

**Sondaj Sıvılarına Eklenen Sıvı Kayganlaştırıcıların
Performans Analizi**

Proje No: 110M090

(01.11.2010 - 01.11.2012)

Prof.Dr. Mustafa Verşan KÖK

Dr. Reha ÖZEL

Ahmet SÖNMEZ

KASIM 2012

ANKARA

ÖNSÖZ

Bu rapor Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK) tarafından desteklenen 110M090 no'lu "Sondaj Sıvılarına Eklenen Sıvı Kayganlaştırıcıların Performans Analizi" adlı projenin çalışmaları sırasında elde edilen bilgi ve sonuçları kapsamaktadır.

Bu proje kapsamında, sondaj operasyonları sırasında, kuyu içinde oluşan sürtünmeleri azaltmak için sondaj sıvılarına eklenen sıvı kayganlaştırıcıların performans analizi ve değerlendirmesi yapılmıştır. Ayrıca bu kayganlaştırıcıların, sondaj sıvısının fiziksel ve kimyasal özelliklerine etkileri ve bu sondaj sıvısı özelliklerindeki değişimin, kayganlaştırıcıların performanslarına olan etkileri çalışılmıştır. Proje kapsamındaki deneyler TPAO Araştırma Merkezi Sondaj Teknolojisi Müdürlüğü laboratuvarlarında gerçekleştirilmiştir.

Proje ekibi adına, bu projenin gerçekleştirilmesine olanak sağlayan ve projeyi destekleyen Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumuna (TÜBİTAK) içten teşekkürlerimizi sunarım.

Prof.Dr. Mustafa Verşan KÖK

Proje Yürütücüsü

İÇİNDEKİLER

TABLolar LİSTESİ	6
ŞEKİLLER LİSTESİ	8
SEMBOLLER VE KISALTMALAR LİSTESİ	10
ÖZ	11
ABSTRACT	12
1- GİRİŞ	13
2- LİTERATÜR ARAŞTIRMALARI	13
3- DENEYSEL YÖNTEMLER VE KULLANILAN KATKI MADDELERİ	20
3.1 Deney Yöntemleri	20
<i>3.1.1 Termogravimetrik Ölçümler:</i>	20
<i>3.1.2 Kayganlaştırma Performansı Ölçümü</i>	20
<i>3.1.3 pH Ölçümü</i>	21
<i>3.1.4 Filtrat Alkalinitesi - P_f/M_f:</i>	21
<i>3.1.5 Çamur Alkalinitesi - P_m</i>	22
<i>3.1.6 Klor (Cl^- İyonu) Miktarının Belirlenmesi</i>	22
<i>3.1.7 Kalsiyum Miktarının Belirlenmesi</i>	22
<i>3.1.8 Metilen Mavisi Kapasitesinin Belirlenmesi (MBT_{mud})</i>	23
3.2 Kullanılan Katkı Maddeleri	23
<i>3.2.1 Katkısız Bentonit</i>	23
<i>3.2.2 Kromsuz Lignosülfonat (CFL)</i>	23
<i>3.2.3 Düşük Viskoziteli Karboksimetilselüloz (CMC-LV)</i>	24
<i>3.2.4 Sodyum Hidroksit (NaOH)</i>	24
<i>3.2.5 Sodyum Klorür (NaCl)</i>	24
<i>3.2.6 Barit ($BaSO_3$)</i>	24

3.2.7 Alçı ($CaSO_4$)	24
3.2.8 OCMA Kili	24
3.2.9 Kayganlaştırıcı	25
4- DENEYSEL SONUÇLAR VE ANALİZLER	25
4.1 Kimyasal ve Termogravimetri Analizleri	25
4.1.1 Kinetik Analiz	27
4.2 Sondaj Sıvısı Hazırlama	29
4.2.1 Lignosülfonat Sondaj Sıvısı Katkıları	30
4.3 Kayganlaştırma Performansı Analizleri	30
4.3.1 Yalnız LUBE-1	31
4.3.2 Yalnız LUBE-2	31
4.3.3 Yalnız LUBE-3	32
4.3.4 Yalnız AĞIR PETROL	33
4.3.5 Yalnız HAFİF PETROL	34
4.3.6 Yalnız MAZOT	35
4.3.7 LUBE-1 ve MAZOT	35
4.3.8 LUBE-2 ve MAZOT	36
4.3.9 LUBE-3 ve MAZOT	37
4.3.10 LUBE-1 ve AĞIR PETROL	37
4.3.11 LUBE-2 ve AĞIR PETROL	38
4.3.12 LUBE-3 ve AĞIR PETROL	39
4.3.13 LUBE-1 ve HAFİF PETROL	41
4.3.14 LUBE-2 ve HAFİF PETROL	42
4.3.15 LUBE-3 ve HAFİF PETROL	45
4.4 Kayganlaştırıcıların Çamur Özellikleri Üzerindeki Etkilerinin Analizleri	49
4.4.1 Fiziksel Analizler	49

<i>4.4.1.1 Reolojik Analizler</i>	49
<i>4.4.1.2 API Su Kaybı Analizleri</i>	51
<i>4.4.1.3 Peynirsi Tabaka Oluşumu / Yağlanma Analizleri</i>	53
<i>4.4.1.4 Köpük Oluşturma Potansiyeli Analizleri</i>	53
4.4.2 Kimyasal Analizler	53
<i>4.4.2.1 pH Analizleri</i>	54
<i>4.4.2.2 Tuzluluk Analizleri</i>	54
<i>4.4.2.3 Kalsiyum İyonu Analizleri</i>	54
4.5 Çamur Özelliklerinin Kayganlaştırma Performansı Üzerindeki Etkilerinin Analizleri	54
<i>4.5.1 pH Etkisi</i>	54
<i>4.5.2 Kalsiyum İyonu Etkisi</i>	54
<i>4.5.3 Tuzluluk Etkisi</i>	55
<i>4.5.4 Çamur Yoğunluğu Etkisi</i>	55
5- SONUÇLAR	57
6- REFERANSLAR	59
EK	61

TABLolar LİSTESİ

Tablo-1 Ocma tipi bentonit numunesinin kimyasal analizi	25
Tablo-2 Ocma tipi bentonit numunesinin farklı ısıtma hızlarındaki ağırlık kaybı sıcaklık aralıkları ve peak sıcaklık değerleri	27
Tablo-3 Ocma tipi bentonit numunesinin farklı ısıtma hızlarındaki kinetik değerleri	29
Tablo-4 Lignosülfonat Bazlı Sondaj Sıvısı Kompozisyonu	30
Tablo-5 Kayganlaştırıcı Numuneleri ve Özellikleri	30
Tablo-6 AĞIR PETROL ile Birlikte Eş Kompozisyonlu Su Bazlı Lignosülfonat Sondaj Sıvısı Örneklerine Eklenen LUBE-1, LUBE-2 ve LUBE-3'ün Kayganlaştırma Performansı Test Analiz Sonuçları	40
Tablo-7 HAFİF PETROL ile birlikte eş kompozisyonlu su bazlı lignosülfonat sondaj sıvısı örneklerine eklenen LUBE-1'in kayganlaştırma performansı test analiz sonuçları	43
Tablo-8 HAFİF PETROL ile birlikte eş kompozisyonlu su bazlı lignosülfonat sondaj sıvısı örneklerine eklenen LUBE-2'nin kayganlaştırma performansı test analiz sonuçları	45
Tablo-9 HAFİF PETROL ile birlikte eş kompozisyonlu su bazlı lignosülfonat sondaj sıvısı örneklerine eklenen LUBE-3'ün kayganlaştırma performansı test analiz sonuçları	47
Tablo-10 Kayganlaştırıcıların pozitif ve negatif etkileri	56
Tablo A.1 Eş Kompozisyonlu Su Bazlı Lignosülfonat Çamuru Örneklerine Yalnız Olarak Eklenen LUBE-1 ile Hazırlanmış Karışımın Deney Sonuçları	61
Tablo A.2 Eş Kompozisyonlu Su Bazlı Lignosülfonat Çamuru Örneklerine Yalnız Olarak Eklenen LUBE-2 ile Hazırlanmış Karışımın Deney Sonuçları	62
Tablo A.3 Eş Kompozisyonlu Su Bazlı Lignosülfonat Çamuru Örneklerine Yalnız Olarak Eklenen LUBE-3 ile Hazırlanmış Karışımın Deney Sonuçları	63
Tablo A.4 Eş Kompozisyonlu Su Bazlı Lignosülfonat Çamuru Örneklerine Yalnız Olarak Eklenen HAFİF PETROL ile Hazırlanmış Karışımın Deney Sonuçları	64
Tablo A.5 Eş Kompozisyonlu Su Bazlı Lignosülfonat Çamuru Örneklerine Yalnız Olarak Eklenen AĞIR PETROL ile Hazırlanmış Karışımın Deney Sonuçları	65
Tablo A.6 Eş Kompozisyonlu Su Bazlı Lignosülfonat Çamuru Örneklerine Yalnız Olarak Eklenen MAZOT ile Hazırlanmış Karışımın Deney Sonuçları	66
Tablo A.7 Eş Kompozisyonlu Su Bazlı Lignosülfonat Çamuru Örneklerine Beraber Eklenen HAFİF PETROL ve LUBE-1 ile Hazırlanmış Karışımın Deney Sonuçları	67
Tablo A.8 Eş Kompozisyonlu Su Bazlı Lignosülfonat Çamuru Örneklerine Beraber Eklenen HAFİF PETROL ve LUBE-2 ile Hazırlanmış Karışımın Deney Sonuçları	68
Tablo A.9 Eş Kompozisyonlu Su Bazlı Lignosülfonat Çamuru Örneklerine Beraber Eklenen HAFİF PETROL ve LUBE-3 ile Hazırlanmış Karışımın Deney Sonuçları	69
Tablo A.10 Eş Kompozisyonlu Su Bazlı Lignosülfonat Çamuru Örneklerine Beraber Eklenen AĞIR PETROL ve LUBE-1/LUBE-2/LUBE-3 ile Hazırlanmış Karışımın Deney Sonuçları	70

Tablo A.11 Eş Kompozisyonlu Su Bazlı Lignosülfonat Çamuru Örneklerine Beraber Eklenen MAZOT ve LUBE-1/LUBE-2/LUBE-3 ile Hazırlanmış Karışımın Deney Sonuçları	71
Tablo A.12 Çeşitli Oranlarda Kayganlaştırıcı Eklenen Eş Kompozisyonlu Çamur Örneklerinde Kalsiyum İyonunun Çamur Özelliklerine ve Kayganlaştırma Performansına Etkisi Deney Sonuçları	72
Tablo A.13 Çeşitli Oranlarda Kayganlaştırıcı Eklenen Eş Kompozisyonlu Çamur Örneklerinde pH'ın Çamur Özelliklerine ve Kayganlaştırma Performansına Etkisi Deney Sonuçları	73
Tablo A.14 Çeşitli Oranlarda Kayganlaştırıcı Eklenen Eş Kompozisyonlu Çamur Örneklerinde Tuzluluğun Çamur Özelliklerine ve Kayganlaştırma Performansına Etkisi Deney Sonuçları	74
Tablo A.15 Çeşitli Oranlarda Barit Eklenen Eş Kompozisyonlu Çamur Örneklerinde Çamur Yoğunluğunun Çamur Özelliklerine ve Kayganlaştırma Performansına Etkisi Deney Sonuçları	75
Tablo A.16 Çeşitli Oranlarda Barit Eklenen Eş Kompozisyonlu Çamur Örneklerinde LUBE-1 ve HAFİF PETROL İçeren Çamur Yoğunluğunun Çamur Özelliklerine ve Kayganlaştırma Performansına Etkisi Deney Sonuçları	76
Tablo A.17 Çeşitli Oranlarda Barit Eklenen Eş Kompozisyonlu Çamur Örneklerinde LUBE-2 ve HAFİF PETROL İçeren Çamur Yoğunluğunun Çamur Özelliklerine ve Kayganlaştırma Performansına Etkisi Deney Sonuçları	77
Tablo A.18 Çeşitli Oranlarda Barit Eklenen Eş Kompozisyonlu Çamur Örneklerinde LUBE-3 ve HAFİF PETROL İçeren Çamur Yoğunluğunun Çamur Özelliklerine ve Kayganlaştırma Performansına Etkisi Deney Sonuçları	78

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil-1 Ocma tipi bentonit numunesinin XRD analizi	26
Şekil-2 Ocma tipi bentonit numunesinin SEM analizi	26
Şekil-3 Ocma tipi bentonit numunesinin DTG analizi	27
Şekil-4 Ocma tipi bentonit numunesinin farklı ısıtma hızlarındaki Arrhenius grafikler	29
Şekil-5 Yalnız LUBE-1 Eklenmiş Su Bazlı Lignosülfonat Çamurunun Kayganlık Katsayıları	31
Şekil-6 Yalnız LUBE-2 Eklenmiş Su Bazlı Lignosülfonat Çamurunun Kayganlık Katsayıları	32
Şekil-7 Yalnız LUBE-3 Eklenmiş Su Bazlı Lignosülfonat Çamurunun Kayganlık Katsayıları	33
Şekil-8 Yalnız AĞIR PETROL Eklenmiş Su Bazlı Lignosülfonat Çamurunun Kayganlık Katsayıları	34
Şekil-9 Yalnız HAFİF PETROL Eklenmiş Su Bazlı Lignosülfonat Çamurunun Kayganlık Katsayıları	34
Şekil-10 Yalnız MAZOT Eklenmiş Su Bazlı Lignosülfonat Çamurunun Kayganlık Katsayıları	35
Şekil-11 %1 LUBE-1 ve MAZOT Eklenmiş Su Bazlı Lignosülfonat Çamurunun Kayganlık Katsayıları	36
Şekil-12 %1 LUBE-2 ve MAZOT Eklenmiş Su Bazlı Lignosülfonat Çamurunun Kayganlık Katsayıları	36
Şekil-13 %1 LUBE-3 ve MAZOT Eklenmiş Su Bazlı Lignosülfonat Çamurunun Kayganlık Katsayıları	37
Şekil-14 %1 LUBE-1 ve AĞIR PETROL Eklenmiş Su Bazlı Lignosülfonat Çamurunun Kayganlık Katsayıları	38
Şekil-15 %1 LUBE-2 ve AĞIR PETROL Eklenmiş Su Bazlı Lignosülfonat Çamurunun Kayganlık Katsayıları	38
Şekil-16 %1 LUBE-3 ve AĞIR PETROL Eklenmiş Su Bazlı Lignosülfonat Çamurunun Kayganlık Katsayıları	39
Şekil-17 AĞIR PETROL ile Su Bazlı Lignosülfonat Sıvısına Eklenen LUBE-1, LUBE-2 VE LUBE-3'ün Kayganlık Katsayıları Karşılaştırması	40
Şekil-18 %1 LUBE-1 ve HAFİF PETROL Eklenmiş Su Bazlı Lignosülfonat Çamurunun Kayganlık Katsayıları	41
Şekil-19 % 2 LUBE-1 ve HAFİF PETROL Eklenmiş Su Bazlı Lignosülfonat Çamurunun Kayganlık Katsayıları	42
Şekil-20 % 1 LUBE-2 ve HAFİF PETROL Eklenmiş Su Bazlı Lignosülfonat Çamurunun Kayganlık Katsayıları	43
Şekil-21 % 2 LUBE-2 ve HAFİF PETROL Eklenmiş Su Bazlı Lignosülfonat Çamurunun Kayganlık Katsayıları	44
Şekil-22 % 1 LUBE-3 ve HAFİF PETROL Eklenmiş Su Bazlı Lignosülfonat Çamurunun Kayganlık Katsayıları	46

Şekil-23 % 2 LUBE-3 ve HAFİF PETROL Eklenmiş Su Bazlı Lignosülfonat Çamurunun Kayganlık Katsayıları	47
Şekil-24 HAFİF PETROL ile Su Bazlı Lignosülfonat Sıvısına %1 Oranında Eklenen LUBE-1, LUBE-2 ve LUBE-3'ün Kayganlık Katsayıları Karşılaştırması	48
Şekil-25 HAFİF PETROL ile Su Bazlı Lignosülfonat Sıvısına %2 Oranında Eklenen LUBE-1, LUBE-2 ve LUBE-3'ün Kayganlık Katsayıları Karşılaştırması	48
Şekil-26 Su Bazlı Lignosülfonat Çamuruna Eklenen Kayganlaştırıcıların Plastik Vizkozite Üzerindeki Etkileri	50
Şekil-27 Su Bazlı Lignosülfonat Çamuruna Eklenen Kayganlaştırıcıların Akma Noktası Üzerindeki Etkileri	51
Şekil-28 Su Bazlı Lignosülfonat Çamuruna Eklenen Kayganlaştırıcıların API Su Kaybı Üzerindeki Etkileri	52
Şekil-29 Sondaj Çamuru Üzerinde Oluşan Peynirsi Tabaka (Cheesing)	53

SEMBOLLER VE KISALTMALAR LİSTESİ

Kısaltmalar

PV	: Plastik Vizkozite, cp
YP	: Akma Noktası (Yield Point), lb/100ft ²
KK	: Kayganlık Katsayısı
DS	: Düzeltme Sayısı
MBT	: Metilen Mavisi Kapasitesi
Pm	: Çamur Alkalinitesi
Pf/Mf	: Filtrat Alkalinitesi

Semboller

α	: çözünen madde oranı, %
T	: sıcaklık, °K, °C or °F
A	: Arrhenius sabiti, s ⁻¹
R	: gaz sabiti, 8.314 Jmol ⁻¹ K ⁻¹
E	: aktivasyon enerjisi, kJmol ⁻¹
β	: ısıtma hızı, °Kmin ⁻¹
dw/dt	: zamana bağlı ağırlık kaybı oranı
n	: reaksiyon sabiti
T _{S-su}	: saf su kalibrasyonu buru değeri, 34 in-lbs
T _{Su} & T _{Okuma}	: cihazda okunan buru değeri, in-lbs

ÖZ

Sondaj Sıvılarına Eklenen Sıvı Kayganlaştırıcıların Performans Analizi

Aşırı buru değerleri, petrol ve doğalgaz sondaj endüstrisindeki en önemli problemlerden biridir. Sondaj dizisi ve kuyu cidarı veya koruma borusu arasındaki sürtünmeler aşırı buruya yol açmaktadır. Bu çalışmada, sondaj operasyonları sırasında, kuyu içinde oluşan sürtünmeleri azaltmak için sondaj sıvısına eklenen sıvı kayganlaştırıcıların performans analizi ve değerlendirmesi yapılmıştır. Analizler için, kayganlaştırıcı olarak; yağ asidi ve gliserid bazlı, trigliserid ve nebati yağ bazlı, ve polipropilen glykol bazlı üç çeşit ticari kimyasal kayganlaştırıcı, mazot ve değişik API yoğunluk, asfaltit ve parafin değerlerine sahip ham petrol numuneleri seçilmiştir.

