

**Atf İçin:** Özkan A, Eker Ç, Özkan V, 2022. Ham ve Genleştirilmiş Perlitin Su Bazlı Sondaj Çamuruna Etkisinin Karşılaştırılması. Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 12(3): 1644 - 1656.

**To Cite:** Ozkan A, Eker C, Ozkan V, 2022. Comparison of The Effect of Raw and Expanded Perlite on Water Based Drilling Mud. Journal of the Institute of Science and Technology, 12(3): 1644 - 1656.

### Ham ve Genleştirilmiş Perlitin Su Bazlı Sondaj Çamuruna Etkisinin Karşılaştırılması

Abdullah ÖZKAN<sup>1\*</sup>, Çağlar EKER<sup>2</sup>, Vildan ÖZKAN<sup>1</sup>

**ÖZET:** Sondaj uygulamalarında başarılı bir operasyon gerçekleştirmek için kullanılan sondaj akışkanının performansı oldukça önemlidir. Son zamanlarda özellikle pahalı teknolojilerin kullanıldığı yatay ve derin deniz sondajlarındaki gelişmelerin yanı sıra sondaj çamuru teknolojisindeki gelişmeler de ekonomik anlam kazanmıştır.

Bu çalışmada, ham perlit ve genleştirilmiş perlitin su bazlı sondaj çamuruna etkisinin karşılaştırılması amaçlanmıştır. Bu amaçla, su bazlı sondaj çamurları hazırlanmış ve hazırlanan çamur numunelerine farklı oranlarda (0.1 - 5 % k.h<sup>-1</sup>) ham perlit ve genleştirilmiş perlit ikame edilmiştir. Hazırlanan sondaj çamurlarının plastik viskozitesi, görünür viskozitesi, kopma noktası, jel mukavemeti değerleri (10 saniye ve 10 dakika) gibi reolojik özellikleri FANN viskozimetresi, filtrasyon kaybı özellikleri de API Filter Press aracılığıyla tespit edilmiştir. Tüm ölçümler Amerikan Petrol Enstitüsü (API) standartlarına uygun bir şekilde gerçekleştirilmiştir.

Ham ve genleştirilmiş perlitin ayrı ayrı eklenmesi ile hazırlanan sondaj çamurlarının reolojik ve filtrasyon özellikleri ilk olarak katkısız sondaj çamuruyla daha sonra da kendi içlerinde karşılaştırılmıştır. Ham perlit ve genleştirilmiş perlitin su bazlı sondaj çamurunun reolojik özellikleri ile filtrasyon kaybı değerlerine olumlu yönde katkı sağladığı tespit edilmiştir. Ayrıca genleştirilmiş perlitin, ham perlite oranla daha iyi bir etkiye sahip olduğu görülmüştür.

**Anahtar Kelimeler:** Su bazlı sondaj çamuru, ham perlit, genleştirilmiş perlit, reolojik ve filtrasyon özellikleri

### Comparison of The Effect of Raw and Expanded Perlite on Water Based Drilling Mud

**ABSTRACT:** The performance of the drilling fluid used is very important for a successful operation in drilling applications. Recently, developments in drilling mud technology have gained economic significance as well as developments in horizontal and deep-sea drilling, where expensive technologies are used.

In this study, it is aimed to compare the effects of raw perlite and expanded perlite on water-based drilling mud. For this purpose, water-based drilling muds were prepared and raw perlite and expanded perlite was added to the prepared mud samples at different rates (0.1-5 % w.v<sup>-1</sup>). Rheological properties such as plastic viscosity, apparent viscosity, breaking point, gel strength values (10 seconds and 10 minutes) of the prepared drilling mud were determined by FANN viscometer. Filtration properties were studied using API Filter Press. All measurements were performed according to American Petroleum Institute (API) standards.

The rheological and filtration properties of drilling mud prepared by adding raw and expanded perlite separately were compared with additive-free drilling mud and then among themselves. It has been determined that raw perlite and expanded perlite contribute positively to the rheological properties and filtration loss values of water-based drilling mud. In addition, it has been observed that expanded perlite has a better effect than raw perlite.

**Keywords:** Water based drilling mud, raw perlite, expanded perlite, rheological and filtration properties

<sup>1</sup> Abdullah ÖZKAN ([Orcid ID: 0000-0002-6799-2396](https://orcid.org/0000-0002-6799-2396)), Vildan ÖZKAN ([Orcid ID: 0000-0001-8719-9099](https://orcid.org/0000-0001-8719-9099)) İskenderun Teknik Üniversitesi Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Hatay, Türkiye

<sup>2</sup> Çağlar EKER ([Orcid ID: 0000-0003-1986-2017](https://orcid.org/0000-0003-1986-2017)), İskenderun Teknik Üniversitesi Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi Petrol ve Doğalgaz Mühendisliği Bölümü, Hatay, Türkiye

\*Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Abdullah ÖZKAN , e-mail: abdo.ozkan@gmail.com

Bu çalışma Çağlar EKER'in Yüksek Lisans tezinden üretilmiştir.

## GİRİŞ

Kara ve deniz sondajlarında gereksinim duyulan, sirkülasyon sisteminde kullanılan ve belli başlı görevleri yerine getiren ve sondajın sağlıklı biçimde ilerlemesini sağlayan akışkanlara sondaj akışkanları denir. Sektörde bu akışkanlar “sondaj çamuru” veya sadece “çamur” olarak adlandırılır (Ersoy, 2008; Özkan ve ark., 2018a). Bir sondaj operasyonunun başarılı olabilmesi için kuyu içerisinde sirkülasyon halinde olan sondaj çamurunun performansı ve görevlerini yerine getirebilmesi oldukça önemlidir. Sondaj çamurunun en önemli görevlerinden bazıları şunlardır: Matkabin kestiği kayaç ve kırıntıların taşınması, kuyu cidarında geçirimsiz pasta oluşumu, formasyon basıncını dengeleme, matkabi soğutma ve yağlama, korozyonu önlemek, sondaj boruları ve muhafaza borularının ağırlığını hafifletmektir (Onat, 1971). Sondaj çamurunun bu görevleri yerine getirebilmesinin yanı sıra kolay uygulanabilir, çevre dostu ve ekonomik olması gerekmektedir. Sondaj çamurunun seçimi ve uygulanması, herhangi bir sondaj işleminin başarısında kilit faktörlerdendir. Hemen hemen her sondaj probleminin sondaj çamurunun performansı ile doğrudan veya dolaylı olarak bir bağlantısı vardır. Bu sebeple sondaj çamurunu, sadece sondaj işlemleri sırasında karşılaşılan tüm sorunların kaynağı olarak değil aynı zamanda zor bir sondaj operasyonunda durumu hafifletmek için sıklıkla kullanılacak bir araç olarak ifade etmek daha doğru olacaktır. Dolayısıyla sondaj çamurunun sondaj operasyonunun diğer yönlerini tamamlamak için üzerinde önemle durulması gereken parçası olarak görülmesi gerekmektedir (Awele, 2014). Bundan dolayı; sondaj çamurlarının plastik viskozitesi (PV), görünür viskozitesi (AV), akma noktası (YP) ve jel mukavemeti gibi reolojik özelliklerinin yanı sıra, sıvı kaybı ve kek kalınlığı gibi filtrasyon değerlerinin de çok iyi ayarlanması gerekmektedir. Son zamanlarda özellikle pahalı teknolojilerin kullanıldığı yatay ve derin deniz sondajlarındaki gelişmelerin yanı sıra sondaj çamuru teknolojisindeki gelişmeler de ekonomik anlam kazanmıştır. Sondaj çamurunun performansını arttırmak için farklı oranlarda ve farklı konsantrasyonlarda çeşitli katkı maddeleri eklenerek sondaj çamurunun reolojik özelliklerinin iyileştirilmesine yönelik araştırmalar ve çalışmalar halen devam etmektedir. (Bicerano, 2009; Özkan, ve ark., 2018b; Özkan ve Özkan, 2019; Özkan ve Kaplan., 2019).

