacing of some Brazilian bentonites. Heliyon Volume 7(2), 2021. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e06192>
- [31] M. A. Agha, R. E. Ferrell, G. F. Hart, M. S. A. El Ghar and A. Abdel-Motelib, Physical properties and Na-activation of Egyptian bentonitic clays for appraisal of industrial applications. Applied Clay Science 131, 74–83, 2016. <http://dx.doi.org/10.1016/j.clay.2015.08.016>
- [32] B. İpekoğlu, İ. Kurşun, Y. Bilge ve A. Barut, Türkiye bentonit potansiyeline genel bir bakış. II. Endüstriyel Hammaddeler sempozyumu, sayfa. 51–69, İzmir, 1997.
- [33] H.H. Murray, Traditional and new applications for kaolin, smectite, and palygorskite, a general overview, Applied Clay Science 17, 207–221, 2000. [https://doi.org/10.1016/S0169-1317\(00\)00016-8](https://doi.org/10.1016/S0169-1317(00)00016-8)
- [34] B. Velde, Introduction to clay minerals-chemistry, orgins, uses and environmental significance. Chapman&Hall., 200 p, 1992.
- [35] H. Yalçın, Kil mineralojisi ve jeolojisi ders notları. Sivas, 2004.
- [36] İ. Acar, E. Doğan, F. Urhan, ve A.Ö. Ak, İki farklı polimerin sondaj çamuru özellikleri üzerine etkileri. Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi, (20), 479-484. 2020. <https://doi.org/10.31590/ejosat.765132>