Su bazlı lignosülfonat sondaj sıvılarına, kayganlaştırıcılar değişik oranlarda karıştırılarak, *OFITE Lubricity Tester* cihazında, metal-metal temas yüzeylerinde oluşan buru değerleri için en iyi performansı veren kompozisyonların belirlenmesi hedeflenmiştir. Ayrıca, bu kayganlaştırıcıların, diğer sondaj sıvısı özelliklerine etkileri (akış özellikleri, su kaybı, köpük oluşma potansiyeli ve peynirsi tabaka oluşumu/yüzeyde yağlanma) ile; sondaj sıvısının özelliklerindeki (kalsiyum, tuz, pH ve çamur yoğunluğu) değişimin, kayganlaştırıcıların performanslarına olan etkileri incelenmiştir.

Anahtar Sözcükler: sondaj sıvısı, çamur, kayganlaştırıcı, kayganlık, kayganlık katsayısı.

ABSTRACT

Performanca Analysis of Liquid Lubricants Added to the Drilling Fluids

Excessive torque is one of the most important problems in oil/gas drilling industry. Friction between wellbore/casing and drill string causes excessive torque. This study discusses performance analysis of drilling fluid lubricants, which are used as friction reducers in well-bore. Three different types of commercial chemical lubricants, which are fatty acid and glycerid based, triglycerid and vegetable oil based and polypropylene glycol based, diesel oil, and crude oil, which consists of different API gravity, paraffin and asphaltene value samples, were selected for the analysis.

In the analysis, different lubricant compositions with the mixture of commercial chemical lubricants, crude oil and diesel oil, which were added to water based lignosulfonate mud, are tested on metal-metal contact surface by *OFITE Lubricity Tester* to determine the best lubricity/cost ratio of lubricant compositions.

Moreover, effects of the lubricants on mud rheology and API fluid loss of mud, foam forming potential and cheesing/greasing of the lubricants and the influence of mud properties on lubricants (calcium, salt, pH and mud density) are examined.

Keywords: drilling fluid, mud, lubricant, lubricity, lubricity coefficient

1- GİRİŞ:

Bu proje kapsamında, sondaj operasyonları sırasında, kuyu içinde oluşan sürtünmeleri azaltmak için sondaj sıvısına eklenen sıvı kayganlaştırıcıların performans analizi ve değerlendirmesi gerçekleştirilmiştir. Analizler için, kayganlaştırıcı olarak glikol-nebati yağ karışımı kayganlaştırıcılar, mazot ve değişik °API yoğunluk, asfaltit ve parafin değerlerine sahip ham petrol numuneleri kullanılmıştır. Su bazlı lignosülfonat sondaj sıvılarına, kayganlaştırıcılar değişik oranlarda karıştırılarak, *Lubracity Tester* cihazında, metal-metal temas yüzeylerinde oluşan buru değerleri için en iyi performansı veren kompozisyonların belirlenmesi belirlenmiştir. Ayrıca, bu kayganlaştırıcıların, diğer sondaj sıvısı özelliklerine etkileri (akış özellikleri, su kaybı, emülsiyon ve köpük oluşma potansiyeli) ile sondaj sıvısının özelliklerindeki (kalsiyum, tuz, yoğunluk, pH) değişimin, kayganlaştırıcıların performanslarına olan etkileri çalışılmıştır.

2- LİTERATÜR ARAŞTIRMALARI :

Kuyu profilinin düzgün olmadığı; köpek bacağı benzeri keskin açılı kıvrımların ve dönüşlerin bulunduğu kuyular ile yönlü kuyu profillerinin olduğu sondajlarda, oluşan sürtünme, yüksek buru değerleri ile manevralarda, sondaj dizisinin ağırlık alması gibi sorunlara zemin hazırlamakta, bu sorunlar da ekipman yıpranmalarına, zaman kaybına neden olmaktadır. Sondaj sırasında, dönen dizi elemanları bu kıvrımlı bölümlerde kuyu cidarına ve koruma borusu içine sürtünerek buruya neden olmaktadır. Özellikle koruma borusu içinde oluşan metal-metal teması sonunda oluşan enerji, koruma borusu aşınmalarına veya çözülmelerine neden olabilmektedir. Petrol bazlı sondaj sıvılarının (çamur), kullanıldığı kuyularda yüksek buru değerlerinin ve ağırlık alma sorunlarının az görülmesine rağmen, çevresel endişeler ve kısıtlamalar nedeni ile kullanılamamaktadır. Çözüm olarak, su bazlı çamurlar ile kullanılan kayganlaştırıcılar, petrol bazlı veya sentetik bazlı sondaj sıvılarının sağladığı sonuçlara yakın sonuçlar vermektedir. Kayganlaştırıcıların tipine bağlı olarak içeriğindeki yağlayıcılar ile yağlama işlemi yaparken yüzey kaplayıcılar ile özellikle, koruma borusu içinde metal yüzeylere yapışarak, metal-metal oluşan sürtünmeyi ve dolayısıyla oluşan enerjiyi azaltarak oluşacak buruyu ve yıpranmayı düşürür.

Bu proje çalışmasında, sondaj operasyonları sırasında, kuyu içinde oluşan sürtünmeleri azaltmak için sondaj sıvısına eklenen sıvı kayganlaştırıcıların performans analizi ve değerlendirmesi yapılmıştır. Analizler için, kayganlaştırıcı olarak glikol-nebati yağ karışımı kayganlaştırıcılar, mazot ve değişik °API yoğunluk, asfaltit ve parafin değerlerine sahip ham petrol numuneleri seçilmiştir. Su bazlı lignosülfonat sondaj sıvılarına, kayganlaştırıcılar değişik oranlarda karıştırılarak, *Lubricity Tester* cihazında, metal-metal temas yüzeylerinde oluşan buru değerleri için en iyi performansı veren kompozisyonların belirlenmesi hedeflenmiştir. Ayrıca, bu kayganlaştırıcıların, diğer sondaj sıvısı özelliklerine etkileri (akış özellikleri, su kaybı, emülsiyon ve köpük oluşma potansiyeli) ile sondaj sıvısının özelliklerindeki (kalsiyum, tuz, yoğunluk, pH) değişimin, kayganlaştırıcıların performanslarına olan etkileri incelenmiştir.

Growcock et.al. (1998) su bazlı sondaj sıvıları için belli başlı kayganlaştırıcıların kayganlaştırma potansiyellerinin karşılaştırılmasını araştırmışlardır. Bentonit-su karışimli, polimer bazlı ve lignosülfonat bazlı çamurlar üzerine çeşitli oranlarda ve özelliklerde kayganlaştırıcılar eklenmiş, bu kayganlaştırıcıların kayganlaştırma potansiyelleri sürtünme katsayıları (COF) hesaplanarak karşılaştırılmıştır. Bu çalışma sonucunda kullanılan kayganlaştırıcıların hiçbirinin lignosülfonat çamurunda etkili olmadığı görülmüştür. Lignosülfonat bazlı çamurlar Türkiye’de sondaj operasyonlarında çoğunlukla kullanılan çamur sistemleridir. Bu yüzden, lignosülfonat bazlı çamur sistemlerinin kullanıldığı sondajlarda karşılaşılan yüksek buru, ağırlık alma, sondaj dizisi sıkışması gibi sondaj açısından çok önemli sorunlar kayganlaştırıcılar kullanılarak en aza indirgenmelidir.

Skalle et.al. (1999) çalışmalarında sondaj sıvısına karışan formasyon kesintisi, bentonit, barit gibi maddelerin, çeşitli sıvı kayganlaştırıcılarla karşılaştırması yapılarak, sondaj sıvısı özelliklerine ve sıvının kayganlaştırma performansına etkisini araştırmışlardır. Sonuç olarak bentonit ve benzeri maddelerin kayganlaştırma performansına çeşitli oranlarda karıştırıldığında olumsuz etki gösterebildiği, baritin ise belirli oranlarda sıvının kayganlaştırma performansına olumlu olarak yansıdığı görülmüştür. Kuyu sondajlarında kullandığımız sondaj sıvısı sistemi içindeki barit ve bentonit ‘in oranları kuyudan kuyuya hatta aynı kuyu sondajı devam ederken değişebilmektedir. Bu da göreceli olarak sondaj sıvısının kayganlaştırma performansını etkilemektedir. Türkiye’de de bentonit ve baritin, sıklıkla kullanılan sondaj çamuru kimyasalları arasında yer aldığı göz önüne alındığında, bu kimyasalların çeşitli

oranlarda kullanıldığı sondaj sıvısı sistemlerinin kayganlaştırma performansı, bu oranlar dikkate alınarak ölçülmelidir.

Maidla et.al. (1990) araştırmalarında çeşitli özellikte kayganlaştırıcılar içeren su bazlı sondaj sıvılarının ve petrol bazlı sondaj sıvılarının kayganlaştırma performansları, dinamik filtrasyon özellikleri ve diğer kimyasal özellikler ile birlikte incelenip, ölçümü ve yorumlaması yapmışlardır. Kayganlaştırıcılar, içerdikleri kimyasallar nedeni ile çamur özellikleri ile etkileşime girebilmektedirler. Seçilmiş olan kayganlaştırıcıların, çamurun kirlenmesi veya özelliklerinin değiştirilmesi durumunda performanslarının değişimi ile çamur özelliklerine etkileri test edilmiştir. Çeşitli çamur kompozisyonlarında, Cl⁻ iyonu, Ca⁺⁺ iyonu, yoğunluğu ve pH değerleri ölçülerek oluşan etkiler karşılaştırılmıştır.

Knox et.al. (2005) araştırmalarında kuyu tamamlama sıvıları, düşük katı madde içeren su bazlı sondaj sıvıları ve tuz bazlı rezervuar sondaj sıvılarına eklenen kayganlaştırıcıların performans analizi yapılmıştır. Kayganlaştırıcı içeren su bazlı lignosülfonat sondaj sıvısı ile ilgili bir çalışma ve bu çalışmaların fiyat-performans analizleri gerçekleştirilmemiştir. Projemiz kapsamında, kullanım kolaylığı, ulaşılabilirlik ve fiyat gibi kriterler nedeni ile Türkiye’de tercih edilmiş ve kullanılmakta olan petrol ve mazot gibi kayganlaştırıcılar da seçilerek su bazlı lignosülfonat sondaj sıvılarına fiyat-performans oranı olarak en uygun kompozisyonların bulunması sağlanması hedeflenmiştir.

Taillleur et.al. (1963) araştırmalarında yüksek basınçlı sistemlerde kullanılan sondaj sıvılarının kayganlaştırma performanslarını çalışmışlardır. Bu kayganlaştırıcıların buru değerlerini düşürmede, takım sıkışmalarını engellemede, kuyu genişlemelerinde, matkap ömründe ve yönlü sondajlardaki olumlu ve olumsuz etkileri araştırılmıştır. Sondaj sıvısının kayganlaştırma performanslarını ölçmek için *Timken Tester* cihazı kullanılmıştır. Sonuç olarak kayganlaştırıcı içermeyen sondaj sıvılarının kayganlaştırma performanslarının çok düşük olduğu görülmüş, çeşitli sondaj sıvılarına mazot gibi kayganlaştırıcılar eklenerek, sondaj sıvısının yukarıdaki problemlerde ne kadar etkin olabileceği incelenmiştir. Bununla birlikte genel bir fiyat/performans analizi yapılmıştır.

Sifferman et.al. (2003) araştırmalarında lignosülfonat sondaj sıvısına kayganlaştırma performansını artırmak amacıyla çeşitli “nişasta-kayganlaştırıcı” kompozisyonlarını eklemişlerdir. Kayganlaştırıcı olarak piyasada bulunabilen olefin, ester ve polibütan bazlı sıvılar kullanılmıştır. Nişasta-kayganlaştırıcı kompozisyonu içeren sondaj sıvılarında,

kayganlaştırıcı oranı % 0.5 iken, sadece % 3 kayganlaştırıcı içeren kompozisyonlardan daha iyi performans gösterdiği görülmüştür. Kayganlaştırıcı oranının düşüklüğü hem çevresel hem de ekonomik bazda pozitif etki yaratmaktadır. Nişastanın da ucuz ve çevreye zararsız olması nedeniyle bu nişasta-kayganlaştırıcı kompozisyonları, sondaj sıvısında çevreye duyarlı, toksik olmayan, stabil ve ekonomik olarak yerini almıştır. Bu karışımın sondaj sıvısının kayganlaştırma performansı arttırmakla beraber içerdiği nişasta nedeniyle API ve HTHP su kaybı özelliklerine de olumlu etki yaptığı görülmüştür. Bu nişasta-kayganlaştırıcı karışımı; su, nişasta ve kayganlaştırıcının “jet cooking” tekniği ile karıştırılmasıyla elde edilmiştir. Bu teknik ile nişasta 1-10 mikron çaptaki sıvı kayganlaştırıcı damlacıkları içeren bir çözeltiye dönüşmektedir. Bu nişasta çözeltisi kayganlaştırıcı ile gerekli prosedürler takip edilerek karıştırılıp sondaj sıvısına eklendiğinde etkisini göstermektedir. Ancak bu tekniği uygulamak için gerekli ekipmanı ve yöntemi saha uygulamalarına adapte etmek pratikte kolay gözükmemektedir.

Reid et.al. (2000) araştırmalarında lignosülfonat kuyu sondajlarında karşılaştığımız *differential-sticking* problemini en aza indirmek amacıyla, sondaj sıvısı özelliklerini takip ve optimize etmek için tasarlanan, sahalarda kullanılabilir bir test yöntemi üzerinde çalışmışlardır. Yapışma ölçme cihazı (*stickance tester*) adı verilen bu cihaz sondaj sıvısının yapışma özelliklerini hem laboratuvarında hem de sahada ölçmek için tasarlanmıştır. Bu cihaz küçük metal bir kürenin çamur kekine temasını sağlayan HTHP su kaybı hücresi ve küreyi çamur kekinden bağımsız döndürecek buruyu sağlayan elektronik buru cihazından oluşmaktadır. *Differential sticking* problemine yol açan birçok değişken bulunmaktadır. Bu değişkenler arasında yüksek çamur hidrostatik basıncı (*mud overbalance*), çamur katı madde içeriği, çamur tipi, su kaybı, çamur keki kalitesi sayılabilir. Çamur keki kalitesi bu probleme yol açan en önemli sorunlardan biri olmakla birlikte çamurun kayganlaştırma performansının kek kalitesine etkisi büyüktür. Bu ve birçok çalışmada sondaj sıvısına eklenen kayganlaştırıcıların *differential sticking* problemi yaşama riskini minimuma indirdiği görülmüştür. Bu çalışmada da sondaj sıvısına çeşitli kayganlaştırıcılar ve yapışma önleyici kimyasallar eklenerek, geliştirdikleri yapışma ölçme cihazında performansları karşılaştırmış ve olumlu etkileri görülmüştür, bu durum bize kayganlaştırıcıların efektif kullanımının, sondaj sektöründeki önemini bir kez daha göstermiştir.

Kercheville et.al. (1986) araştırmalarında dizel bazlı kayganlaştırıcılar ile çevreye duyarlı özel kimyasal kayganlaştırıcıların su bazlı sondaj sıvıları ve spot sıvıları üzerindeki kayganlaştırma etkileri karşılaştırmışlardır. *Differential Sticking Tester* cihazında su bazlı sondaj sıvısına çeşitli oranlarda katılan kayganlaştırıcılarla yapılan testler ile çıkan sonuçlara göre dizel yağ ve mineral yağların benzer kayganlaştırma performansları gösterdiği görölmüştür. Çevreye zarar vermeden ayrışabilen yüzey aktif maddelerin (*biodegradable surfactants*) buru düşürme ve yüksek basınçta kayganlaştırma özelliklerinde, dizel ve mineral yağlardan daha iyi performans gösterdiği sonucuna varılmıştır. Ayrıca mineral yağların ve çevreye duyarlı kayganlaştırıcı ürünlerin spot sıvılarında da “*differential sticking*” problemi risklerini azalttığı sonucuna varılmıştır.