Literatürde bazı endüstriyel mineraller, sondaj sıvısının reolojik özelliklerini iyileştirmek için çamur katkı maddesi olarak kullanılmıştır. Özkan ve ark. (2017), sondaj çamuruna üleksit eklemiş, eklenen üleksitin su bazlı sondaj çamurunun plastik viskozitesini (PV), görünür viskozitesini (AV), kopma noktasını (YP) ve jel mukavemeti özelliklerini iyileştirdiğini ayrıca sıvı kaybını da azalttığını tespit etmişlerdir. Bageri ve ark. (2020), sondajlarda kullanılan çamurun filtrasyon hacmini minimum seviyeye indirmek amacıyla ile farklı oranlarda perlit eklemiş ve çamurun filtrasyon özellikleri ile kek kalınlığı ölçümlerini yapmıştır. Sondaj çamuruna farklı konsantrasyonlarda eklenen perlit numuneleri ile sadece barit eklenen sondaj çamuru kıyaslanmış ve perlit eklenen sondaj çamurlarında kontrollü olarak filtrasyon kaybı olduğu gözlenmiştir. Mohamed ve ark. (2020), sondaj çamuruna 0-3.0 lb.bbl<sup>-1</sup> arasında değişen çeşitli konsantrasyonlarda perlit ilave edip 120-250 °F sıcaklıkta dinamik ve statik koşullar altında sondaj çamurunun stabilitesini değerlendirmek için çökme testi yapmışlardır. Daha sonra oda sıcaklığında yoğunluk ve pH değerleri ölçülerek perlitin sondaj çamurunun kimyasal özellikleri üzerindeki etkisi değerlendirilmiştir. Çalışma sonucunda perlitin dinamik ve statik çökme faktörlerini azaltarak sondaj çamurunun homojenliğini ve stabilitesini arttırdığı ve 3.0 lb.bbl<sup>-1</sup> perlit ilavesinin 250 °F'ye kadar bir sıcaklıkta barit çökmesini ortadan kaldırmak için yeterli olduğu gözlenmiştir. Özkan ve ark. (2017), boraks katkılanmış sondaj çamurunun reolojik ve filtrasyon özelliklerini incelemiş ve yapılan çalışma sonucunda borax'ın sondaj çamurunun reolojik ve filtrasyon özelliklerini geliştirdiğini tespit etmişlerdir. Özkan A. ve Özkan V. (2019), doğal zeolit türlerinden biri olan klinoptilotin (CZ) su bazlı sondaj çamurunun reolojik ve filtrasyon özelliklerine etkisini

incelemişlerdir. Spud çamur ve CZ katkılı sondaj çamurunun kimyasal bileşimi, kristallliği ve morfolojik özellikleri, X-ışını toz kırınımı (XRD), Fourier transform kızılötesi (FTIR) ve taramalı elektron mikroskobu (SEM) kullanılarak analiz edilmiştir. CZ eklenen sondaj çamurunun görünür viskozitesi, plastik viskozitesi, akma noktası ve jel mukavemeti gibi reolojik özelliklerinde artış ve filtrat kaybında azalma gözlemlenmiştir. CZ'nin sondaj çamur katkısı olarak kullanılabilir olduğunu yaptıkları çalışma sonucunda tespit etmişlerdir.

Bu çalışmada; sondaj operasyonlarında en yaygın olarak kullanılan çamur türü olan su bazlı sondaj çamurları hazırlanmış ve hazırlanan çamurlara ham perlit ve genleştirilmiş perlit 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5, 0.6, 1 ve 5 (% k.h<sup>-1</sup>) oranlarında eklenmiştir. Elde edilen sondaj çamurlarının; plastik viskozite (PV), görünür viskozite (AV), kopma noktası (YP), jel mukavemeti (10 s ve 10 dk) gibi reolojik özellikleri FANN 35 Viskozimetre cihazı, sıvı kaybı ile sondaj çamuru kek kalınlığı ise Amerikan Petrol Enstitüsü (API) sıvı kaybı test ekipmanları kullanılarak, API standartlarına göre detaylı bir şekilde analiz edilmiştir (API 13B-1, 2009; API 13A, 2010).

## MATERYAL ve METOT

### Materyal

Bu çalışmada kullanılan bentonit ve barit Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı'ndan (TPAO), katkı maddesi olarak kullanılan ham perlit ve genleştirilmiş perlit ise GENPER firmasından temin edilmiştir.

### Su Bazlı Sondaj Çamurlarının Hazırlanması (WBDM) ve Analiz Edilmesi

Çamurlar hazırlanırken; API standartlarına uygun bir şekilde 500 mL suyun içerisine 32.14 g bentonit, 14.25 g barit eklenip iyice karıştırılmıştır. Ardından ham perlit ve genleştirilmiş perlit 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5, 0.6, 1 ve 5 (% k.h<sup>-1</sup>) oranlarında ayrı ayrı hazırlanan sondaj çamurlarına eklenmiş ve karıştırılarak iyice homojenize edilmiştir. Daha sonra hazırlanan sondaj çamurları 16 saat boyunca oda sıcaklığında atmosferik basınç altında bekletilerek yaşlandırma işlemine tabi tutulmuşlardır.

Yaşlandırma işleminden sonra sondaj çamurlarının PV, AV, YP, jel mukavemeti gibi reolojik özellikleri FANN 35 Viskozimetresiyle, su kaybı ile sondaj çamuru kek kalınlığı ise Amerikan Petrol Enstitüsü (API) sıvı kaybı test ekipmanları kullanılarak, API standartlarına göre detaylı bir şekilde analiz edilmiştir (API 13B-1, 2009; API 13A, 2010).

### Ham Perlitin Ağırlıkça Su Emme Oranının Hesaplanması

Ham perlitin en önemli özelliklerinden biri içerisine aldığı suyu uzun süre tutmasıdır. Bu özelliği dikkate alınarak ham perlitin ağırlıkça su emme oranı şu şekilde hesaplandı;

- 100 g ham perlit numunesi, ağırlığı ölçülmüş bir kabın içine konuldu ve 24 saat etüvde bekletildi.
- Etüvden çıkarılan numunenin ağırlığı ölçüldü ve suya doymun hale gelmesi için üzerini geçecek şekilde su eklendi.

- 24 saat boyunca suda bekleyen numunenin suyu süzöldü ve ısıtıcı yardımıyla doymun kuru yüzey haline getirilerek ağırlığı ölçüldü.

Not edilen değerler ile aşağıdaki Eşitlik 1. kullanılarak ağırlıkça su emme oranı hesaplandı.

$$A_w(\%) = \frac{W_S - W_D}{W_D} * 100 \quad (1)$$

$A_w$  = Ağırlıkça su emme oranı

$W_S$  = Suda doymunmuş örnek ağırlığı (g)

$W_D$  = Kuru örnek ağırlığı (g)

## BULGULAR VE TARTIŞMA

### Ham Perlit ve Genleştirilmiş Perlitin Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri

Kökene silisten oluşan volkanik bir kayaç türü olan perlit doğal yapıya sahip bir maddedir. Bilinen en önemli özelliği belirli sıcaklıklarda ısıtıldığı zaman genişleyerek gözenekli bir yapıya sahip olmasıdır (Yıldız, 2014). Perlit, obsidiyenin hidrasyonu sonucu oluşan, nispeten yüksek su içeriğine sahip asidik karakterli volkanik bir camdır. Bir sondaj sıvısında perlitin varlığı, filtre keki oluşumunu kolaylaştırabilir ve sondaj sırasında (genişlemesi nedeniyle) sızdırmazlık özelliğini artırabilir (Şapıcı ve ark., 2021). Bu nedenle kullanılan ham perlit ve genleştirilmiş perlitin fiziksel ve kimyasal özellikleri Tablo 1. ve Tablo 2.'de (Anonim, 2022) verildiği gibidir.