Isambourg et.al. (1999) gerçekteştirdikleri araştırmada sondaj sıvılarının kayganlaştırma performanslarının özellikle yönlü ve yatay kuyularda sondaj problemleri ve ekonomi açısından ne kadar büyük bir önemi bulunduğu belirtilmiştir. Çeşitli sondaj sıvılarının kayganlaştırma karakteristiklerini kuyu dibi şartlarında örneklemenin önemi vurgulanmıştır. Bu simölasyon için özel dizayn edilmiş, metal ve çamur keki arasındaki sürtünme katsayısını ölçecek bir cihaz kullanılmıştır. Bu cihaz ayrıca çamur kekinin gözeneklilik basıncını, geçirgenliğini ve yapışma zamanını ölçebilmektedir. Bu çalışma esas olarak, bu cihazın ölçüm prensiplerini ve spesifikasyonlarını, “*differential sticking*” testlerinde verdiği sonuçların doğrulanabilirliğini göstermek için yapılmıştır. Testlerin sonucunda, kuyu dibi şartlarında simule edilen sondaj sıvısının sürtünme katsayılarının doğru ve tekrarlanabilir olduğu, çamur keki geçirgenliğinin ve kalınlığının “*differential sticking*” probleminde büyük bir önem arz ettiği, sondaj sıvısındaki katı madde oranının ve KCl konsantrasyonunun manevralarda problem yaratacak etkenlerin başında önemli bir rol oynadığı sonucuna varılmıştır.

Dzjalowski et.al. (1993) gerçekteştirdikleri araştırmada sondaj sıvısının kayganlaştırma performansının killi formasyonlar üzerindeki etkisi çalışılmıştır. Yüksek buru değerleri, genelde kumtaşı ve metal gibi sert yüzeylerde kendini gösteriyor gibi görünse de, yumuşak, şışmeye yatkın ve aktif killerde etkisi tam olarak bilinmemektedir. Bu makalede de özel bir kayganlaştırıcı test cihazı kullanılarak bu konunun üzerinde durulmuştur. Kil ve sondaj sıvısı arasındaki kimyasal ilişki, kilin mekanik özelliklerini değiştirmekte ve kil kayganlığına önemli etkileri olmaktadır. Bu sebeple çalışmada, dizel bazlı kayganlaştırıcılar, sentetik bazlı sondaj

sıvılarının yanı sıra, tuz ve diğer su bazlı sondaj sıvısı katkıları da kayganlaştırma performansını gözlemlemek için kullanılmıştır. Sonuç olarak, killerin sürtünme katsayılarının, NaCl ve KCl katkıları arttırıldığında azaldığı, bu konuda KCl'nin NaCl'den daha efektif olduğu, bentonit ve barit oranları arttırıldığında sürtünme katsayısında fazla bir değişim olmadığı, PHPA, PAC gibi polimerlerin killi formasyonlarda sürtünme katsayısının düşürülmesinde etkili olduğu gibi sonuçlara varılmıştır.

Quigley et.al. (1989) gerçekleştirdikleri araştırmada çeşitli ağırlıkta ve çeşitli kayganlaştırıcılar içeren değişik kompozisyonlardaki sondaj sıvılarının kayganlaştırma performansları karşılaştırmışlardır. Çalışmanın sonucunda bazı kayganlaştırıcıların sadece laboratuvar da testi yapılan, kuyu ve dizi arasındaki sürtünme katsayısını düşürmede etkili olduğu görülmüştür. Ancak bazı kayganlaştırıcıların, bu görevinin yanı sıra, kuyuyu stabilize etmek, matkap sarmasını azaltmak, daha iyi çamur keki oluşmasını sağlamak gibi ekstra pozitif etkileriyle, buruyu azaltmada yardımcı olduğu görülmüştür.

Quigley et.al. (1990) gerçekleştirdikleri araştırmada yüksek açılı kuyularda (45-90°) sondaj dizisinin kuyu cidarına sürtünerek yarattığı buruyu ölçmek için "kuyu içi sürtünme simülatörü" adı verilen bir cihaz kullanmışlardır. Bu cihazın, küçük çaplı kayganlaştırma test cihazlarından farklı olarak operasyon koşullarını daha iyi yansıttığı öne sürülmektedir. Koruma borusu görünümüne sahip olan cihaz içine test aşamasında kesinti tabakaları da eklenerek sirkülasyon sistemi oluşturmakta ve bir sürtünme katsayısı bulmaktadır. Simülasyonda ağırlaştırılmamış lignosülfonat çamuru lübrikantlı ve lübrikantsız olarak kullanılmakta ve kayganlaştırma performansları hesaplanmaktadır. Bu test yönteminin sonuçlarının küçük çaplı kayganlaştırma test cihazlarıyla benzerlik gösterdiği, kesinti tabakalarının boru bağlantı yerleri (tool joint) ile kuyu cidarı arasında bir yatak oluşturarak sürtünme katsayısını düşürebilme potansiyeli olduğu sonucuna varılmıştır.

Schamp et.al. (2006) gerçekleştirdikleri araştırmada yönlü ve uzun kuyularda yaşanan buru problemlerini minimum indirme teknikleri üzerine çalışmalar yapmışlardır. 9-11 km uzunluğuna ulaşan bu kuyularda buru değerlerini düşürmek amacıyla çeşitli yöntemler denenmiştir. Mekanik buru düşürme aletleri ve sondaj sıvısına eklenen katı ve sıvı kayganlaştırıcılar ile buru problemleri minimum indirilmeye çalışılmıştır. Buruyu düşürmek amacıyla, sondaj sıvısına katı kayganlaştırıcılar eklenen kuyularda, katı kayganlaştırıcıların, sondaj dizisi elemanları; özellikle BHA üzerinde tıkanmalara neden olduğu ve buru

düşürmede olumlu bir etki yapmadığı görülmüştür. Sıvı kayganlaştırıcı kullanılan en uzun kuyularda bile, buru değerlerinde %5 ve %15 arasında düşümler sağlamıştır. Sıvı kayganlaştırıcılar sondaj sıvısına %2-6 oranında eklendiğinde olumlu etki gösterdiği, %6'yı aşan durumlarda buru düşürmede faydasının artmadığı gözlemlenmiştir. Denenen yöntemler arasında buru problemlerini minimum indirmede en olumlu sonucun sondaj dizisine eklenen mekanik aletler kullanıldığında ortaya çıktığı görülmüştür ancak bu yöntem diğer yöntemlere göre çok pahalı bir yöntem olduğundan, yapılacak risk analizi sonucunda, kullanımının gerekliliği saptanması görüşü ortaya çıkmıştır.

Argiller et.al. (1996) gerçekleştirdikleri çalışmada, çevresel kısıtlamalardan dolayı su bazlı sondaj sıvısına eklenen ester bazlı bir kayganlaştırıcının, değişik formülasyona sahip sondaj sıvılarında performansları ölçülmüşlerdir. Bu kayganlaştırıcı, doğada biyolojik olarak parçalanabilen, çevreye duyarlı ve toksik olmayan bir kayganlaştırıcıdır. Ester bazlı bu sıvı kayganlaştırıcı, yüksek yoğunluklu, yüksek oranda tuz ve katı madde içeren, düşük katı madde içeren sondaj sıvıları gibi çeşitli su bazlı sondaj sıvısı formasyonlarıyla denenmiş ve başarılı olduğu görülmüştür. Su bazlı sondaj sıvılarında çözünebilen bu çevreye duyarlı, sıvı kayganlaştırıcı, 160 °C sıcaklığında dahi stabil ve efektif kalmaktadır, ayrıca çamur reolojisini olumsuz yönde etkilemediği gibi, sıvı kaybı değerlerinin düşürülmesinde olumlu rol oynamıştır. En iyi kayganlaştırma performansının kayganlaştırıcının sondaj sıvısına %3 oranında eklendiğinde ortaya çıktığı görülmüştür. Bu kayganlaştırıcı Afrika, Amerika ve Kuzey Denizi'ndeki kuyularda başarıyla kullanılmış ve kuyularda %30'a varan buru düşümleri sağlamıştır.

Foxenberg et.al. (2008) gerçekleştirdikleri çalışmada, çevreye duyarlı yeni bir kayganlaştırıcının, sürtünmeyi düşürmede ve formasyona uyumluluğunda etkisi saha çalışmalarıyla gözlemlenmişlerdir. Bu kayganlaştırıcının en önemli özelliği, yüksek yoğunluklu kalsiyum bromür de dahil olmak üzere, kuyu tamamlama sıvılarında tamamen çözülebilir olması olarak gösterilmiştir. Çoğu diğer kayganlaştırıcıların aksine, kuyu tamamlama sıvısında yağsı ve peynirsi tabaka oluşmamakta, sıvının yağ içeriğine katkıda bulunmamakta, yüksek buru ve sıcaklıklarda çözünebilir ve stabil kalmaktadır. Ayrıca tipik kumtaşı formasyonlarındaki geçirgenlik üzerinde de olumsuz bir etki yapmamaktadır. Laboratuvar çalışmalarında, bu kayganlaştırıcının suda, deniz suyunda, yüksek tuzlulukla ve yüksek

yoğunluklu kuyu tamamlama sıvılarında da çözünebilirliği ve sürtünme katsayısına etkisi çalışılmış, yukarıdaki özellikleri sağladığı görülmüştür.

Tyldsley et.al. (1979) gerçekleştirdikleri çalışmada bitkisel yağ bazlı bir kayganlaştırıcının kuzey denizi'ndeki yönlü kuyularda buru değerlerine ve sondaj sıvısı özelliklerine etkilerini incelemişlerdir. Çevreye duyarlı, toksik olmayan bir kayganlaştırıcı olan bu kayganlaştırıcı, kuzey denizi'nde, yüksek sıcaklıklarda başarılı olarak çalışmış, sondaj sıvısındaki oranı %3 olarak kullanıldığında olumlu sonuçlar ortaya koymuştur. 10000 ft'i aşan metrajlarda bu oran buru değerlerinde %30 düşme sağlamıştır. Ayrıca bu kayganlaştırıcının kuzey denizi'nde kullanılan lignosülfonat çamur sistemi üzerinde reolojik özelliklerden biri olan kopma noktası değerini arttırdığı ve sıvı kaybı değerini düşürdüğü gözlemlenmiştir.

3- DENEYSEL YÖNTEMLER VE KULLANILAN KATKI MADDELERİ:

3.1 Deney Yöntemleri:

Proje kapsamında aşağıda detaylı olarak belirtilen deney yöntemleri kullanılmıştır.

3.1.1 Termogravimetrik Ölçümler:

Oda sıcaklığı ile 900°C arasında hava ortamında gerçekleştirilecek termogravimetri (TG/DTG) deneyleri ile programlı olarak arttırılan sıcaklık sonucunda analiz edilecek olan numunelerin kütlelerinde meydana gelecek olan azalmalar, sıcaklığın veya zamanın fonksiyonu olarak incelenmiştir. TG/DTG ile yapılan tüm deneylerde 10 °C/dak. 'lık ısıtma hızı, 50 ml/dak. 'lık hava akış hızı kullanılarak *Ocma* bentonitin analizleri 20-900 °C aralığında gerçekleştirilmiştir.

3.1.2 Kayganlaştırma Performansı Ölçümü:

Kayganlaştırma Performansı ölçüm deneyleri aşağıda belirtilen yöntemle göre gerçekleştirilmiştir. Bu deney kapsamında kullanılan *OFITE Lubricity Tester* cihazı, farklı oranlarda kayganlaştırıcı içeren çamurların kayganlık katsayılarını bulmak amacıyla kullanılır.

-Sıvının içerisinde 60 rpm'de dönen metal halkaya 150 inch-pounds kuvvet metal küple verilip, birbirine sürtünmesi sağlanır ve cihazda buru değerleri okunur.

-*OFITE Lubricity Tester* cihazı ile elde edilen sonuçlar, her test sonunda saf su ile yapılan testlerle elde edilen düzeltme sayısı (D.S.)^[1] kullanılarak doğrulaması yapılır.

-Bu doğrulama sonucunda kayganlık katsayısı (K.K.)^[2] bulunur.

Düzeltilme sayısı ve kayganlık katsayısı aşağıda verilen denklemler kullanılarak bulunmaktadır.

$$\text{Düzeltilme Sayısı} = \frac{T_{S-su}}{T_{su}} \quad (1)$$

$$\text{Kayganlık Katsayısı} = \left(\frac{\tau_{okuma}}{100} \right) \times DS \quad (2)$$

$$T_{S-su} = 34 \text{ in-lbs} \quad (3)$$

3.1.3 pH Ölçümü:

-3 veya 4 renkten oluşan pH kâğıdı çamur filtratına batırılır ve sıvının kâğıdın yüzeyini ıslatmasına ve rengin sabitleşmesine kadar (~ 1 dak.) beklenir.

-pH kâğıdında oluşan renk dizimi, değişik pH değerleri için olması gereken renklerle karşılaştırarak, pH belirlenir.

-Renk değişimi, kullanılan pH kâğıdının renk skalasına uymuyorsa deneyin çamurun tahmini pH'ına daha yakın bir başka pH kâğıdı kullanarak tekrarlanması gerekmektedir. Değişik pH aralıkları için hazırlanmış çeşitli test kâğıtları mevcuttur.

3.1.4 Filtrat Alkalinitesi - P_f/M_f:

-Titrasyon kabına bir mililitre filtrat konur.

-2-3 damla Phenolphthalein indikatör çözeltisi ilave edilir. Herhangi renk oluşmaz ise P_f= 0.

-Eğer çözelti pembeye dönüşürse, renk kayboluncaya kadar bir pipet ile 0.02 normal (N/50) sülfürik asit ilave edilir ve bu sırada numune sürekli karıştırılır. Eğer kullanılan filtrat numunesinin rengi, renk değişimini maskeliyorsa pH metre kullanılarak pH değerinin 8.3 olduğu noktada test bitirilir.

-Harcanan 0.02 N (N/50) sülfürik asitin miktarı P_f (ml.) olarak kaydedilir.

-P_f noktasına kadar titrasyona tabi tutulan numuneye 2 veya 3 damla Methly Orange indikatör çözeltisi ilave edilir. Aynı zamanda çözelti renginin sarı renkten pembe renge değişmesine kadar sürekli karıştırılarak damla, damla 0.02 N sülfürik asit ilave edilir. Eğer kullanılan filtrat numunesinin rengi, renk değişimini maskeliyorsa pH metre kullanılarak pH değerinin 4.3 olduğu noktada test bitirilir.

-Bütün testte kullanılan sülfürik asit miktarı (P_f için kullanılan da dahil) M_f (ml.) olarak kaydedilir.

3.1.5 Çamur Alkalinitesi - P_m :

-Titration kabına bir mililitre çamur konur ve 25-50 ml. saf su ile sulandırılır.

-4-5 damla Phenolphthalein indikatör çözeltisi ilave edilir.

-Eğer çözelti pembeye dönüşürse, renk kayboluncaya kadar bir pipet ile 0.02 N (N/50) sülfürik asit ilave edilir ve bu sırada numune sürekli karıştırılır. Eğer kullanılan filtrat numunesinin rengi, renk değişimini maskeliyorsa pH metre kullanılarak pH değerinin 8.3 olduğu noktada test bitirilir.

-Harcanan 0.02 N (N/50) sülfürik asitin miktarı P_m olarak kaydedilir.

3.1.6 Klor (Cl^- İyonu) Miktarının Belirlenmesi:

-Titration kabına 1ml veya daha fazla filtrat alınır.

-2-3 damla Phenolphthalein indikatör çözeltisi ilave edilir. Eğer indikatörün rengi pembeye dönüşürse, bir pipetle, renk kaybolana kadar damla damla asit ilave edilir.

-Yaklaşık 25-50 ml saf su ile numune seyreltilir.

-5-10 damla potasyum kromat indikatörü ilave edilir.

-Karışımın rengi sarıdan kiremit kırmızısına dönüşene kadar pipet ile gümüş nitrat ilave edilir ve renk dönüşümü yakalandığında en az 30 saniye kalıcı olması beklenir. Kullanılan gümüş nitrat miktarı kaydedilir.

-Eğer ölçüm yapılan filtratın klorür iyon konsantrasyonu 10,000 mg/l'tyi geçerse, 0.282N Ag NO₃ çözeltisi kullanılmalı ve aşağıdaki hesaplamada 1000 çarpanı yerine 10,000 çarpanı kullanılmalıdır.

$$Cl = [(Gümüş nitrat miktarı) / (Filtrat miktarı)] \times 100$$

3.1.7 Kalsiyum Miktarının Belirlenmesi:

-Titration kabına 25-50 ml saf su alınır ve 3 ml. 1N NaOH ve çay kaşığının yarısı ölçüde Ca⁺⁺ indikatörü ilave edilir.

-Bu aşamada eğer karışımın rengi pembe olursa, ölçüsüz olarak versenate çözeltisi ile rengin maviye dönmesi sağlanır.

-Titration kabına 1 ml. çamur filtratı alınır.

-Ca⁺⁺'un var olduğunu gösteren pembe renk maviye dönüşene kadar versenate çözeltisi ile titrasyon yapılır ve kullanılan miktar kaydedilir.

Toplam Sertlik = [(Versenate çözeltisi miktarı) / (Filtrat miktarı)] x 400

3.1.8 Metilen Mavisı Kapasitesinin Belirlenmesi (MBT_{mud})

-Erlenmeyer içerisindeki 10 ml. saf suya, 2-10 ml arası çamur ilave edilir.

-Karışıma 15 ml. %3 hidrojen peroksit ve 0.5 ml. sülfürik asit ilave edilir. 10 dakika düşük ayarda kaynatılır.

-Daha sonra saf su ile 50 ml.'ye tamamlanır.

-Pipet ile karışıma metilen mavisı ilave edilir. Her 0.5 ml. ilaveden sonra karışım karıştırılarak 30 saniye beklenir.

-Karışımdan karıştırma çubuğunun ucuyla bir damla alınarak filtre kağıdı üzerine bırakılır.

-Boyanmış kilin etrafını mavi bir halka çevrelediği zaman test bitirilir ve kullanılan metilen mavisı miktarı kaydedilir.

-Mavi halka belirlendiği zaman erlenmeyerdeki karışım yaklaşık 2 dakika karıştırılarak, filtre kağıdı üzerine tekrar bir damla bırakılır ve mavi halkanın tekrar oluşup oluşmayacağı belirlenir. Eğer halka tekrar oluşmuyorsa metilen mavisı ilave edilmeye devam edilir.

Metilen Mavisı Kapasitesi = [(Metilen mavisı miktarı) / (Çamur miktarı)] x 400

Bentonit Eşdeğeri, lb/bbl = 5 x Metilen Mavisı Kapasitesi

3.2 Kullanılan Katkı Maddeleri:

3.2.1 Katkısız Bentonit:

Bentonit tatlı su bazlı çamurların kompozisyonunu oluşturan temel katkı maddesi olup çamurun su kaybı ve akış özelliklerini kontrol eder. Sistemde yeterli miktarda ve belli kalitede bentonitin bulunması ince, sağlam ve geçirgen olmayan bir kek oluşturmanın birincil şartıdır. Dizi sıkışmaları ve formasyon kirlenmesi yönünden söz konusu kek özellikleri önem kazanır. 10000 mg/lt'den yüksek Cl⁻ iyonu ve 240mg/lt yüksek Ca⁺² iyonu konsantrasyonlarında etkisi azalır.

3.2.2 Kromsuz Lignosülfonat (CFL):

CFL, tüm tatlı su bazlı çamurlarda başarıyla kullanılan organik kökenli bir kromsuz lignosülfonattır. İkincil fonksiyonu olarak su kaybı kontrolüne yardımcı olur. Genel kullanım

dozu 0.5-4 lb/bbl olup, ortam pH'nın 9-10 olması durumunda maksimum etki sağlar. Kuyu dibi sıcaklığı 350 °F'a (~ 177 °C) yaklaşırken CFL'in etkinliği azalmaya başlar. Sisteme eklendiğinde pH'nın düşmesine neden olur.

3.2.3 Düşük Viskoziteli Karboksimetilselüloz (CMC-LV):

CMC-LV tatlı su bazlı çamurlarda bentonitin yanı sıra su kaybında daha fazla bir azalma sağlamak amacıyla kullanılan bir su kaybı kontrolü maddesidir. CMC selüloz esaslı anyonik bir polimer olup, genel kullanım dozu 1-3 lb/bbl dir. Su kaybı kontrol özelliği ortamdaki tuz konsantrasyonunun 50,000 ppm'i aşması ve kuyu dibi sıcaklığının 300 °F'a (~ 149 °C) yaklaşması durumunda hızlı bir şekilde azalır. 30000 mg/l'ten yüksek Cl⁻ iyonu ve 500mg/l'ten yüksek Ca⁺² iyonu konsantrasyonlarında etkisi azalır.

3.2.4 Sodyum Hidroksit (NaOH):

Sodyum hidroksit su bazlı çamurların pH'sını ayarlamak için kullanılır.

3.2.5 Sodyum Klorür (NaCl):

Sodyum klorür, NaCl, tuz formasyon problemlerinin yaşandığı kuyularda doymuş tuzlu su çamuru olarak, hidrat oluşum riski olan kuyularda ikincil hidrat inhibisyonu amacıyla kullanılır. Bu çalışmada, çamurda tuz kirliliği yaratmak için kullanılmıştır.

3.2.6 Barit (BaSO₃):

Drill-in sıvılarının ağırlığını arttırmak için kullanılan barit, ağırlaştırıcı olarak bütün çamur tiplerinde kullanılabilir. Özgül ağırlığı 4.2'dir.

3.2.7 Alçı (CaSO₄):

Alçı, sondaj sıvılarında karbonat-bikarbonat kirlenmelerinin ıslahı için kullanılmaktadır. İçeriğindeki Ca⁺⁺ iyonu ile fazla karbonat iyonlarını çökeltilmektedir. Bu çalışmada çamurda kalsiyum kirliliği yaratmak amacıyla kullanılmıştır.

3.2.8 OCMA Kili:

OCMA kili, sondaj sıvısı kompozisyonlarında normalde bulunmayan bir katkıdır. Şişen, smektit tarzı minerallerden oluşan OCMA kili, formasyondan giren kesintileri temsil eder. Kuyu koşullarını, laboratuvar şartlarına uyarlamak için sondaj sıvılarına eklenir.

3.2.9 Kayganlaştırıcı:

Takım sıkışması riskini azaltmak, oluşacak buruların önüne geçmek ve yüzeysel sıkışma olasılığını en aza indirmek için kuyu içinde yağlama amacı ile kullanılır. Kuyu içindeki dizi ve formasyon arasında kayganlık sağlayan bir film oluşturur. Ham petrol, mazot ve özel kimyasal kayganlaştırıcılar kayganlaştırıcı olarak kullanılmaktadır.

4- DENEYSEL SONUÇLAR VE ANALİZLER

Bu kısımda öncelikle kimyasal ve termogravimetri analizleri kapsamında kinetik analizler kısmına değinilecektir. Daha sonra proje kapsamında kullanacağımız sondaj sıvısı hazırlama ve katkıları konusunda bilgi verilecektir. Bu sondaj sıvısına değişik oranlarda çeşitli kayganlaştırıcılar eklenerek yapılan kayganlaştırma performansı analizleri deney sonuçları tartışılacaktır. Son olarak kayganlaştırıcıların çamur özellikleri üzerindeki etkilerinin analizleri kapsamında fiziksel ve kimyasal analiz test sonuçları ve çamur özelliklerinin kayganlaştırma performansı üzerindeki etkilerinin analizleri yapılacaktır.

4.1 Kimyasal ve Termogravimetri Analizleri:

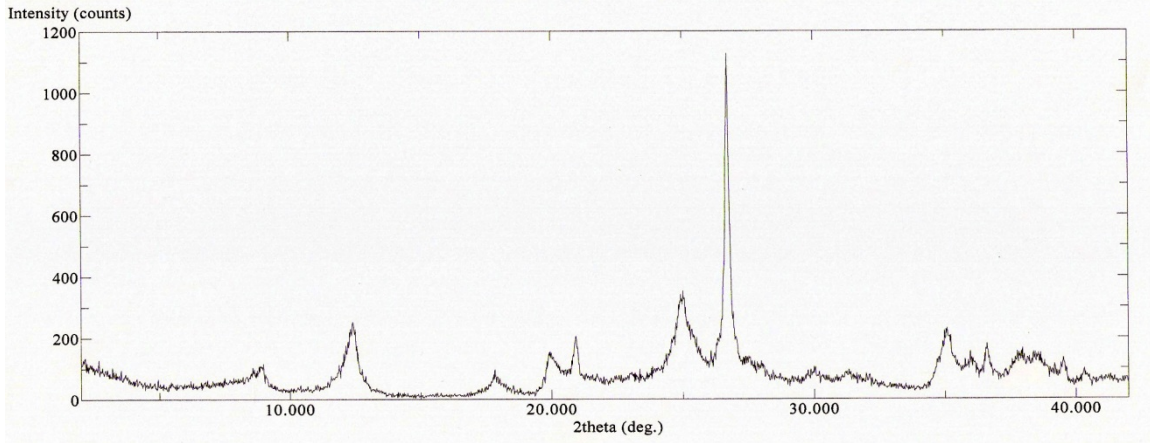
Proje kapsamında *Ocma* bentonit numunesinin ısısal analiz deneyleri 5,10 ve 15 °C/dak. ısıtma hızında termogravimetri (TG-DTG) ile gerçekleştirilmiştir.

Termogravimetri (TG-DTG) deneylerinden önce *Ocma* tipi bentonitin kimyasal özellikleri belirlenmiştir (Tablo-1). Sonuçlar Al_2O_3 / SiO_2 oranının $\sim 1/3$ olmasından dolayı *Ocma* tipi bentonit numunesinin esas bileşeninin montmorilinite olduğunu göstermiştir.

Tablo-1 *Ocma* tipi bentonit numunesinin kimyasal analizi

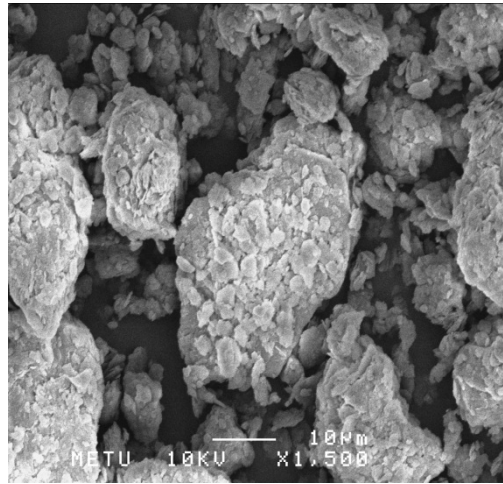
Al_2O_3 (%)	MgO (%)	SiO_2 (%)	CaO (%)	FeO (%)	Fe_2O_3 (%)
16.21	0.45	47.55	0.27	1.19	1.24

Ocma tipi bentonit numunesinin X-Ray (Işını) Difraksiyon (XRD) analiz sonuçları 'da bentonit numunesini esas kil mineralinin montmorilinite ve smectite olduğunu göstermiştir. XRD analizleri Ocma tipi bentonit numunesinin aynı zamanda düşük oranlarda quartz, cristobilite ve illite içerdiğini göstermiştir (Şekil-1).



Şekil-1 Ocma tipi bentonit numunesinin XRD analizi

Ocma tipi bentonit numunesinin taramalı elektron mikroskopu (SEM) ile gerçekleştirilen analizi, quartz taneciklerinin kil mineral tabakaları ile örtüldüğünü ve ince bağlı kil mineral parçacıkları ile kümelenmiş olduğunu göstermektedir (Şekil-2).

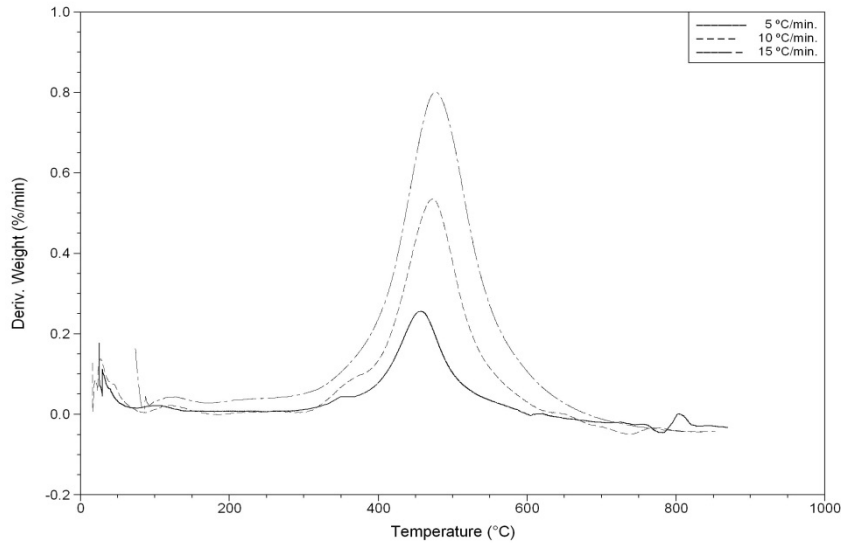


Şekil-2 Ocma tipi bentonit numunesinin SEM analizi

Ocma tipi bentonit numunesinin termogravimetri (TG/DTG) ile farklı ısıtma hızlarında gerçekleştirilen deneylerinde, bentonit numunesinin ağırlık kaybına yönelik olarak iki farklı

bölgenin oluşumu gözlenmiştir. 20-80 °C arasında gözlemlenen ağırlık kaybın, kimyasal olarak bağlanmış suyun değişim tabakasından kaybı olarak nitelendirilmektedir. İkincil ağırlık kaybı ise 350-650 °C arasında gerçekleşmiştir. Bu bölgedeki ağırlık kaybı yapısal su (örgü su) kaybı olarak nitelendirilmiştir (Şekil-3).

Ocma tipi bentonit numunesinin farklı ısıtma hızlarındaki ağırlık kaybı sıcaklık aralıkları, peak sıcaklıkları Tablo-2 'de verilmiştir.



Şekil-3 Ocma tipi bentonit numunesinin DTG analizi

Tablo-2 Ocma tipi bentonit numunesinin farklı ısıtma hızlarındaki ağırlık kaybı sıcaklık aralıkları ve peak sıcaklık değerleri

Ağırlık Kaybı Bölgeleri	5 °C/dak.	10 °C/min	15 °C/min
Sıcaklık Aralığı (°C) I. Bölge	20-75	20-75	20-80
Ağırlık Kaybı (%), I. Bölge	0.71	0.41	0.39
Sıcaklık Aralığı (°C) II. Bölge	290-605	305-640	310-685
Peak Sıcaklık (°C) II. Bölge	460	475	480
Ağırlık Kaybı (%), II. Bölge	5.20	5.90	6.95

4.1.1 Kinetik Analiz:

Proje kapsamında Ocma tipi bentonit numunesinin farklı ısıtma hızlarındaki kinetik parametreleri Arrhenius modeli kullanılarak belirlenmiştir. Kinetik denklemlere bağlı olarak elde edilen kinetik veriler aşağıda temel denklem temel alınarak hesaplanmıştır.

$$d\alpha / dt = k \alpha^n \quad (1)$$

Sıcaklığa bağlı olarak k değeri Arrhenius denklemini kullanılarak aşağıdaki şekilde ifade edilir.

$$k = A \exp (-E / RT) \quad (2)$$

Arrhenius kinetik modelinde; toplam madde kayıp oranı, oran sabitine, kalan madde miktarına ve sıcaklığa bağlı olarak değişmektedir. Bu geliştirilen modelde reaksiyon sabiti bir (n=1) olarak kabul edilmiştir. Modelle ilgili denklemler aşağıda verilmiştir.

$$dW/dt = k.W^n \quad (3)$$

Birinci derece denklem kabul edersek (n=1),

$$dW/dt = A_r \exp (-E/RT)W \quad (4)$$

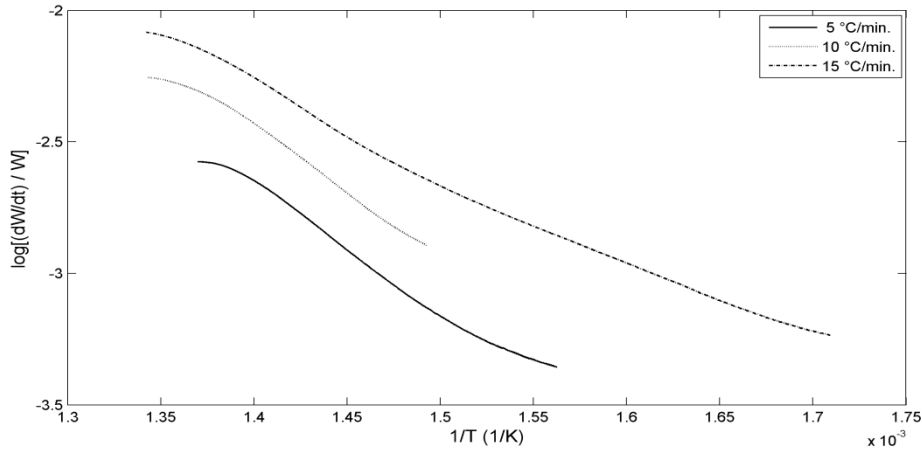
$$[(dW/dt) \times 1/W] = A \exp (-E/RT) \quad (5)$$

Denklemin her iki tarafının logaritmasını alırsak;

$$\log [(dw / dt) / w] = \log A - E / 2.303 RT \quad (6)$$

Kullanılan denklemlerde: α = çözünen madde oranı (%), T = sıcaklık ($^{\circ}K$), A = Arrhenius sabiti (s^{-1}), R = gaz sabiti ($8.314 \text{ Jmol}^{-1}K^{-1}$), E = aktivasyon enerjisi (kJmol^{-1}), β = ısıtma hızı ($^{\circ}K\text{min}^{-1}$), dw/dt = zamana bağlı ağırlık kaybı oranı, n = reaksiyon sabitidir.

$\log [(dw / dt) / w]$ vs. $1/T$ 'ye karşılık farklı ısıtma hızlarında oluşturulan Arrhenius grafikleri Şekil-4 'de verilmiştir. Grafiklerdeki doğruların eğimi aktivasyon enerjisini, y-eksenini kesen nokta ise Arrhenius sabitini vermektedir.



Şekil-4 Ocma tipi bentonit numunesinin farklı ısıtma hızlarındaki Arrhenius grafikleri

Ocma tipi bentonit numunesinin 350-650 °C arasında gerçekleşen ve yapısal su (örgü su) kaybı bölgesi olarak nitelendirilen bölgenin farklı ısıtma hızlarındaki kinetik analizlerinde ise hesaplanan aktivasyon enerjileri ve Arrhenius sabitleri ise Tablo-3 'de yer almaktadır. Ocma tipi bentonit numunesinin aktivasyon enerjisinin 65.1 - 68.6 kJmol⁻¹; Arrhenius sabitinin ise 110 - 190 dak.⁻¹ arasında değiştiği gözlemlenmiştir.