**Tablo 1.** Ham perlit ve genleştirilmiş perlitin fiziksel özellikleri

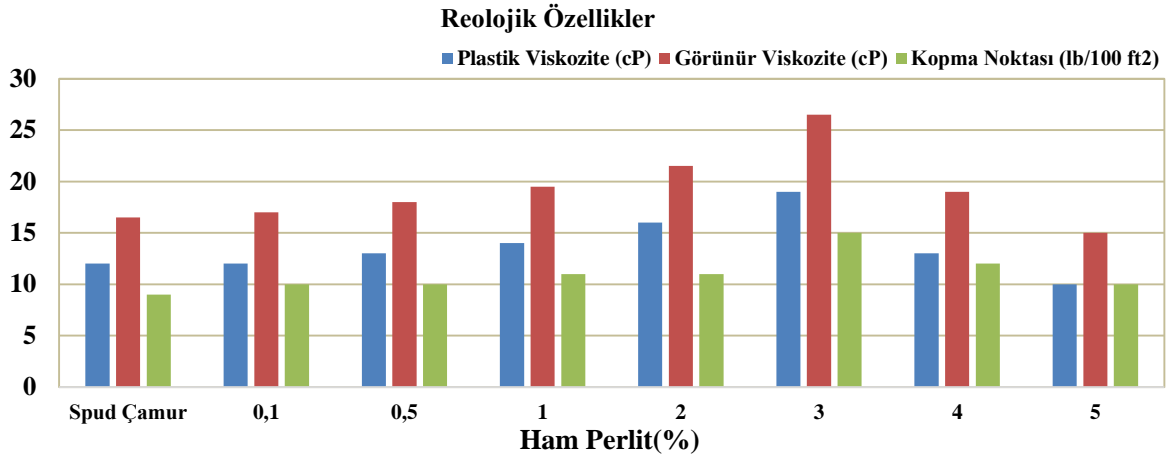
| Fiziksel Özellik  | Ham Perlit                                  | Genleştirilmiş Perlit   |
|-------------------|---|---|
| Tanecik Boyutu    | 0.15 – 0.30 mm                              | 0 – 300 mikron  |
| Renk              | Açık Gri                                    | Beyaz   |
| Hacimsel Yoğunluk | 1000 – 1200 kg.m <sup>3</sup> <sup>-1</sup> | 90 – 120 kg.m <sup>3</sup> <sup>-1</sup>                            |
| Özgül Ağırlık     | 2.0 – 2.4 gr.cm <sup>3</sup> <sup>-1</sup>  | -   |
| Nem               | Max % 1                                     | Max % 1   |
| pH                | 6 – 8.5                                     | 6 – 8.5   |
| Elek Analizi      | +0.30 mm Max. 15<br>-0.15 mm Max.15         | + 250 mikron % 20-25<br>+ 150 mikron % 10-15<br>+ 74 mikron % 30-35 |

**Tablo 2.** Ham perlit ve genleştirilmiş perlitin kimyasal özellikleri

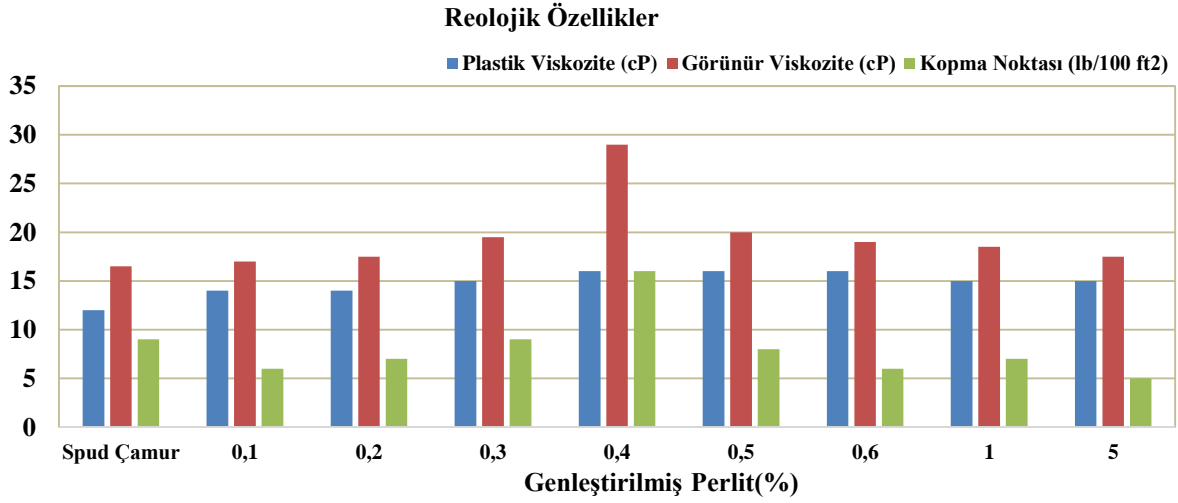
| Kimyasal Bileşim               | Ham Perlit (%) | Genleştirilmiş Perlit (%) |
|--------------------------------|----------------|---------------------------|
| SiO <sub>2</sub>               | 71 - 74        | 71 - 74                   |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 12 - 14        | 12 - 14                   |
| K <sub>2</sub> O               | 5 - 6          | 5 - 6                     |
| Na <sub>2</sub> O              | 3 - 4          | 3 - 4                     |
| MgO                            | 0.10 – 0.20    | 0.10 – 0.20               |
| CaO                            | 0.8 – 1.0      | 0.8 – 1.0                 |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 0.5 - 1        | 0.5 – 1                   |
| TiO <sub>2</sub>               | 0.09 – 0.012   | 0.09 – 0.012              |
| Tutuşma Kaybı                  | 3 - 4          | 3 - 4                     |

### Ham Perlit ve Genleştirilmiş Perlit Katkılı Su Bazlı Sondaj Çamurlarının Reolojik Özellikleri

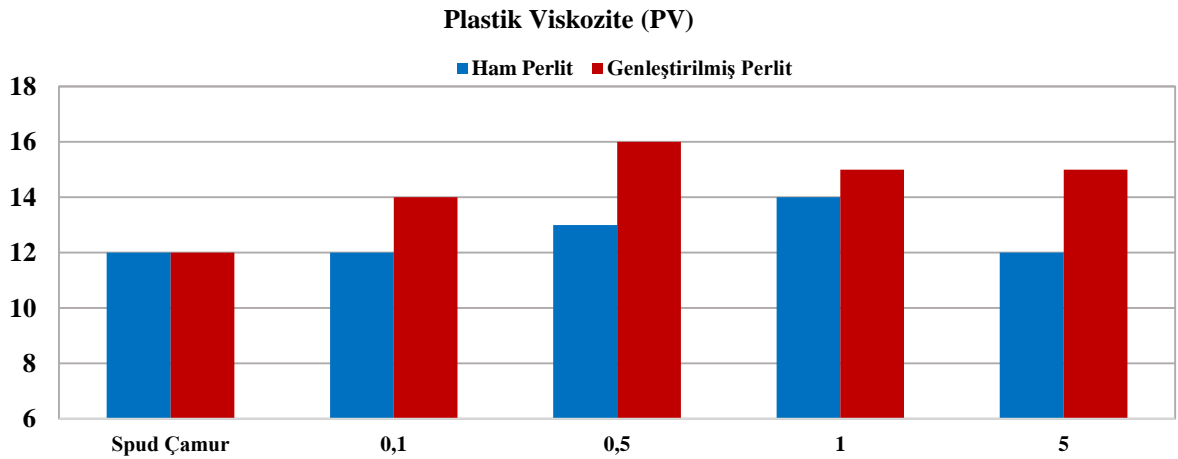
Sondaj çamurunun reolojik özellikleri, sondaj işlemlerinde herhangi bir sorun yaşamamak ve sondaj kuyusunun stabil olması açısından oldukça önemli bir özelliktir (Gamal ve ark., 2019). Bingham-plastik modeline göre reolojik özellikler, görünür viskozite (AV), plastik viskozite (PV) ve akma noktası (YP) olarak tanımlanır (Meng ve ark., 2012). Sondaj işlemleri sırasında bu özellikler sürekli olarak ölçülür ve hazırlanan çamur programını uygulayabilmek için çamur katkı maddeleri ile kontrol altında tutulmaya çalışılır. Ham perlit ve genleştirilmiş perlit katkılı su bazlı sondaj çamurunun reolojik özellikleri Fann viskozimetresi ile ölçülmüş ve PV, AV ve YP değerleri Şekil 1. ve Şekil 2. ile gösterilmiştir. Ayrıca ham ve genleştirilmiş perlitin sondaj çamuru reolojik özelliklerinin her biri üzerine etkisinin karşılaştırmalı şekilleri (Şekil 3-5) de aşağıda verilmiştir.