Tablo-3 Ocma tipi bentonit numunesinin farklı ısıtma hızlarındaki kinetik değerleri

Parametre	5 °C/dak.	10 °C/dak.	15 °C/dak.
Aktivasyon enerjisi (kJmol ⁻¹)	67.4	68.6	65.1
Arrhenius sabiti (dak. ⁻¹)	1.6x10 ²	1.9x10 ²	1.1x10 ²

4.2 Sondaj Sıvısı Hazırlama

Laboratuvar koşullarında sondaj sıvısı hazırlamak, testlerin yapılışı ve sonuçların güvenilirliği açısından önem arz etmektedir. Bu bölümde çamur katkılarının karıştırılma ve şartlanma yöntemleri özetlenmiştir.

4.2.1 Lignosülfonat Sondaj Sıvısı Katkıları:

Su bazlı lignosülfonat bazlı sondaj sıvısı hazırlamak için ilk olarak gerekli miktarda suya farklı kompozisyonlarda bentonit, CMC kromsuz lignosülfonat, NaOH, OCMA tipi bentonit ve barit eklenir (Tablo-4). Daha sonra, kayganlaştırıcı olarak üç farklı çeşit ticari kimyasal kayganlaştırıcı, mazot ve değişik °API gravitelerde iki çeşit ham petrol, çeşitli oranlarda ilave edilir. Ayrıca, sondaj sıvısının kimyasal ve fiziksel özelliklerinin, kayganlaştırma performansına etkisini test etmek amacıyla bu sondaj sıvısına çeşitli oranlarda jips, tuz ve NaOH eklenerek sondaj sıvısı 16 saat 150 °F'da döner fırına şartlanmak üzere bırakılır.

Tablo-4 Lignosülfonat Bazlı Sondaj Sıvısı Kompozisyonu

Katkılar	Miktar
OCMA Bentonit , ppb	20
CMC, ppb	2
Kromsuz Lignosülfonat, ppb	3
NaOH, ppb	0.75
OCMA, ppb	30
Barit, ppb	10

4.3 Kayganlaştırma Performansı Analizleri

Kayganlaştırma performansı analizi için *OFITE Lubricity Tester* cihazı kullanılmıştır. Bu cihazdan elde edilen test sonuçları ile Kayganlık Katsayıları (K.K.) hesaplanmıştır.

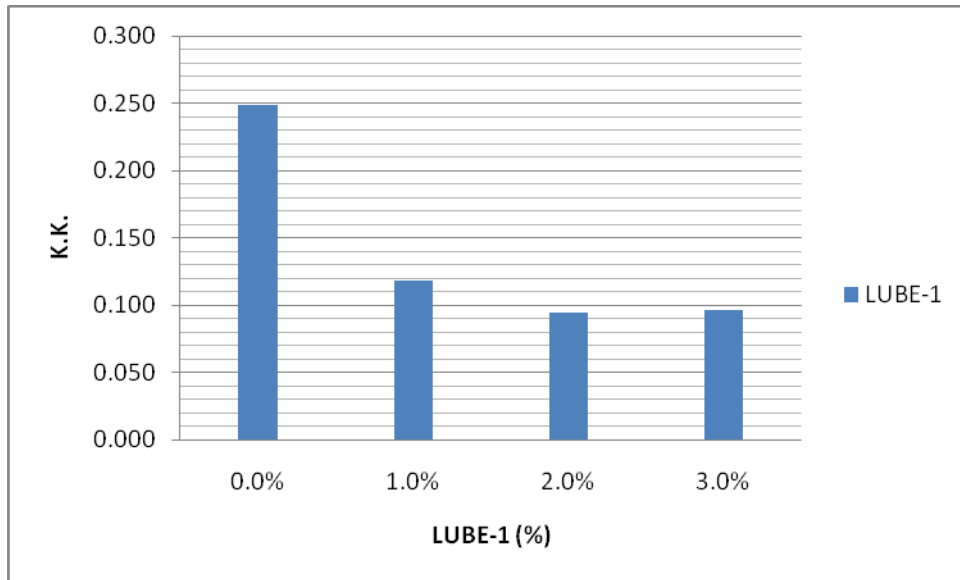
Analizler için; yağ asidi ve gliserid bazlı, trigliserid ve nebati yağ bazlı ve polipropilen glikol bazlı olarak üç çeşit kimyasal ticari kayganlaştırıcı, mazot ve değişik API gravite, paraffin ve asfaltın değerlerine sahip iki çeşit ham petrol, su bazlı lignosülfonat çamuruna yalnız olarak ve değişik oranlarda birbirlerine karıştırılarak eklenmiştir. Bu çalışmada kullanılan kayganlaştırıcı numuneleri için kullanılan isimler ve özellikleri Tablo-5 'de gösterilmiştir.

Tablo-5 Kayganlaştırıcı Numuneleri ve Özellikleri

Numune İsmi	Özellikleri
LUBE-1	Yağ Asidi ve Gliserid
LUBE-2	Trigliserid ve Nebati Yağ
LUBE-3	Polipropilen Glikol
AĞIR PETROL	19.6 °API
HAFİF PETROL	29.6 °API

4.3.1 Yalnız LUBE-1:

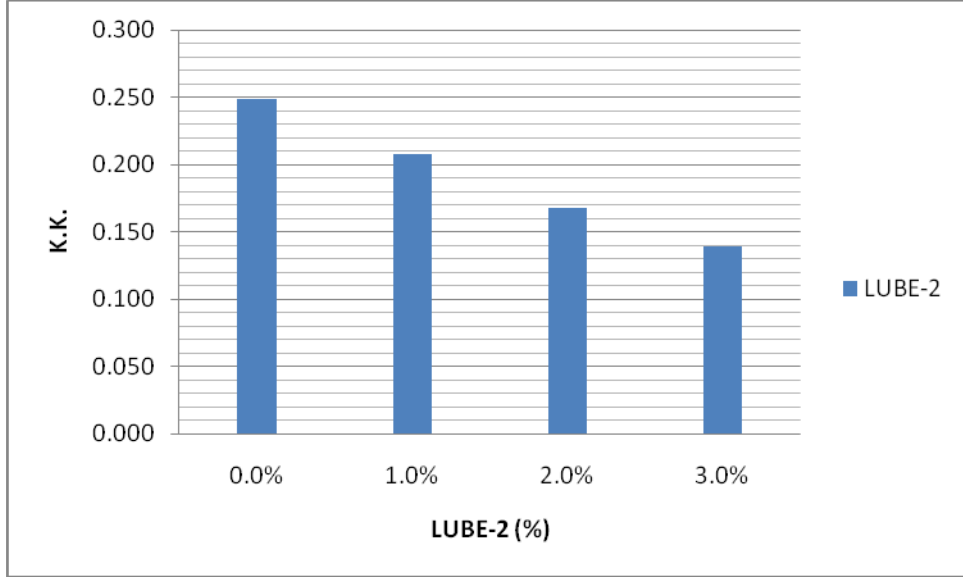
Yağ asidi ve gliserid bazlı kayganlaştırıcı; LUBE-1, bu çalışma için özel olarak hazırlanan su bazlı lignosülfonat sondaj sıvısına, % 1, % 2 ve % 3 oranlarında eklenmiştir. %3'ten yüksek oranlar maliyet analizi bakımından efektif olmadığı için test edilmemiştir. *OFITE Lubricity Tester* cihazı kullanılarak hesaplanan kayganlık katsayıları Şekil-5 'de gösterilmektedir. Görüldüğü üzere, baz çamura eklenen LUBE-1 oranını arttırmak, % 2 oranına kadar, çamurun kayganlaştırma performansına pozitif yönde etki yapmaktadır. % 3 oranına gelindiğinde ise kayganlaştırma performansında düşme eğilimi görülmüştür. Bu yüzden, % 2'den yüksek oranlarda LUBE-1 eklemek anlamsız gözükmemektedir.



Şekil-5 Yalnız LUBE-1 Eklenmiş Su Bazlı Lignosülfonat Çamurunun Kayganlık Katsayıları

4.3.2 Yalnız LUBE-2:

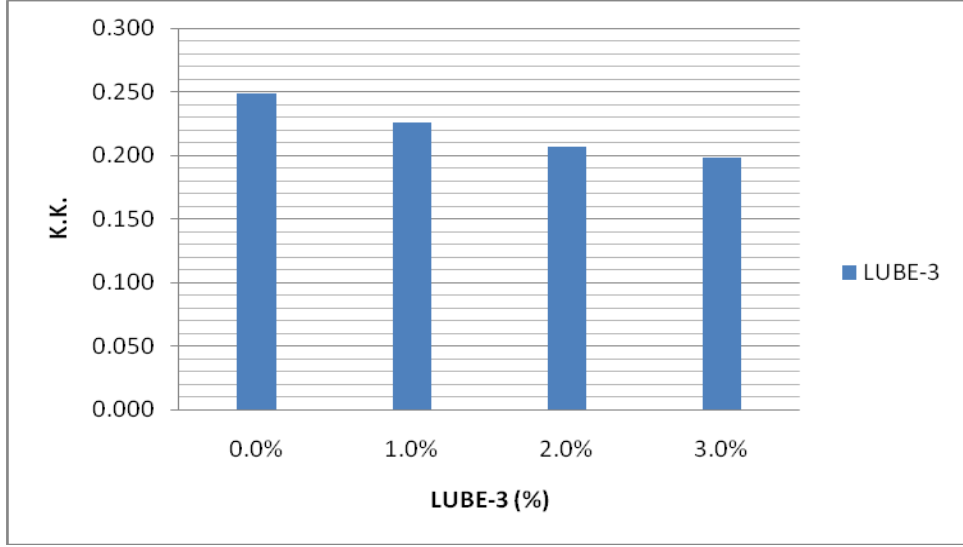
Trigliserid ve nebati yağ bazlı kayganlaştırıcı; LUBE-2, bu çalışma için özel olarak hazırlanan su bazlı lignosülfonat sondaj sıvısına, % 1, % 2 ve % 3 oranlarında eklenmiştir. %3'ten yüksek oranlar maliyet analizi bakımından efektif olmadığı için test edilmemiştir. *OFITE Lubricity Tester* cihazı kullanılarak hesaplanan kayganlık katsayıları Şekil-6 'da gösterilmektedir. Görüldüğü üzere, baz çamura eklenen LUBE-2 oranını arttırmak, % 3 oranına kadar, çamurun kayganlaştırma performansına pozitif yönde etki yapmaktadır.



Şekil-6 Yalnız LUBE-2 Eklenmiş Su Bazlı Lignosülfonat Çamurunun Kayganlık Katsayıları

4.3.3 Yalnız LUBE-3:

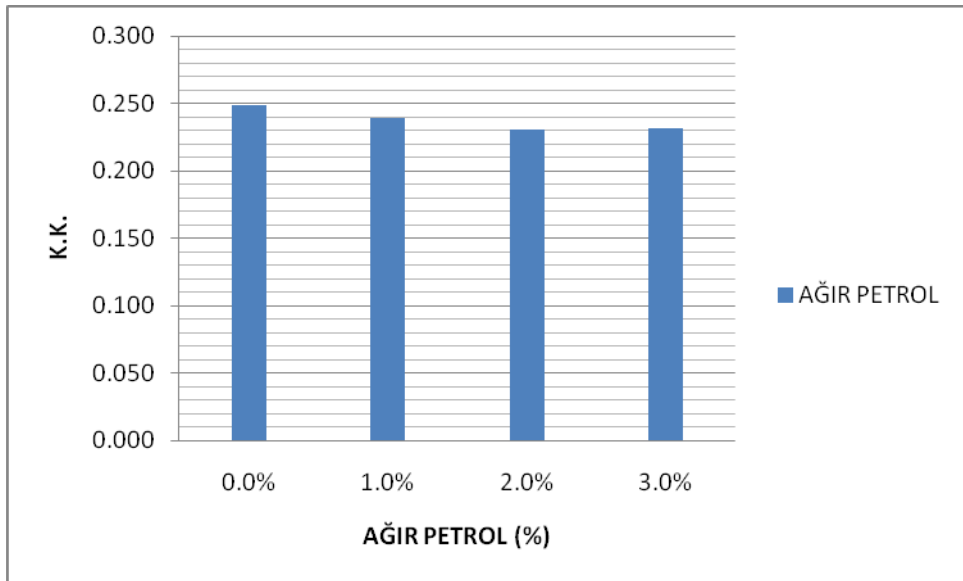
Polipropilen glikol bazlı kayganlaştırıcı; LUBE-3, bu çalışma için özel olarak hazırlanan su bazlı lignosülfonat sondaj sıvısına, % 1, % 2 ve % 3 oranlarında eklenmiştir. %3'ten yüksek oranlar maliyet analizi bakımından efektif olmadığı için test edilmemiştir. *OFITE Lubricity Tester* cihazı kullanılarak hesaplanan kayganlık katsayıları Şekil-7 'de gösterilmektedir. Görüldüğü üzere, baz çamura eklenen LUBE-3 oranını arttırmak, % 3 oranına kadar, çamurun kayganlaştırma performansına pozitif yönde etki yapmaktadır. Fakat % 3 oranına gelindiğinde, kayganlaştırma performansında düşme eğilimi görülmüştür. Bu yüzden, % 2'den yüksek oranlarda LUBE-3 eklemek maliyet/performans analizi açısından verimli gözükmemektedir.



Şekil-7 Yalnız LUBE-3 Eklenmiş Su Bazlı Lignosülfonat Çamurunun Kayganlık Katsayıları

4.3.4 Yalnız AĞIR PETROL:

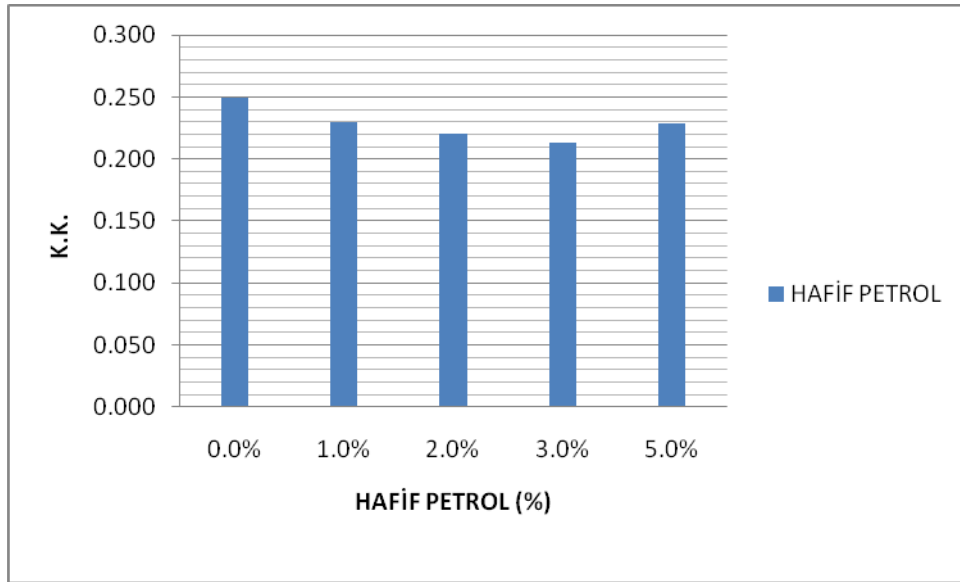
19.6 API graviteli AĞIR PETROL, bu çalışma için özel olarak hazırlanan su bazlı lignosülfonat sondaj sıvısına, % 1, % 2 ve % 3 oranlarında eklenmiştir. *OFITE Lubricity Tester* cihazı kullanılarak hesaplanan kayganlık katsayıları Şekil-8’de gösterilmektedir. Görüldüğü üzere, baz çamura eklenen AĞIR PETROL oranını arttırmak, % 2 oranına kadar, çamurun kayganlaştırma performansına pozitif yönde etki yapıyor gibi görünse de, bu etki çok düşük seviyelerdedir. Ayrıca, % 3 oranına gelindiğinde de kayganlaştırma performansına ters etki yaptığı görülmüştür. Bu yüzden, bu sondaj sıvısına AĞIR PETROL eklemek kayganlaştırma performans analizi açısından verimli gözükmemektedir.



Şekil-8 Yalnız AĞIR PETROL Eklenmiş Su Bazlı Lignosülfonat Çamurunun Kayganlık Katsayıları

4.3.5 Yalnız HAFİF PETROL:

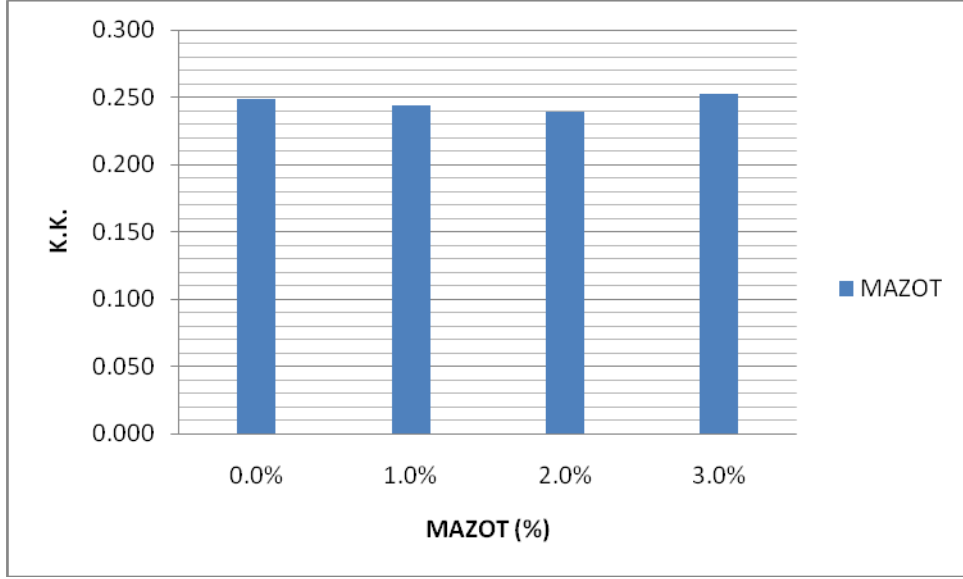
29.6 API graviteli HAFİF PETROL, bu çalışma için özel olarak hazırlanan su bazlı lignosülfonat sondaj sıvısına, % 5'e varan oranlarında eklenmiştir. *OFITE Lubricity Tester* cihazı kullanılarak hesaplanan kayganlık katsayıları Şekil-9'da gösterilmektedir. Görüldüğü üzere, baz çamura eklenen HAFİF PETROL oranını arttırmak, % 3 oranına kadar, çamurun kayganlaştırma performansına pozitif yönde etki yapmaktadır. % 3 oranından sonra ise kayganlaştırma performansına ters etki yaptığı görülmüştür. Bu yüzden, bu sondaj sıvısına % 3'ü aşan oranlarda HAFİF PETROL eklemek kayganlaştırma performans analizi açısından verimli gözükmemektedir.



Şekil-9 Yalnız HAFİF PETROL Eklenmiş Su Bazlı Lignosülfonat Çamurunun Kayganlık Katsayıları

4.3.6 Yalnız MAZOT:

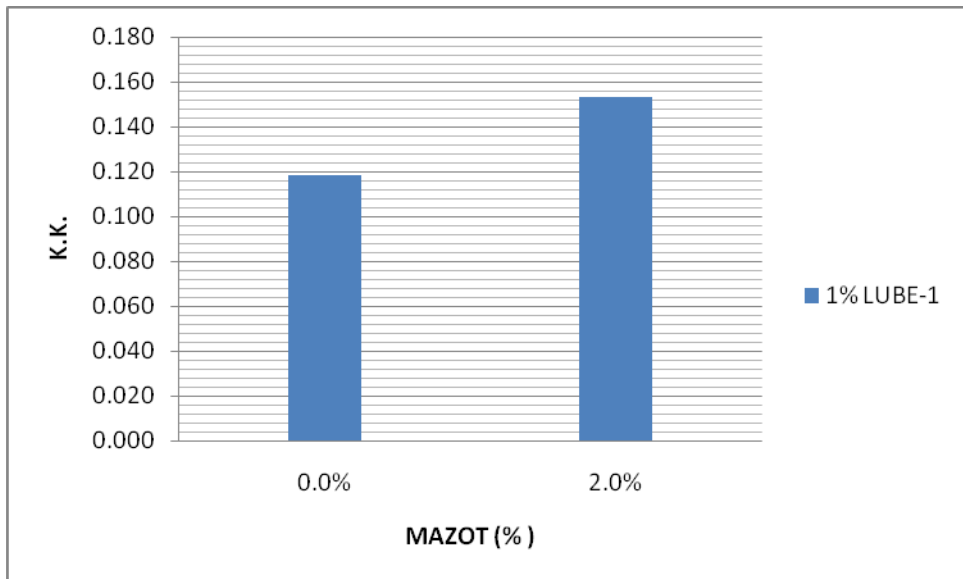
MAZOT, bu çalışma için özel olarak hazırlanan su bazlı lignosülfonat sondaj sıvısına, % 1, % 2 ve % 3 oranlarında eklenmiştir. *OFITE Lubricity Tester* cihazı kullanılarak hesaplanan kayganlık katsayıları Şekil-10'da gösterilmektedir. Görüldüğü üzere, baz çamura eklenen MAZOT oranını arttırmak, % 2 oranına kadar, çamurun kayganlaştırma performansına pozitif yönde etki yapıyor gibi görünse de, bu etki çok düşük seviyelerdedir. Ayrıca, % 3 oranına gelindiğinde, kayganlaştırma performansına ters etki yaptığı, hatta baz çamurun kayganlaştırma performansından bile kötü duruma geldiği görülmüştür. Bu yüzden, bu sondaj sıvısına MAZOT eklemek kayganlaştırma performans analizi açısından verimli gözükmemektedir.



Şekil-10 Yalnız MAZOT Eklenmiş Su Bazlı Lignosülfonat Çamurunun Kayganlık Katsayıları

4.3.7 LUBE-1 ve MAZOT

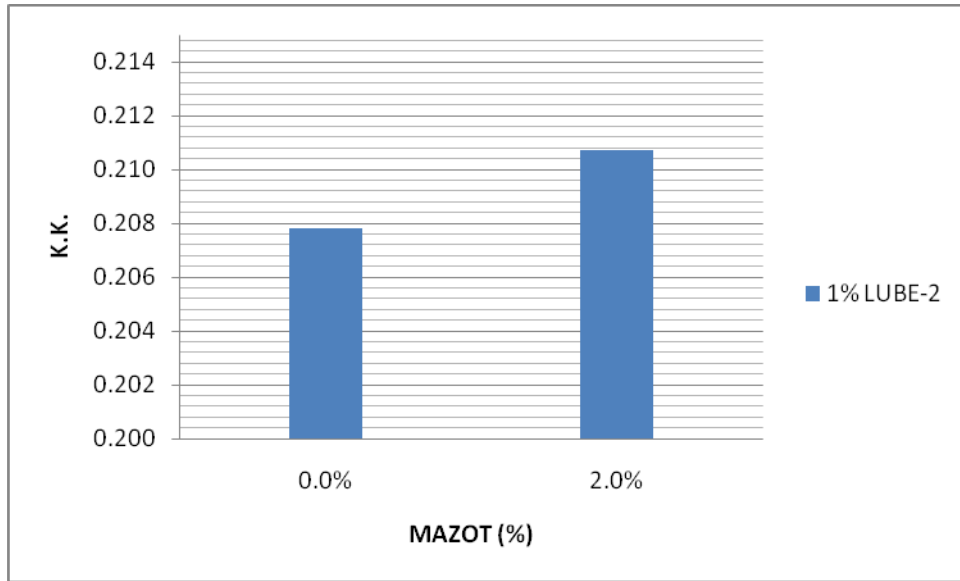
% 1 LUBE-1, % 2 MAZOT ile birlikte, bu çalışma için özel olarak hazırlanan su bazlı lignosülfonat sondaj sıvısına eklenmiştir. *OFITE Lubricity Tester* cihazı kullanılarak hesaplanan kayganlık katsayıları Şekil-11’de gösterilmektedir. Görüldüğü üzere MAZOT, LUBE-1’in ve çamurun kayganlaştırma performansına negatif yönde etki etmektedir. Bu yüzden bu sondaj sıvısına MAZOT ve LUBE-1 eklemek kayganlaştırma performansı açısından anlamsız gözükmemektedir.



Şekil-11 %1 LUBE-1 ve MAZOT Eklenmiş Su Bazlı Lignosülfonat Çamurunun Kayganlık Katsayıları

4.3.8 LUBE-2 ve MAZOT

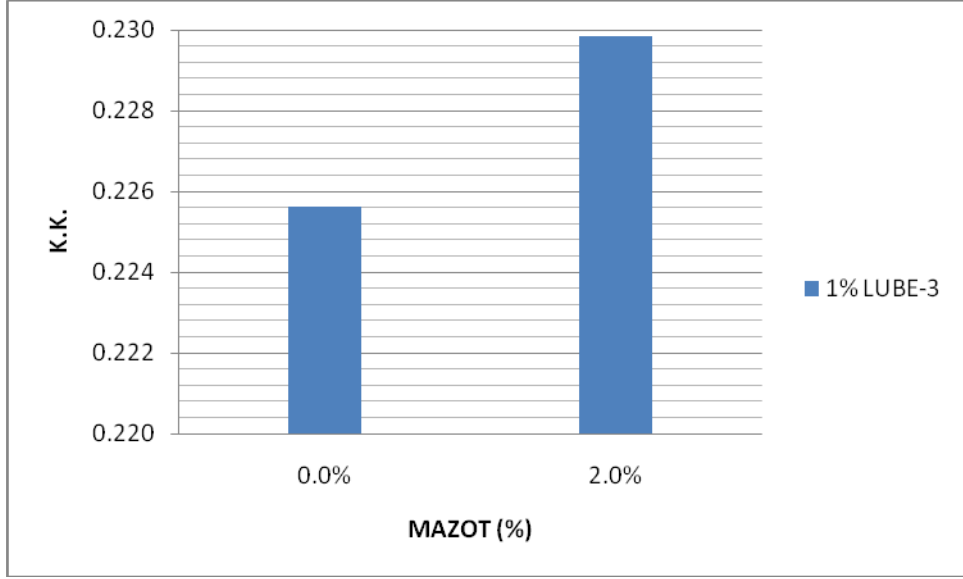
% 1 LUBE-2, % 2 MAZOT ile birlikte, bu çalışma için özel olarak hazırlanan su bazlı lignosülfonat sondaj sıvısına eklenmiştir. *OFITE Lubricity Tester* cihazı kullanılarak hesaplanan kayganlık katsayıları Şekil-12’de gösterilmektedir. Görüldüğü üzere MAZOT, LUBE-2’nin ve çamurun kayganlaştırma performansına negatif yönde etki etmektedir. Bu yüzden bu sondaj sıvısına MAZOT ve LUBE-2 eklemek kayganlaştırma performansı açısından anlamsız gözükmemektedir.



Şekil-12 %1 LUBE-2 ve MAZOT Eklenmiş Su Bazlı Lignosülfonat Çamurunun Kayganlık Katsayıları

4.3.9 LUBE-3 ve MAZOT

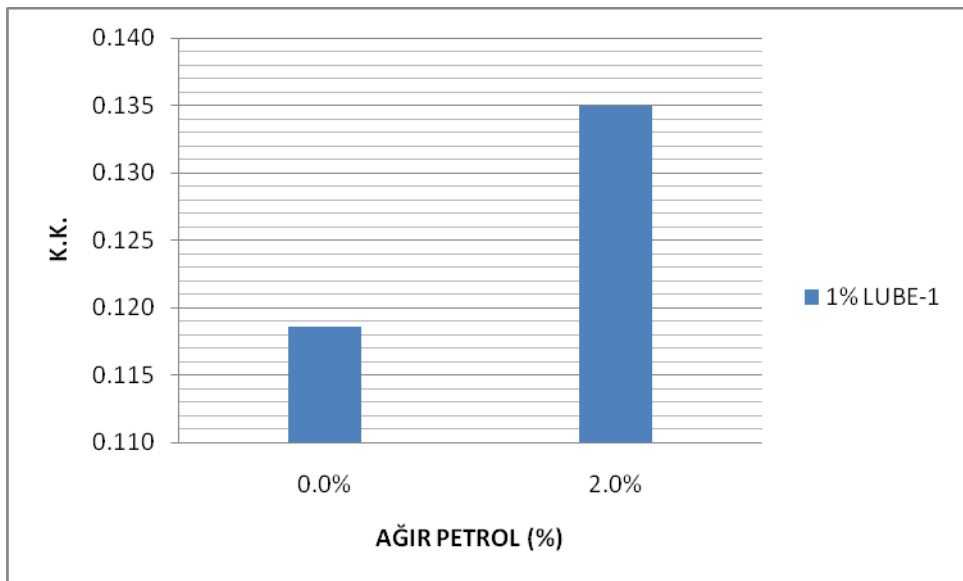
% 1 LUBE-3, % 2 MAZOT ile birlikte, bu çalışma için özel olarak hazırlanan su bazlı lignosülfonat sondaj sıvısına eklenmiştir. *OFITE Lubricity Tester* cihazı kullanılarak hesaplanan kayganlık katsayıları Şekil-13’de gösterilmektedir. Görüldüğü üzere MAZOT, LUBE-3’ün ve çamurun kayganlaştırma performansına negatif yönde etki etmektedir. Bu yüzden bu sondaj sıvısına MAZOT ve LUBE-3 eklemek kayganlaştırma performansı açısından anlamsız gözükmemektedir.



Şekil-13 %1 LUBE-3 ve MAZOT Eklenmiş Su Bazlı Lignosülfonat Çamurunun Kayganlık Katsayıları

4.3.10 LUBE-1 ve AĞIR PETROL:

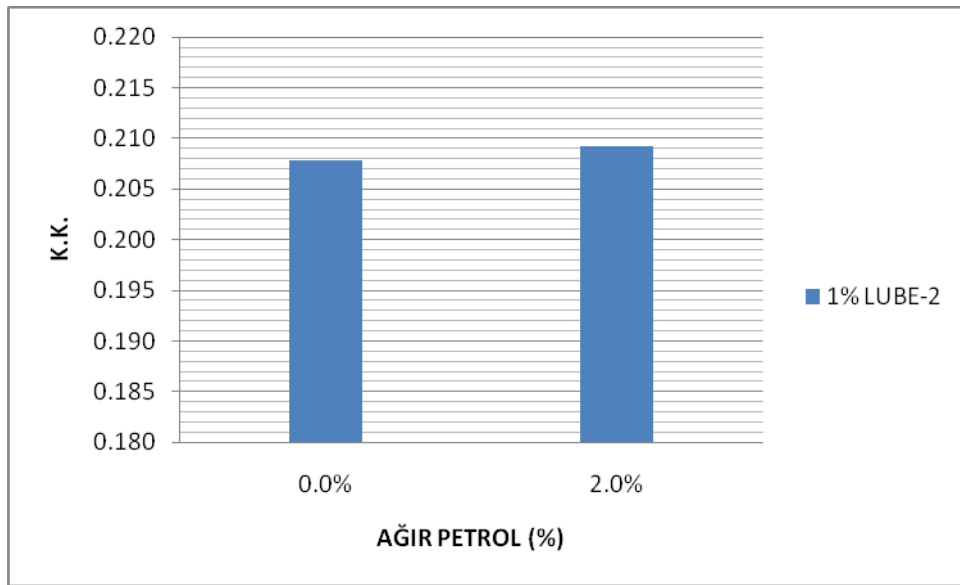
% 1 LUBE-1, % 2 AĞIR PETROL ile birlikte, bu çalışma için özel olarak hazırlanan su bazlı lignosülfonat sondaj sıvısına eklenmiştir. *OFITE Lubricity Tester* cihazı kullanılarak hesaplanan kayganlık katsayıları Şekil-14’de gösterilmektedir. Görüldüğü üzere AĞIR PETROL, LUBE-1’in ve çamurun kayganlaştırma performansına negatif yönde etki etmektedir. Bu yüzden bu sondaj sıvısına AĞIR PETROL ve LUBE-1 eklemek kayganlaştırma performansı açısından verimli gözükmemektedir.



Şekil-14 %1 LUBE-1 ve AĞIR PETROL Eklenmiş Su Bazlı Lignosülfonat Çamurunun Kayganlık Katsayıları

4.3.11. LUBE-2 ve AĞIR PETROL:

% 1 LUBE-2, % 2 AĞIR PETROL ile birlikte, bu çalışma için özel olarak hazırlanan su bazlı lignosülfonat sondaj sıvısına eklenmiştir. *OFITE Lubricity Tester* cihazı kullanılarak hesaplanan kayganlık katsayıları Şekil-15’de gösterilmektedir. Görüldüğü üzere AĞIR PETROL, LUBE-2’nin ve çamurun kayganlaştırma performansına negatif yönde etki etmektedir. Bu yüzden tıpkı bir önceki sonuçlarda olduğu gibi bu sondaj sıvısına’ da AĞIR PETROL ve LUBE-2 eklemek kayganlaştırma performansı açısından verimli gözükmemektedir.



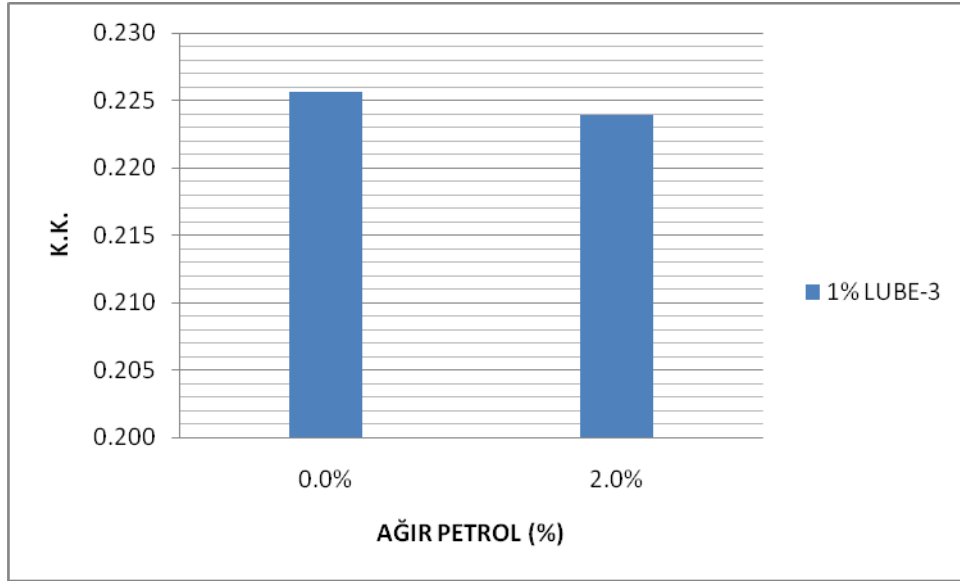
Şekil-15 %1 LUBE-2 ve AĞIR PETROL Eklenmiş Su Bazlı Lignosülfonat Çamurunun Kayganlık Katsayıları

4.3.12. LUBE-3 ve AĞIR PETROL:

% 1 LUBE-3, % 2 AĞIR PETROL ile birlikte, bu çalışma için özel olarak hazırlanan su bazlı lignosülfonat sondaj sıvısına eklenmiştir. *OFITE Lubricity Tester* cihazı kullanılarak hesaplanan kayganlık katsayıları Şekil-16’da gösterilmektedir. Görüldüğü üzere AĞIR PETROL, LUBE-3’ün ve çamurun kayganlaştırma performansına pozitif yönde etki yapıyor görünmesine rağmen, kayganlaştırma performansı/maliyet analizi bakımından yeterli değildir. Bu yüzden, bu sondaj sıvısına AĞIR PETROL ve LUBE-3 eklemek kayganlaştırma performansı açısından çok verimli gözükmemektedir.