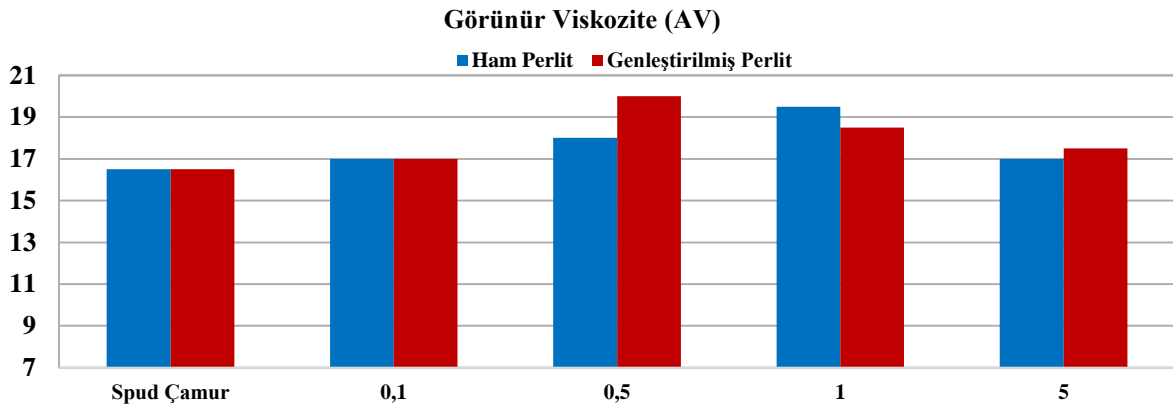
Şekil 1. Ham perlit katkılı su bazlı sondaj çamurunun PV, AV ve YP değerleri



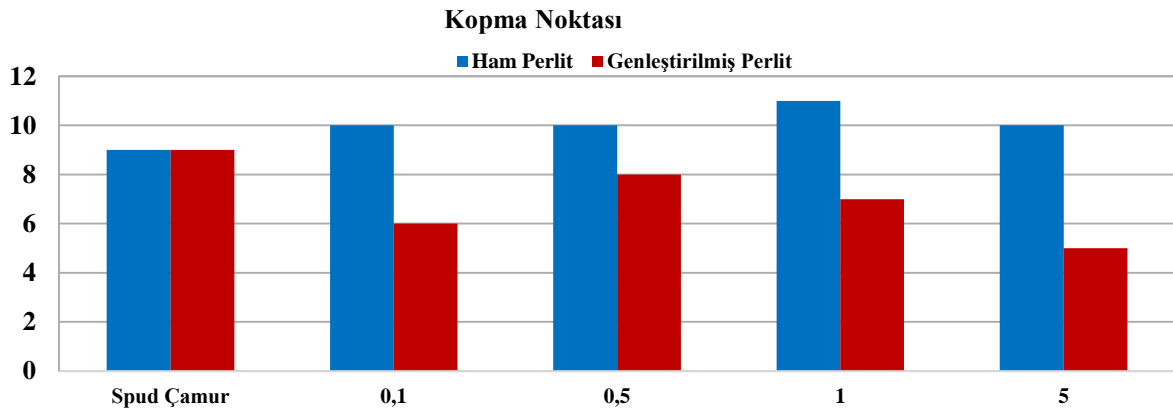
Şekil 2. Genleştirilmiş perlit katkılı su bazlı sondaj çamurunun PV, AV ve YP değerleri



Şekil 3. Ham perlit ve genleştirilmiş perlitin farklı konsantrasyonlarda sondaj çamuruna eklenmesi sonucu elde edilen PV değerlerinin karşılaştırılması



Şekil 4. Ham perlit ve genleştirilmiş perlitin farklı konsantrasyonlarda sondaj çamuruna eklenmesi sonucu elde edilen AV değerlerinin karşılaştırılması



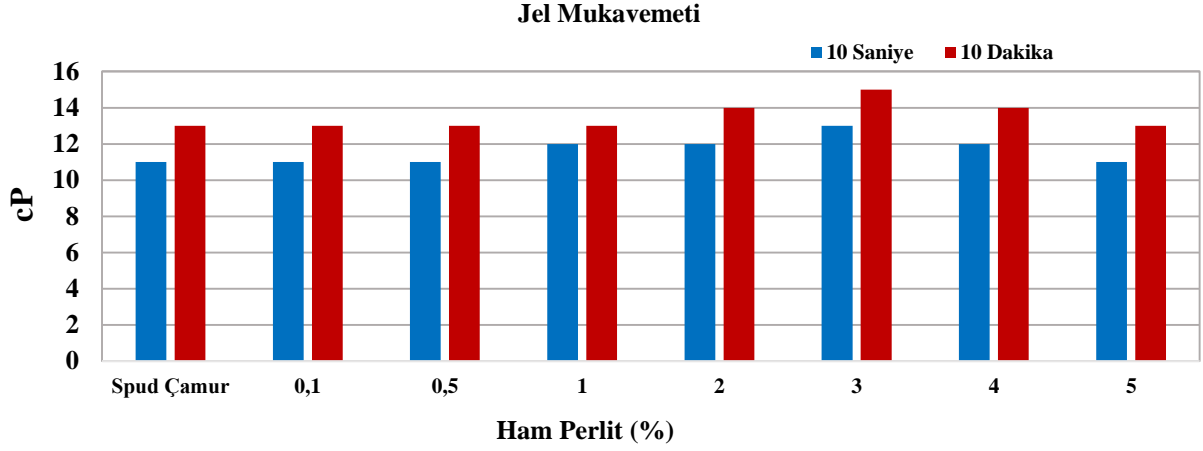
Şekil 5. Ham perlit ve genleştirilmiş perlitin farklı konsantrasyonlarda sondaj çamuruna eklenmesi sonucu elde edilen YP değerlerinin karşılaştırılması

Şekil 1.'i incelediğimiz zaman; su bazlı sondaj çamuruna % 3'e kadar ilave edilen ham perlitin PV, AV ve YP değerlerinde, spud çamuruna oranla sırasıyla % 58.3, % 60.6 ve % 66.6 oranında bir iyileşmeye neden olduğu görülmüştür. Çamur viskozitesi ile doğrudan ilişkisi olan sondaj çamuru hidrostatik basıncını dengelemek için, sondaj çamurunun uygun bir viskozitede olması gerekmektedir. Aksi takdirde yüksek viskozite değerine sahip sondaj çamuru, çamur pompasında aşırı basınca, düşük viskoziteli sondaj çamuru ise derin sondajlar için düşük hidrostatik basınca neden olacağından dolayı tercih edilmemektedir (Piroozian ve ark., 2012; Bayat ve ark., 2019; Sebüktekin, 2019). Normal şartlardaki bir sondaj çamurunun API standartlarındaki referans değerleri göz önüne alınırsa çalışmamızda elde ettiğimiz sonuçların bu tarz sıkıntıların giderilmesine yönelik yarar sağlayacağı tespit edilmiştir.