AĞIR PETROL ile birlikte su bazlı lignosülfonat sıvısına çeşitli oranlarda eklenen LUBE-1, LUBE-2 ve LUBE-3’ün detaylı kayganlaştırma performansı test analiz sonuçları Tablo-6 ’da

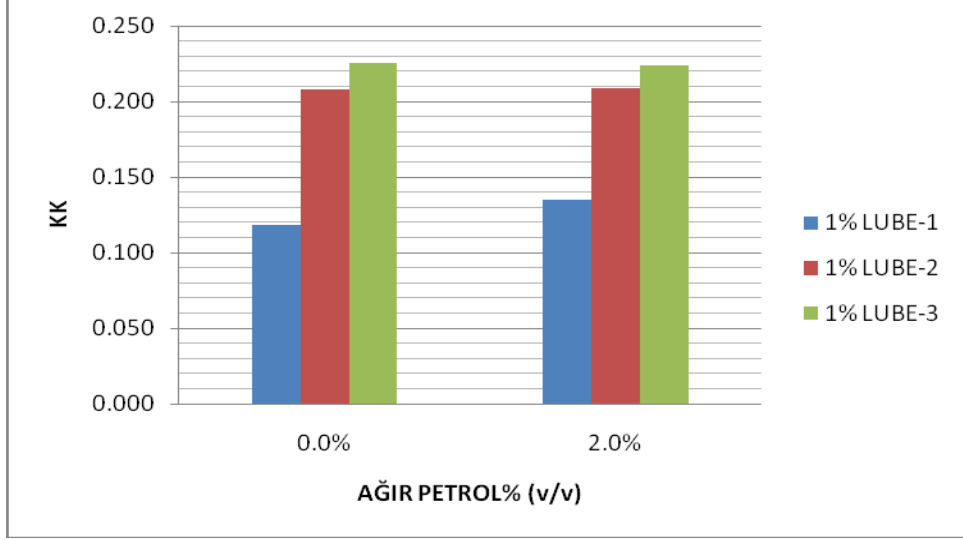
görülebilmektedir. Öte yandan, sırasıyla %0 ve %2 AĞIR PETROL ile sondaj sıvısına eklenen LUBE-1, LUBE-2 VE LUBE-3'ün kayganlık katsayıları (KK) karşılaştırması Şekil-17' de verilmektedir.



Şekil-16 %1 LUBE-3 ve AĞIR PETROL Eklenmiş Su Bazlı Lignosülfonat Çamurunun Kayganlık Katsayıları

Tablo-6 AĞIR PETROL ile Birlikte Eş Kompozisyonlu Su Bazlı Lignosülfonat Sondaj Sıvısı Örneklerine Eklenen LUBE-1, LUBE-2 ve LUBE-3'ün Kayganlaştırma Performansı Test Analiz Sonuçları

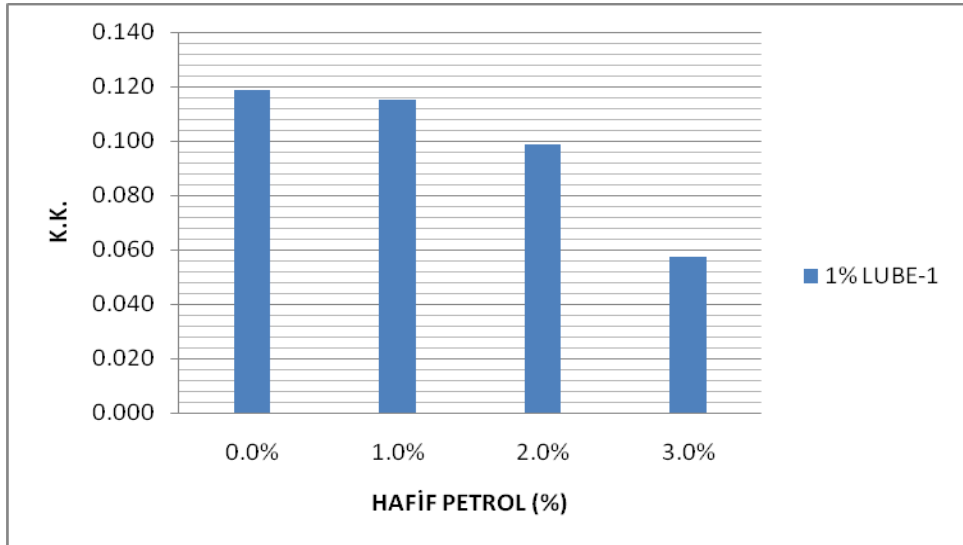
Örnek	1	2	3	4	5	6
Su, cc	350	350	350	350	350	350
Bentonit, ppb	20	20	20	20	20	20
CMC, ppb	2	2	2	2	2	2
Kromsuz Lignosülfonat, ppb	3	3	3	3	3	3
NaOH, ppb	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
OCMA kili, ppb	30	30	30	30	30	30
Barit, ppb	10	10	10	10	10	10
LUBE-1	1.0%	1.0%				
LUBE-2			1.0%	1.0%		
LUBE-3					1.0%	1.0%
AĞIR PETROL		2.0%		2.0%		2.0%
Şartlandırma süresi, hr	16	16	16	16	16	16
Şartlandırma sıcaklığı, F	150	150	150	150	150	150
Lubricity Tester test süresi (min)	5	5	5	5	5	5
Lubricity Tester RPM	60	60	60	60	60	60
Lubricity Tester verilen buru (in-lb)	150	150	150	150	150	150
Buru (ölçülen) @ 5 dk	12	12.9	21.7	20	21.9	21.4
Kalibrasyon buru okuması	34.4	32.5	35.5	32.5	33	32.5
Düzeltilme sayısı	0.988	1.046	0.958	1.046	1.030	1.046
Kayganlaştırma katsayısı	0.119	0.135	0.208	0.209	0.226	0.224



Şekil-17 AĞIR PETROL ile Su Bazlı Lignosülfonat Sıvısına Eklenen LUBE-1, LUBE-2 VE LUBE-3'ün Kayganlık Katsayıları Karşılaştırması

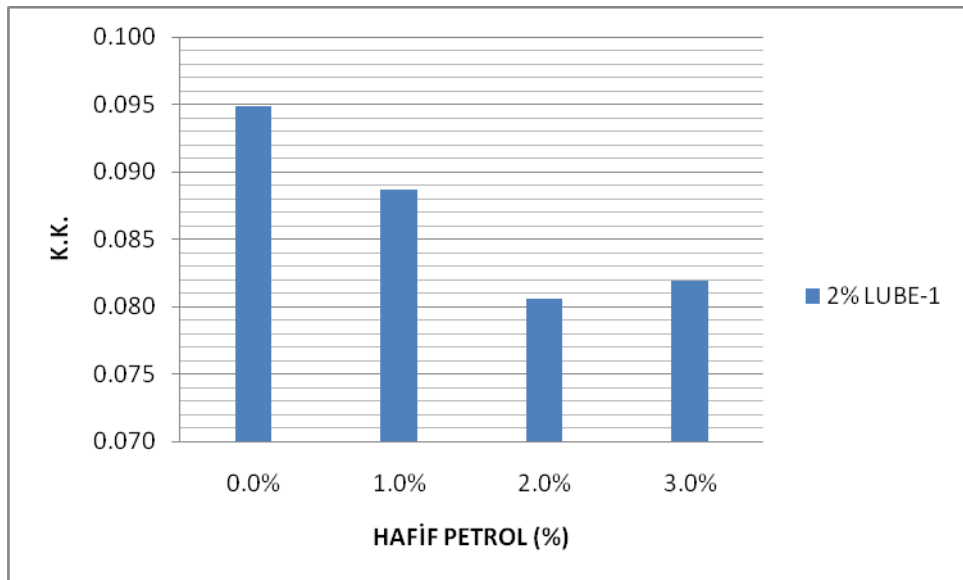
4.3.13 LUBE-1 ve HAFİF PETROL:

İlk olarak, % 1 LUBE-1, % 1, % 2 ve % 3 oranlarında HAFİF PETROL ile birlikte, bu çalışma için özel olarak hazırlanan su bazlı lignosülfonat sondaj sıvısına eklenmiştir. % 3'ten yüksek oranları, HAFİF PETROL'ün bu oranlardaki negatif kayganlaştırma etkisinden dolayı test edilmemiştir. *OFITE Lubricity Tester* cihazı kullanılarak hesaplanan kayganlık katsayıları Şekil-18'de gösterilmektedir. Görüldüğü üzere HAFİF PETROL, LUBE-1'in ve çamurun kayganlaştırma performansına pozitif yönde etki yapmaktadır



Şekil-18 %1 LUBE-1 ve HAFİF PETROL Eklenmiş Su Bazlı Lignosülfonat Çamurunun Kayganlık Katsayıları

Daha sonra % 2 LUBE-1, % 1, % 2 ve % 3 oranlarında HAFİF PETROL ile birlikte, bu çalışma için özel olarak hazırlanan su bazlı lignosülfonat sondaj sıvısına eklenmiştir. % 3'ten yüksek oranları, HAFİF PETROL'ün bu oranlardaki negatif kayganlaştırma etkisinden dolayı test edilmemiştir. *OFITE Lubricity Tester* cihazı kullanılarak hesaplanan kayganlık katsayıları Şekil-19'da gösterilmektedir. Görüldüğü üzere HAFİF PETROL, % 2 oranına kadar, LUBE-1'in ve çamurun kayganlaştırma performansına pozitif yönde etki yapmaktadır. % 3 oranında ise kayganlaştırma performansına negatif yönde etki yaptığı görülmektedir. Bu yüzden, % 2 LUBE-1 ile % 2'yi aşan HAFİF PETROL karışımları, çamurun kayganlaştırma performansı açısından verimli gözükmemektedir.



Şekil-19 % 2 LUBE-1 ve HAFİF PETROL Eklenmiş Su Bazlı Lignosülfonat Çamurunun Kayganlık Katsayıları

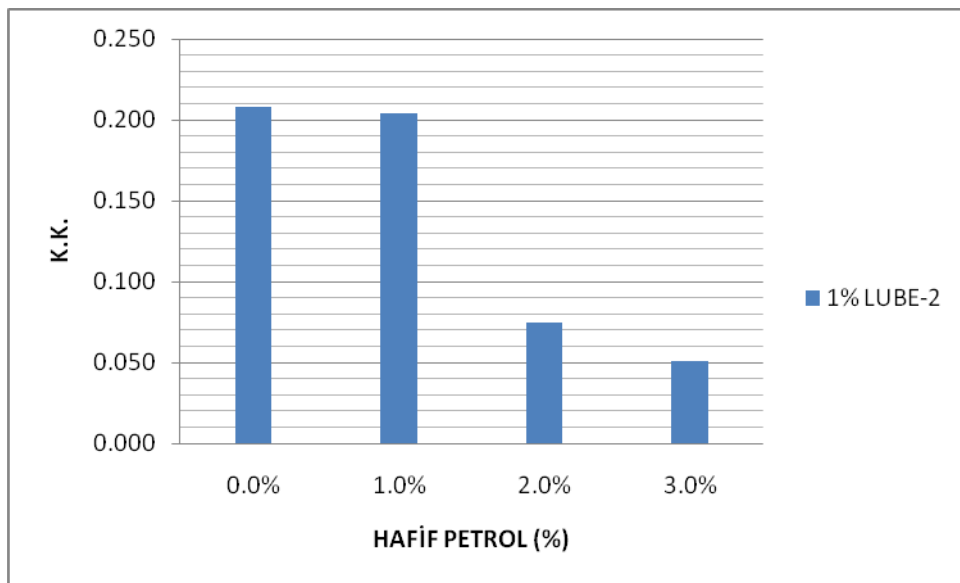
4.3.14 LUBE-2 ve HAFİF PETROL:

İlk olarak, % 1 LUBE-2, % 1, % 2 ve % 3 oranlarında HAFİF PETROL ile birlikte, bu çalışma için özel olarak hazırlanan su bazlı lignosülfonat sondaj sıvısına eklenmiştir. % 3'ten yüksek oranları, HAFİF PETROL'ün bu oranlardaki negatif kayganlaştırma etkisinden dolayı test edilmemiştir. *OFITE Lubricity Tester* cihazı kullanılarak hesaplanan kayganlık katsayıları Şekil-20'de gösterilmektedir. Görüldüğü üzere HAFİF PETROL, LUBE-2'nin ve çamurun kayganlaştırma performansına pozitif yönde etki yapmaktadır. HAFİF PETROL, % 2 ve % 3 oranlarında eklendiğinde etkisi daha da artmaktadır.

HAFİF PETROL ile birlikte su bazlı lignosülfonat sıvısına çeşitli oranlarda eklenen LUBE-1'in detaylı kayganlaştırma performansı test analiz sonuçları Tablo-7 'de verilmektedir.

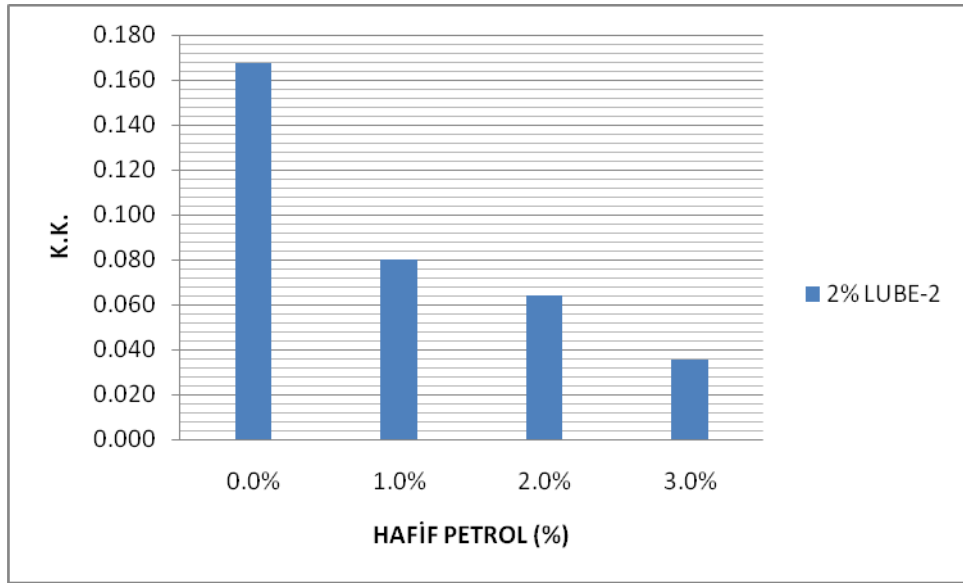
Tablo-7 HAFİF PETROL ile birlikte eş kompozisyonlu su bazlı lignosülfonat sondaj sıvısı örneklerine eklenen LUBE-1'in kayganlaştırma performansı test analiz sonuçları

Örnek	1	2	3	4	5	6
Su, cc	350	350	350	350	350	350
Bentonit, ppb	20	20	20	20	20	20
CMC, ppb	2	2	2	2	2	2
Kromsuz Lignosülfonat, ppb	3	3	3	3	3	3
NaOH, ppb	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
OCMA kili, ppb	30	30	30	30	30	30
Barit, ppb	10	10	10	10	10	10
LUBE-1	1.0%	1.0%	1.0%	2.0%	2.0%	2.0%
HAFİF PETROL	1.0%	2.0%	3.0%	1.0%	2.0%	3.0%
Şartlandırma süresi, hr	16	16	16	16	16	16
Şartlandırma sıcaklığı, F	150	150	150	150	150	150
Lubricity Tester test süresi (min)	5	5	5	5	5	5
Lubricity Tester RPM	60	60	60	60	60	60
Lubricity Tester verilen buru (in-lb)	150	150	150	150	150	150
Buru (ölçülen) @ 5 dk	11	10	5.9	9	8.3	8
Kalibrasyon buru okuması	32.5	34.5	35	34.5	35	33.2
Düzeltilme sayısı	1.046	0.986	0.971	0.986	0.971	1.024
Kayganlaştırma katsayısı	0.115	0.099	0.057	0.089	0.081	0.082



Şekil-20 % 1 LUBE-2 ve HAFİF PETROL Eklenmiş Su Bazlı Lignosülfonat Çamurunun Kayganlık Katsayıları

Daha sonra % 2 LUBE-2, % 1, % 2 ve % 3 oranlarında HAFİF PETROL ile birlikte, bu çalışma için özel olarak hazırlanan su bazlı lignosülfonat sondaj sıvısına eklenmiştir. % 3'ten yüksek oranları, HAFİF PETROL'ün bu oranlardaki negatif kayganlaştırma etkisinden dolayı test edilmemiştir. *OFITE Lubricity Tester* cihazı kullanılarak hesaplanan kayganlık katsayıları Şekil-21'de gösterilmektedir. Görüldüğü üzere HAFİF PETROL, % 3 oranına kadar, LUBE-2'nin ve çamurun kayganlaştırma performansına pozitif yönde etki yapmaktadır.