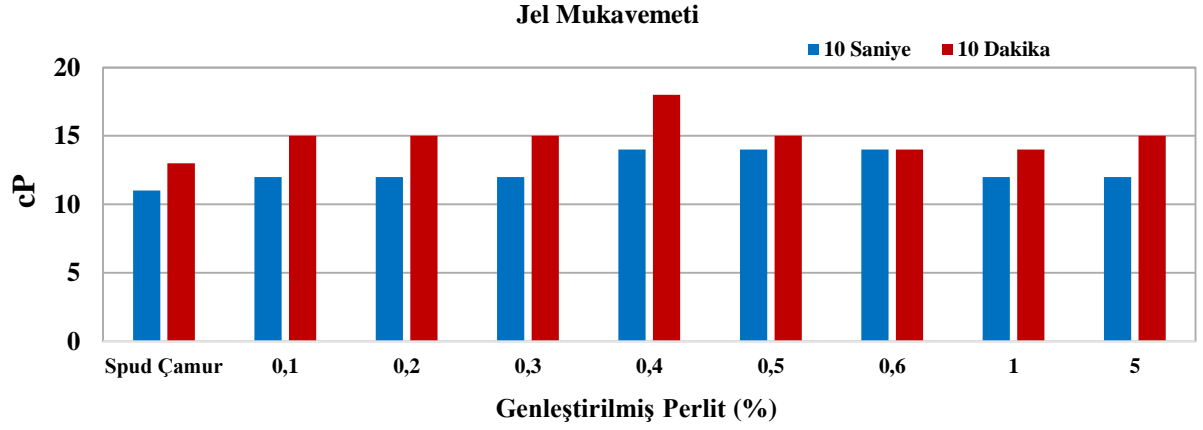
Şekil 2.'de su bazlı sondaj çamuruna % 0.4'e kadar eklenen genleştirilmiş perlitin PV, AV ve YP değerlerini arttırdığı görülmüştür. API standart değerleri ile kıyaslandığında, su bazlı sondaj çamuruna genleştirilmiş perlit ilavesi çamurun reolojik özelliklerine pozitif yönde katkı sağladığı tespit edilmiştir. Genleştirilmiş perlit ilavesinin; su bazlı sondaj çamurunun PV değerini % 33.3, AV değerini % 75.8 ve YP değerini ise % 77.8 oranında arttırdığı görülmüştür.

Jel mukavemeti belirli bir süre (10 sn ve 10 dk.) hareketsiz halde kalan bir sondaj çamurunda bulunan kırıntıları askıda tutma yeteneğidir. Çamur hareketsiz kaldığında jel kuvveti artar. Kopma noktasına benzer şekilde jel mukavemeti de, çamurun içindeki katı partiküller arasındaki elektrokimyasal çekim kuvvetinden kaynaklanmaktadır (Bayat ve ark., 2018). Farklı konsantrasyonlarda

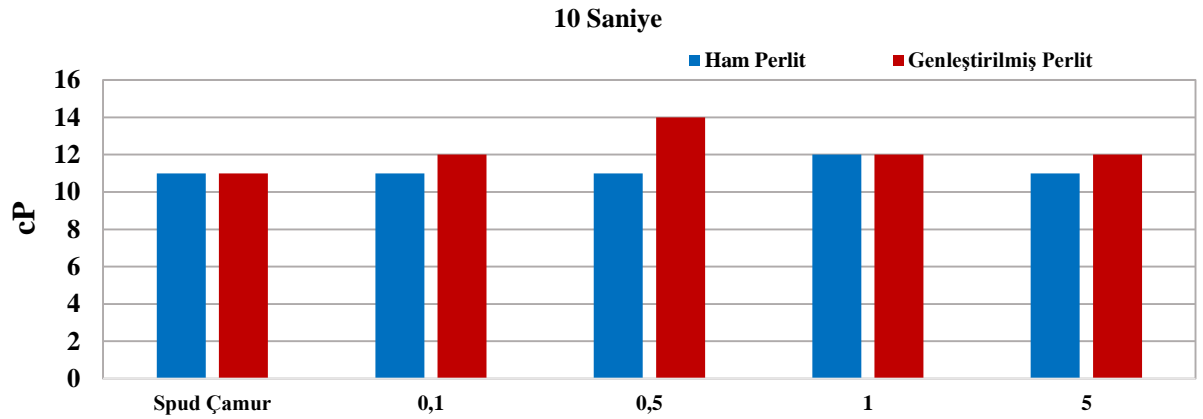
ham perlit ve genleştirilmiş perlit ilaveli su bazlı sondaj çamurunun jel mukavemeti değerleri Şekil 6. ve Şekil 7.'de gösterilmiştir.



Şekil 6. Ham perlit katkılı su bazlı sondaj çamurunun jel mukavemeti değerleri

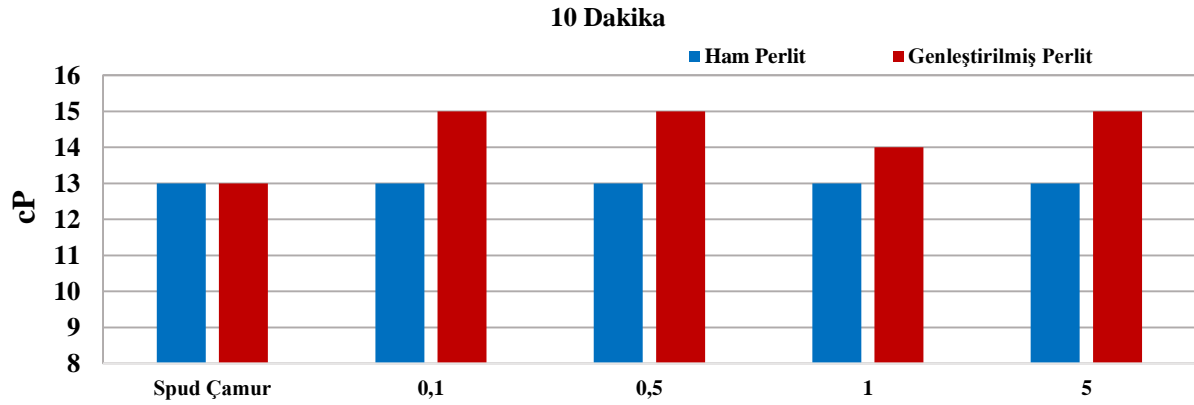


Şekil 7. Genleştirilmiş perlit katkılı su bazlı sondaj çamurunun jel mukavemeti değerleri



Şekil 8. Ham perlit ve genleştirilmiş perlitin farklı konsantrasyonlarda sondaj çamuruna eklenmesi sonucu elde edilen 10 s jel mukavemeti değerlerinin karşılaştırılması





Şekil 9. Ham perlit ve genleştirilmiş perlitin farklı konsantrasyonlarda sondaj çamuruna eklenmesi sonucu elde edilen 10 dk jel mukavemeti değerlerinin karşılaştırılması

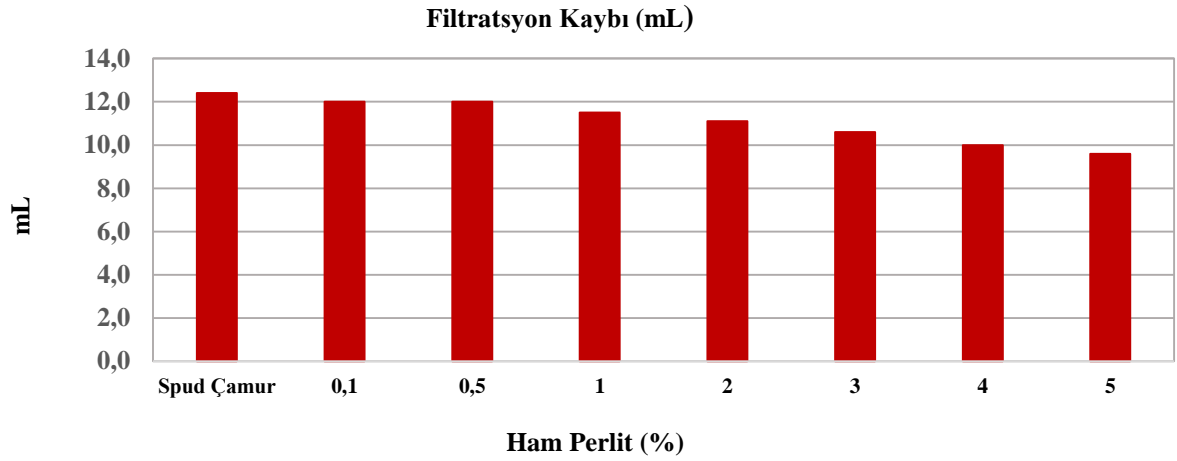
Şekil 6. ve Şekil 7.'yi incelediğimizde su bazlı sondaj çamuruna % 3'e kadar ham perlit ve % 0.4'e kadar genleştirilmiş perlit ilavesinin sondaj çamurunun jel mukavemeti (10 saniye, 10 dakika) değerlerinde artışa neden olduğu görülmüştür. Genel olarak sondaj sırasında jel mukavemetinin artışı istenmeyecek bir durum olsa da elde edilen bu sonuçlar API standart değerlerinden (10 s için 15 ve 10 dk için 31) düşük olduğu için sondaj çamuruna olumsuz yönde bir etkisi olmayacağı tespit edilmiştir.

Şekil 8. incelendiğinde su bazlı sondaj çamuruna % 0.5'e kadar eklenen ham perlit ve genleştirilmiş perlitin su bazlı sondaj çamurunun 10 saniye jel mukavemeti değerinde olumlu yönde etki ettiği görülmüştür. Şekil 9. incelendiğinde ise % 0.1 genleştirilmiş perlit katkılı su bazlı sondaj çamurları spud çamur ile karşılaştırıldığında 10 dakika jel mukavemetinde olumlu yönde etki ettiği görülmüştür. Ham perlit katkılı sondaj çamurlarının 10 dakika jel mukavemeti değerlerinde ise herhangi bir değişiklik olmadığı görülmüştür.

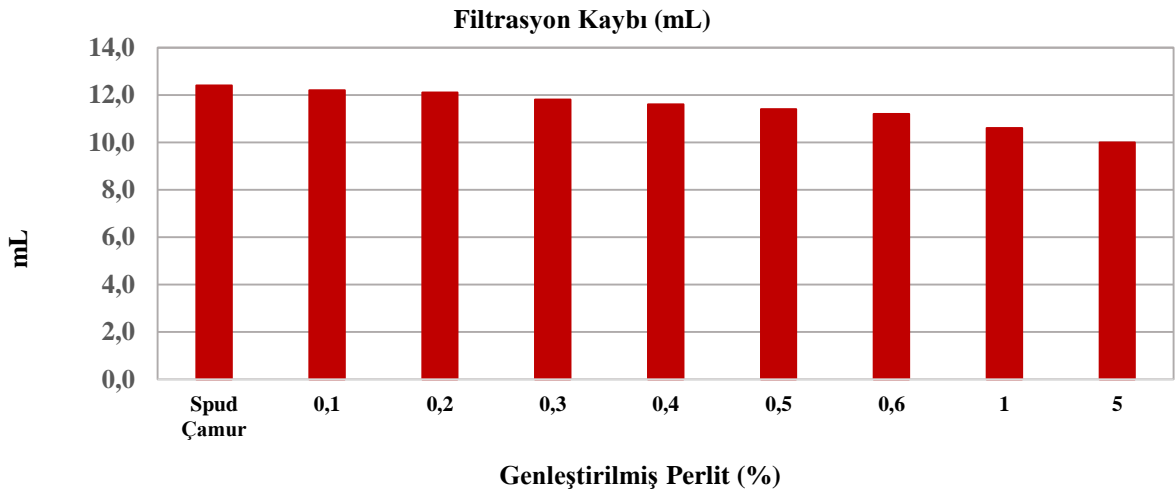
### Ham Perlit ve Genleştirilmiş Perlit Katkılı Su Bazlı Sondaj Çamurlarının Filtrasyon Kaybı ve Kek Kalınlığı

Çamurun hidrostatik basıncı formasyon basıncından büyük olduğunda, çamur geçirgen zonlardan sıvı kısmını formasyona bırakırken katı kısmı geçirgen zon yüzeyinde birikerek çamur keki oluşur ve bu olaya filtrasyon denir. Genellikle formasyon yüzeyinde ince ve geçirimsiz bir kek oluşturmak istenir. Bu olay dizi sıkışmasının, kuyu stabilitesinin, üretken zonların kirlenmesinin ve kuyu logunun doğru değerlendirilmesi bakımından oldukça önemlidir (Saboori ve ark., 2012). Ham perlit ve genleştirilmiş perlit ilaveli su bazlı sondaj çamurunun filtrasyon kaybı değerleri Şekil 10. ve Şekil 11.'de, kek kalınlığı değerleri ise Şekil 12. ve Şekil 13.'de gösterilmiştir.



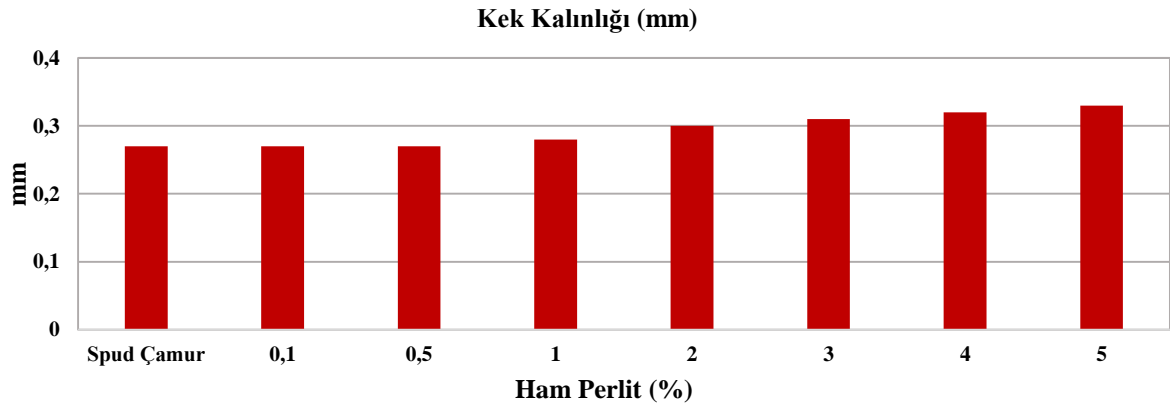


Şekil 10. Ham perlit katkıli su bazlı sondaj çamurunun sıvı kaybı değerleri

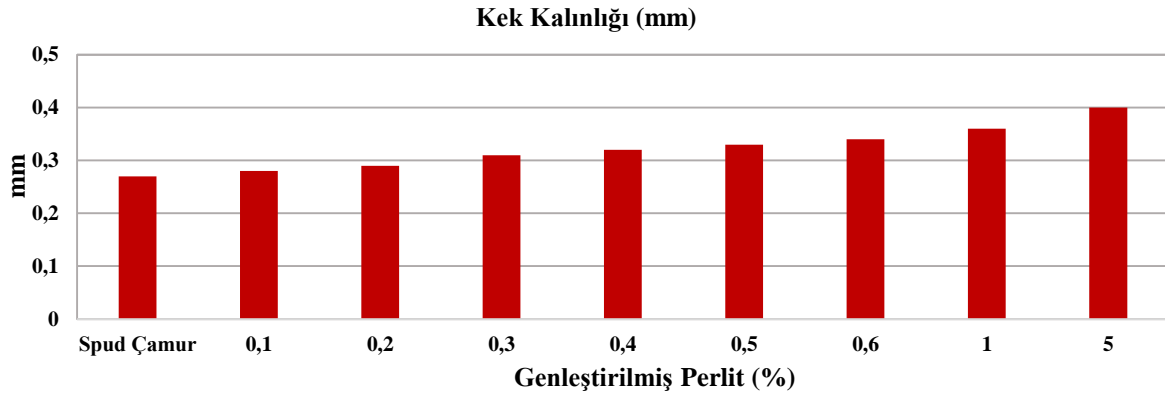


Şekil 11. Genleştirilmiş perlit katkıli su bazlı sondaj çamurunun sıvı kaybı değerleri

Şekil 10. ve Şekil 11. incelendiğinde ham perlit ve genleştirilmiş perlitin sondaj çamuruna eklenmesi ve eklenme oranlarının artması ile spud çamuruna oranla filtrasyon kaybında azalmalar olduğu gözlemlenmiştir. Genel olarak su bazlı sondaj çamuruna ham perlit ilavesi çamurun filtrasyon kaybını % 14,5, genleştirilmiş perlit ilavesi ise % 6,45 oranında azalttığı tespit edilmiştir.



Şekil 12. Ham perlit katkıli su bazlı sondaj çamurunun kek kalınlığı değerleri



**Şekil 13.** Genleştirilmiş perlit katkı su bazlı sondaj çamurunun kek kalınlığı değerleri

Şekil 12. ve Şekil 13.'de görüleceği üzere su bazlı sondaj çamuruna ilave edilen ham perlit ve genleştirilmiş perlit oranlarının artması ile kek kalınlığında da artış meydana gelmiştir. Su bazlı sondaj çamuruna ilave edilen ham perlit çamurun kek kalınlığını % 14,8, genleştirilmiş perlit ise % 18,5 oranında arttırmıştır. Ancak kek kalınlığındaki bu artış API referans maksimum değeri olan 4 mm'nin altında olduğundan çalışmamız açısından sorun yaratmamaktadır.

### Ham Perlitin Ağırlıkça Su Emme Analizi

Ham perlitin ağırlıkça su emme analizi aşağıda belirtilen Eşitlik 2.'ye göre yapılmış olup, hesaplama sonucunda ağırlıkça su emme oranı %17,6 olarak bulunmuştur.

Suda doyurulmuş örnek ağırlığı (g)  $W_S = 117,4$  g

Kuru örnek ağırlığı (g)  $W_D = 99,8$  g

$$\text{Ağırlıkça su emme oranı (\%)} = \frac{117,4 - 99,8}{99,8} * 100 = 17,6 \quad (2)$$

### Ham Perlit ve Genleştirilmiş Perlitin Su Bazlı Sondaj Çamuru Katkı Maddelerine Göre Maliyet Etkisi

Tablo 3. incelendiğinde; su bazlı sondaj çamuruna % 3 ham perlit ve % 0,4 genleştirilmiş perlit eklenerek elde edilen iyileştirmenin, olası katkı kimyasallarından biri olan karboksimetil selülozun (CMC) su bazlı sondaj çamuruna % 0,2 oranında eklenmesi ile elde edilebildiği yapılan deneysel çalışmalar ile belirlenmiştir. Su bazlı sondaj çamurundaki bu iyileşmenin CMC eklenerek yapılması durumunda; ham perlite kıyasla % 350 ve genleştirilmiş perlite kıyasla da % 400 oranında ilave bir maliyet oluşturduğu yapılan hesaplamalar sonucunda tespit edilmiştir. Dolayısıyla gerek ham perlit ve gerekse genleştirilmiş perlitin kullanılmasının ekonomik açıdan çok daha yararlı olacağı tespit edilmiştir.

**Tablo 3.** Su bazlı sondaj çamuruna eklenen katkı maddelerinin reolojik özellikleri

|                              | % 0,2 CMC | % 3 Ham Perlit | % 0,4 Genleştirilmiş Perlit |
|------------------------------|-----------|----------------|-----------------------------|
| PV (cp)                      | 20        | 19             | 26                          |
| YP (lb.100ft <sup>-1</sup> ) | 15        | 15             | 16                          |
| AV (cp)                      | 27,5      | 26,5           | 29                          |
| 10 s                         | 14        | 13             | 14                          |
| 10 dk                        | 17        | 15             | 18                          |

### SONUÇ

Bu çalışmada; su bazlı sondaj çamuruna ham perlit 0,1, 0,5, 1, 2, 3, 4 ve 5, genleştirilmiş perlit ise 0,1, 0,2, 0,3, 0,4, 0,5, 0,6, 1 ve 5 % (k.h<sup>-1</sup>) oranlarında eklenmiştir. Ardından eklenen ham perlit ve genleştirilmiş perlitin su bazlı sondaj çamurlarının reolojik ve filtrasyon özelliklerine etkisi incelenmiştir.

Çalışma sonucunda elde edilen sonuçlar ve API standart değerleri Tablo 4. ve Tablo 5.'de verilmiştir.

**Tablo 4.** Ham Perlit Reolojik ve Filtrasyon Kaybı Analiz Sonuçları ve Referans (API) Değerleri

| Ham Perlit                      | Referans Değer | Spud  | 0.1   | 0.5   | 1     | 2     | 3     | 4     | 5     |
|---------------------------------|----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| pH                              | 9.50 - 12.5    | 9.27  | 9.25  | 9.38  | 9.40  | 9.40  | 9.46  | 9.41  | 9.41  |
| Yoğunluk (g.cm <sup>3-1</sup> ) | 1.035 - 1.15   | 1.05  | 1.055 | 1.055 | 1.055 | 1.06  | 1.06  | 1.065 | 1.065 |
| PV (cp)                         | Min 7          | 12    | 12    | 13    | 14    | 16    | 19    | 13    | 10    |
| YP (lb.100ft <sup>2-1</sup> )   | Max 50         | 9     | 10    | 10    | 11    | 11    | 15    | 12    | 10    |
| AV (cp)                         | Min 15         | 16.5  | 17    | 18    | 19.5  | 21.5  | 26.5  | 19    | 15    |
| 10 s                            | 15             | 11    | 11    | 11    | 12    | 12    | 13    | 12    | 11    |
| 10 dk                           | 31             | 13    | 13    | 13    | 13    | 14    | 15    | 14    | 13    |
| Sıvı Kaybı (mL)                 | 10-15          | 12.4  | 12    | 12    | 11.5  | 11.1  | 10.6  | 10    | 9.6   |
| Kek Kalınlığı (mm)              | Max 4          | 0.270 | 0.270 | 0.270 | 0.280 | 0.300 | 0.310 | 0.320 | 0.330 |

**Tablo 5.** Genleştirilmiş Perlit Reolojik ve Filtrasyon Kaybı Analiz Sonuçları ve Referans (API) Değerleri

| Genleştirilmiş Perlit           | Referans Değer | Spud  | 0,1   | 0,2   | 0,3   | 0,4   | 0,5   | 0,6   | 1     | 5     |
|---------------------------------|----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| pH                              | 8.50 - 12.5    | 9.27  | 9.30  | 9.30  | 9.20  | 9.20  | 9.20  | 9.30  | 9.27  | 9.30  |
| Yoğunluk (g.cm <sup>3-1</sup> ) | 1.035 - 1.15   | 1.05  | 1.1   | 1.1   | 1.06  | 1.06  | 1.1   | 1.1   | 1.07  | 1.07  |
| PV (cp)                         | Min 7          | 12    | 14    | 14    | 15    | 26    | 16    | 16    | 15    | 15    |
| YP (lb.100ft <sup>2-1</sup> )   | Max 50         | 9     | 6     | 7     | 9     | 16    | 8     | 6     | 7     | 5     |
| AV (cp)                         | Min 15         | 16.5  | 17    | 18    | 19.5  | 29    | 20    | 19    | 18.5  | 17.5  |
| 10 s                            | 15             | 11    | 12    | 12    | 12    | 14    | 12    | 12    | 12    | 12    |
| 10 dk                           | 31             | 13    | 15    | 15    | 15    | 18    | 15    | 14    | 14    | 15    |
| Sıvı Kaybı (mL)                 | 10-15          | 12.4  | 12    | 12    | 11.8  | 11.6  | 11    | 11    | 10.6  | 10    |
| Kek Kalınlığı (mm)              | Max 4          | 0.270 | 0.300 | 0.300 | 0.310 | 0.320 | 0.300 | 0.300 | 0.360 | 0.400 |

Tablo 4.'de verilen değerler ışığında ham perlit ilaveli sondaj çamurunun spud çamura göre;

- Plastik viskozite değerinin % 58.3;
- Görünür viskozite değerinin % 60.6;
- Kopma noktası değerinin % 66.6;
- 10 s değerinin % 18.2;
- 10 dk değerinin % 15.4;
- Kek kalınlığı değerini % 14.8 oranında arttırdığı,
- Filtrasyon kaybı değerini ise % 14.5 oranında azalttığı görülmüştür.

Tablo 5.'de verilen değerler ışığında genleştirilmiş perlit ilaveli sondaj çamurunun spud çamura göre;

- Plastik viskozite değerinin % 33.3;
- Görünür viskozite değerinin % 75.8;
- Kopma noktası değerinin % 77.7;
- 10 s değerinin % 27.3;
- 10 dk değerinin % 38.5;
- Kek kalınlığı değerini % 18.5 oranında arttırdığı,
- Filtrasyon kaybı değerini ise % 6.45 oranında azalttığı görülmüştür.

Sonuç olarak yapılan bu çalışma ile; gerek ham perlitin gerekse de genleştirilmiş perlitin su bazlı sondaj çamuru katkı maddesi olarak kullanılabilmesi tespit edilmiştir. Ayrıca farklı oranlarda yapılan perlit ilavesinin de önemli bir değişken olduğu anlaşılmış olup, ilerde farklı tanecik boyutlu ve farklı türde perlit ile bu çalışmanın geliştirilmesinde yarar olabileceği kanısına varılmıştır.

### Çıkar Çatışması

Makale yazarları aralarında herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederler.

**Yazar Katkısı**

Yazarlar makaleye eşit oranda katkı sağlamış olduklarını beyan eder.

**KAYNAKLAR**

- Anonim, 2022. Ham perlit ve genleştirilmiş perlitin fiziksel özellikleri, <https://tr.perlit.com/Assets/Documents/TDS-015-030-MM.pdf> (Erişim Tarihi: 28.01.2022).
- Anonim, 2022. Ham perlit ve genleştirilmiş perlitin kimyasal özellikleri. <https://tr.perlit.com/Assets/Documents/TDS-PERFIL-P0-P1-P2.pdf> (Erişim Tarihi: 28.01.2022).
- API RP 13B-1, 2009. Recommended practice for field testing water-based drilling fluids. 4th Edition: API.
- API SPEC 13A, 2010. Specification for drilling fluids – Specifications and testing, 18th ed, Purchasing Guidelines Handbook, American Petroleum Institute (API).
- Awele J, 2014. Investigation of additives on drilling mud performance with “tönder geothermal drilling” as a case study, Aalborg University Esbjerg, Master Thesis (Printed).
- Bageri BS, Adebayo AR, Al Jaberi J, Patil S, 2020. Effect of perlite particles on the filtration properties of high-density barite weighted water-based drilling fluid. *Powder Technology*, 360: 1157-1166.
- Bayat AE, Moghanloo PJ, Piroozian A, Rafati R, 2018. Experimental investigation of rheological and filtration properties of water-based drilling fluids in presence of various nanoparticles. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, 555: 256-263.
- Bayat AE, Shams R, 2019. Appraising the impacts of SiO<sub>2</sub>, ZnO and TiO<sub>2</sub> nanoparticles on rheological properties and shale inhibition of water-based drilling muds. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, 581: 123792.
- Bicerano J, 2009. U.S. Patent Application No. 12(178): 785.
- Ersoy A, 2008. Sondaj teknikleri ve uygulamaları. Nobel Kitabevi, Adana-Türkiye.
- Gamal H, Elkatatny S, Basfar S, Al-Majed A, 2019. Effect of pH on rheological and filtration properties of water-based drilling fluid based on bentonite. *Sustainability*, 11(23): 6714.
- Meng X, Zhang Y, Zhou F, Chu PK, 2012. Effects of carbon ash on rheological properties of water-based drilling fluids. *Journal of Petroleum Science and Engineering*, 100: 1-8.
- Mohamed A, Basfar S, Elkatatny S, Bageri B, 2020. Impact of perlite on the properties and stability of water-based mud in elevated-temperature applications. *ACS omega*, 5(50): 32573-32582.
- Onat N, 1971. Bentonitin petrol sondajlarına kullanılması. *Bilimsel Madencilik Dergisi*, 10(5): 30-36.
- Özkan A, Kaplan BM, 2019. Investigation of the effects on rheological and filtration properties of water-based drilling mud of boron minerals: An experimental study. *Pamukkale University Journal of Engineering Sciences*, 25(7): 884-888.
- Özkan A, Kaplan BM, Özkan V, Turan SE, 2018b. Effect of micro-sized colemanite on the rheological properties of the water based drilling fluid. *Cukurova University Journal of the Faculty of Engineering and Architecture*, 33(4): 83-88.
- Özkan A, Özkan V, 2019. Effect of clinoptilolite-rich zeolite on the properties of water based drilling fluid, *Fresenius Environmental Bulletin*, 28(3): 2232-2237.
- Özkan A, Turan SE, Kaplan BM, 2018a. Investigation of fly ash effect on rheological and filtration properties of drilling muds. *Fresenius Environmental Bulletin*, 27(12A): 9189-9194.
- Özkan A, Kaplan BM, Özkan V, Turan SE, Eker Ç, 2017. Investigation of the effect of borax on the rheological and chemical properties of drilling mud. *International Conference on Engineering Technologies*, Konya, December 07-09, pp:85.

- Özkan A, Kaplan BM, Özkan V, Turan SE, Eker Ç, 2017. Rheological properties of ulexite added drilling fluids. International Conference on Engineering Technologies, Konya, December 07-09, pp:75.
- Piroozian A, Ismail I, Yaacob Z, Babakhani P, Ismail ASI, 2012. Impact of drilling fluid viscosity, velocity and hole inclination on cuttings transport in horizontal and highly deviated wells. Journal of Petroleum Exploration and Production Technology, 2(3): 149-156.
- Saboori R, Sabbaghi S, Mowla D, Soltani A, 2012. Decreasing of water loss and mud cake thickness by CMC nanoparticles in mud drilling. International Journal of Nano Dimension, 3(2): 101-104.
- Sebüktekin BM, 2019. Bor türevleri katkılanmış sondaj çamurunun reolojik ve filtrasyon özelliklerinin incelenmesi İskenderun Teknik Üniversitesi Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi(Basılmış).
- Şapcı N, Ceylan H, 2021. Perlit agregalarının farklı sıcaklıklarda genleştirilmesi üzerine teknik bir analiz. Teknik Bilimler Dergisi, 11(2): 32-40.
- Yıldız N, 2014. Yalıtımda doğal çözüm: Perlit. Madencilik Türkiye Dergisi, 39.