Şekil-21 % 2 LUBE-2 ve HAFİF PETROL Eklenmiş Su Bazlı Lignosülfonat Çamurunun Kayganlık Katsayıları

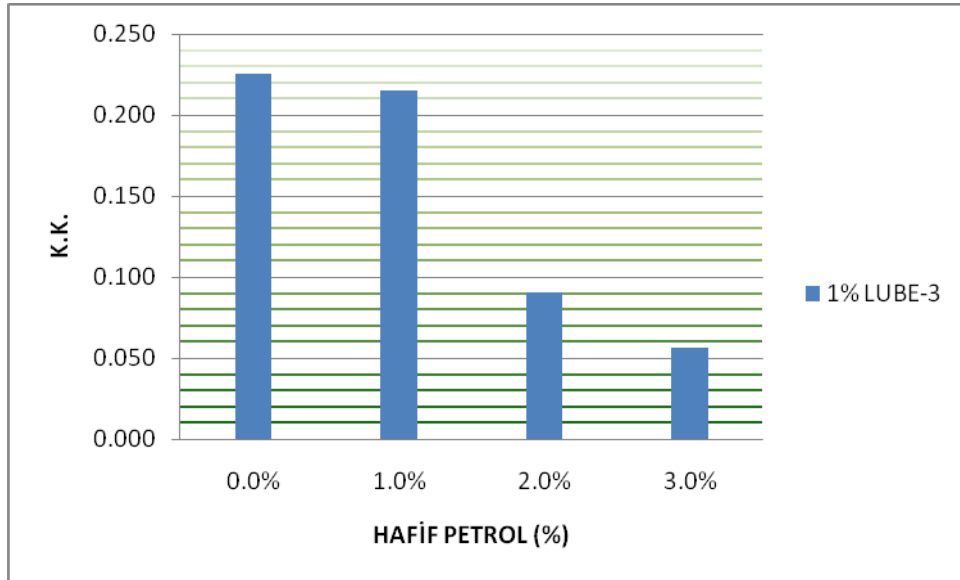
HAFİF PETROL ile birlikte su bazlı lignosülfonat sıvısına çeşitli oranlarda eklenen LUBE-2'in detaylı kayganlaştırma performansı test analiz sonuçları Tablo-8 'de verilmektedir.

4.3.15 LUBE-3 ve HAFİF PETROL:

İlk olarak, % 1 LUBE-3, % 1, % 2 ve % 3 oranlarında HAFİF PETROL ile birlikte, bu çalışma için özel olarak hazırlanan su bazlı lignosülfonat sondaj sıvısına eklenmiştir. % 3'ten yüksek oranları, HAFİF PETROL'ün bu oranlardaki negatif kayganlaştırma etkisinden dolayı test edilmemiştir. *OFITE Lubricity Tester* cihazı kullanılarak hesaplanan kayganlık katsayıları Şekil-22'de gösterilmektedir. Görüldüğü üzere HAFİF PETROL, LUBE-3'ün ve çamurun kayganlaştırma performansına pozitif yönde etki yapmaktadır. HAFİF PETROL, % 2 ve % 3 oranlarında eklendiğinde etkisi daha da artmaktadır.

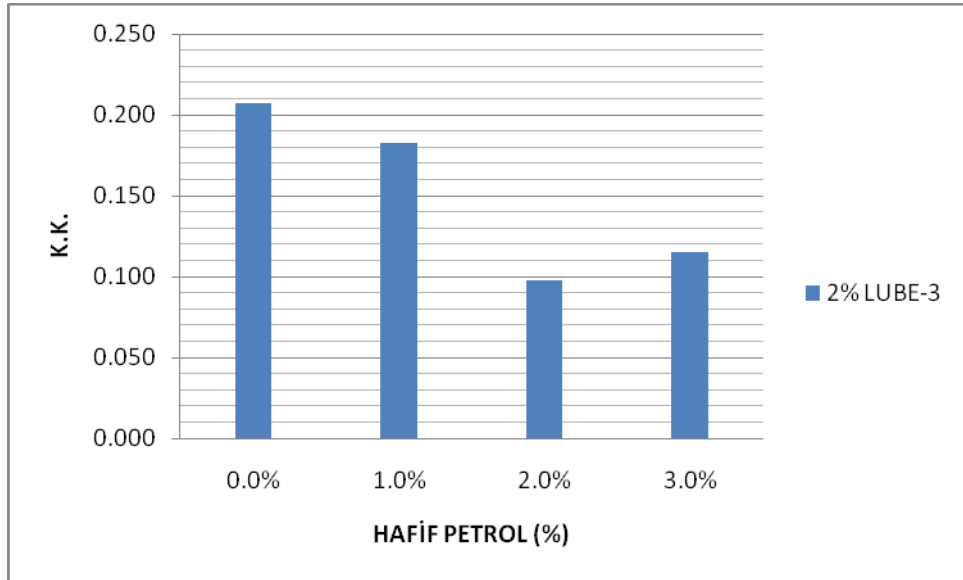
Tablo-8 HAFİF PETROL ile birlikte su bazlı lignosülfonat sıvısına çeşitli oranlarda eklenen LUBE-2'in detaylı kayganlaştırma performansı test analiz sonuçları

Örnek	1	2	3	4	5	6
Su, cc	350	350	350	350	350	350
Bentonit, ppb	20	20	20	20	20	20
CMC, ppb	2	2	2	2	2	2
Kromsuz Lignosülfonat, ppb	3	3	3	3	3	3
NaOH, ppb	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
OCMA kili, ppb	30	30	30	30	30	30
Barit, ppb	10	10	10	10	10	10
LUBE-2	1.0%	1.0%	1.0%	2.0%	2.0%	2.0%
HAFİF PETROL	1.0%	2.0%	3.0%	1.0%	2.0%	3.0%
Şartlandırma süresi, hr	16	16	16	16	16	16
Şartlandırma sıcaklığı, F	150	150	150	150	150	150
Lubricity Tester test süresi (min)	5	5	5	5	5	5
Lubricity Tester RPM	60	60	60	60	60	60
Lubricity Tester verilen buru (in-lb)	150	150	150	150	150	150
Buru (ölçülen) @ 5 dk	19.5	7.7	5	8.1	6.6	3.4
Kalibrasyon buru okuması	32.5	35	33.2	34.5	35	32.5
Düzeltilme sayısı	1.046	0.971	1.024	0.986	0.971	1.046
Kayganlaştırma katsayısı	0.204	0.075	0.051	0.080	0.064	0.036



Şekil-22 % 1 LUBE-3 ve HAFİF PETROL Eklenmiş Su Bazlı Lignosülfonat Çamurunun Kayganlık Katsayıları

Daha sonra % 2 LUBE-3, % 1, % 2 ve % 3 oranlarında HAFİF PETROL ile birlikte, bu çalışma için özel olarak hazırlanan su bazlı lignosülfonat sondaj sıvısına eklenmiştir. % 3'ten yüksek oranları, HAFİF PETROL'ün bu oranlardaki negatif kayganlaştırma etkisinden dolayı test edilmemiştir. *OFITE Lubricity Tester* cihazı kullanılarak hesaplanan kayganlık katsayıları Şekil-23'de gösterilmektedir. Görüldüğü üzere HAFİF PETROL, % 2 oranına kadar, LUBE-3'ün ve çamurun kayganlaştırma performansına pozitif yönde etki yapmaktadır. % 3 oranında ise kayganlaştırma performansına negatif yönde etki yaptığı görülmektedir. Bu yüzden, % 2 LUBE-3 ile % 2'yi aşan HAFİF PETROL karışımları, çamurun kayganlaştırma performansı ve maliyet açısından verimli gözükmemektedir.



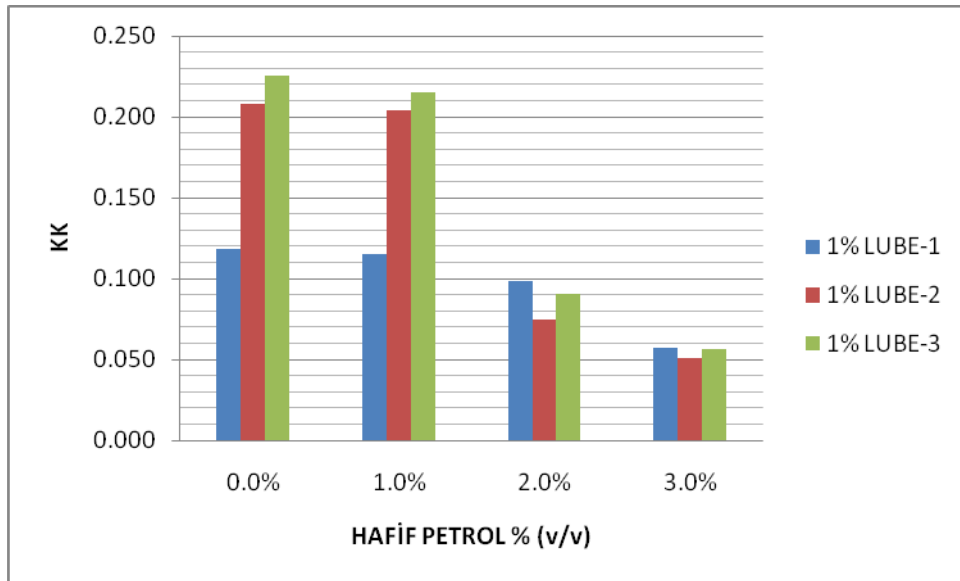
Şekil-23 % 2 LUBE-3 ve HAFİF PETROL Eklenmiş Su Bazlı Lignosülfonat Çamurunun Kayganlık Katsayıları

HAFİF PETROL ile birlikte su bazlı lignosülfonat sıvısına çeşitli oranlarda eklenen LUBE-3'in detaylı kayganlaştırma performansı test analiz sonuçları Tablo-9 'da verilmektedir.

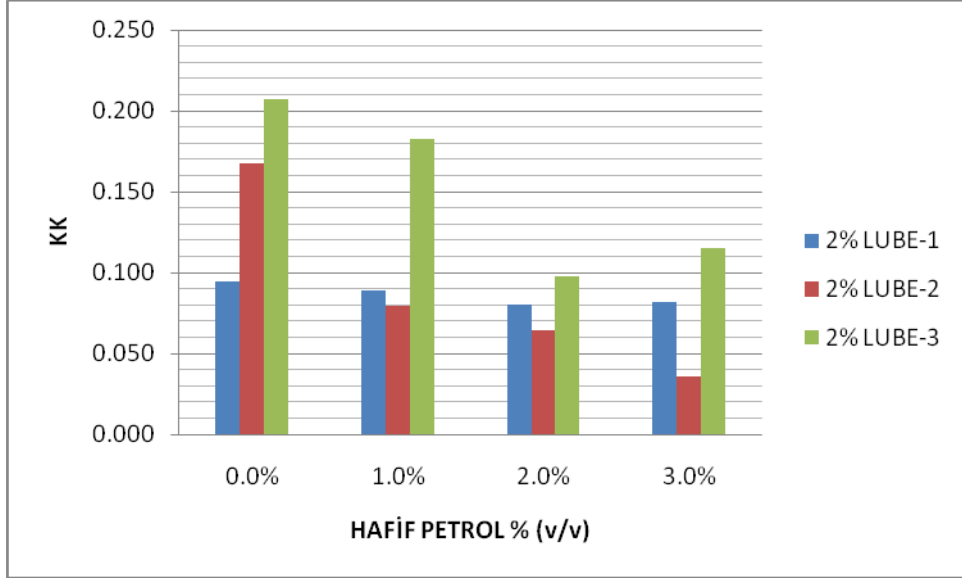
Tablo-9 HAFİF PETROL ile birlikte eş kompozisyonlu su bazlı lignosülfonat sondaj sıvısı örneklerine eklenen LUBE-3'ün kayganlaştırma performansı test analiz sonuçları

Örnek	1	2	3	4	5	6
Su, cc	350	350	350	350	350	350
Bentonit, ppb	20	20	20	20	20	20
CMC, ppb	2	2	2	2	2	2
Kromsuz Lignosülfonat, ppb	3	3	3	3	3	3
NaOH, ppb	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
OCMA kili, ppb	30	30	30	30	30	30
Barit, ppb	10	10	10	10	10	10
LUBE-3	1.0%	1.0%	1.0%	2.0%	2.0%	2.0%
HAFİF PETROL	1.0%	2.0%	3.0%	1.0%	2.0%	3.0%
Şartlandırma süresi, hr	16	16	16	16	16	16
Şartlandırma sıcaklığı, F	150	150	150	150	150	150
Lubricity Tester test süresi (min)	5	5	5	5	5	5
Lubricity Tester RPM	60	60	60	60	60	60
Lubricity Tester verilen buru (in-lb)	150	150	150	150	150	150
Buru (ölçülen) @ 5 dk	20.6	9.3	5.5	18.5	10.1	11
Kalibrasyon buru okuması	32.5	35	33.2	34.5	35	32.5
Düzeltilme sayısı	1.046	0.971	1.024	0.986	0.971	1.046
Kayganlaştırma katsayısı	0.216	0.090	0.056	0.182	0.098	0.115

Şekil-24 ve 25 ise sırasıyla %0, %1, %2 ve %3 HAFİF PETROL ile sondaj sıvısına eklenen LUBE-1, LUBE-2 VE LUBE-3'ün kayganlık katsayıları (KK) karşılaştırmasını vermektedir.



Şekil-24 HAFİF PETROL ile Su Bazlı Lignosülfonat Sıvısına %1 Oranında Eklenen LUBE-1, LUBE-2 ve LUBE-3'ün Kayganlık Katsayıları Karşılaştırması



Şekil-25 HAFİF PETROL ile Su Bazlı Lignosülfonat Sıvısına %2 Oranında Eklenen LUBE-1, LUBE-2 ve LUBE-3'ün Kayganlık Katsayıları Karşılaştırması

4.4 Kayganlaştırıcıların Çamur Özellikleri Üzerindeki Etkilerinin Analizleri

Kayganlaştırıcıların çamur özellikleri üzerindeki etkilerini görmek için sondaj akışkanının fiziksel ve kimyasal analizleri yapılmıştır. Detaylı test sonuçları EK-A'dan görülebilir.

4.4.1 Fiziksel Analizler:

Sondaj akışkanının fiziksel analizleri kapsamında reolojik analizler, su kaybı analizleri, köpük oluşturma potansiyeli analizleri ve peynirsi tabaka oluşumu (cheesing)/yağlanma analizleri yapılmıştır.

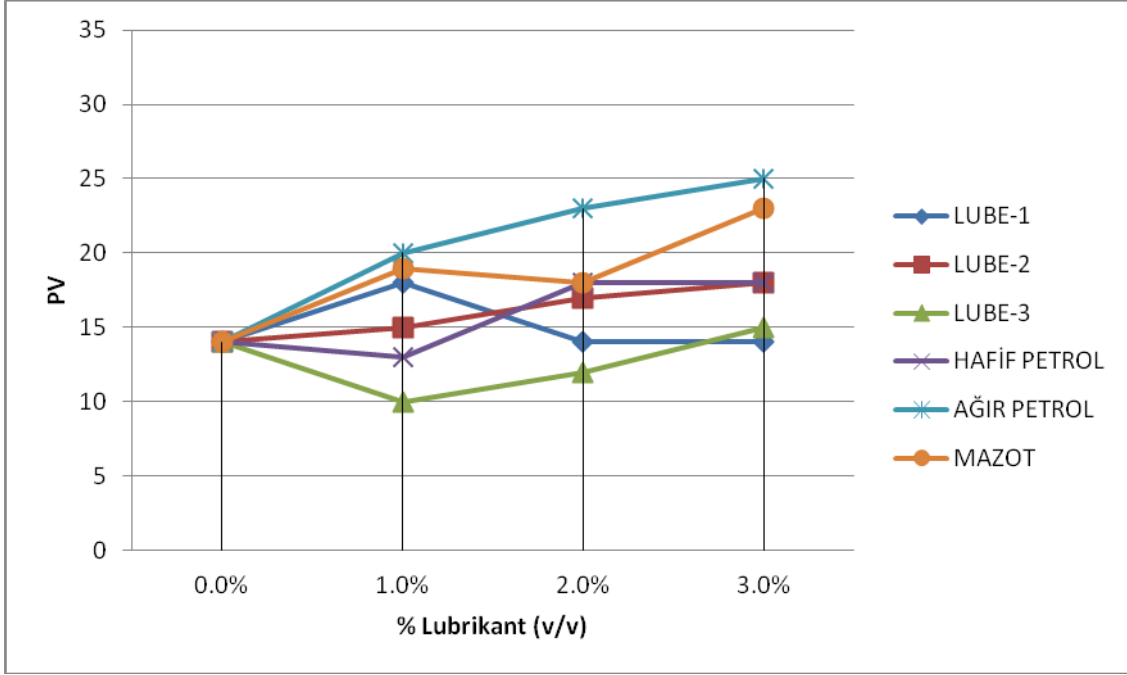
4.4.1.1 Reolojik Analizler:

Reolojik analizler kısmında, sondaj akışkanlarının plastik vizkozite (PV), Akma Noktası (Yield Point) (YP) ve 10sn/10dk jel mukavemetleri, 49 °C sıcaklıkta, FANN Model 35SA Viscometer aleti ile test edilmiş ve hesaplanmıştır.

Su bazlı lignosülfonat çamuruna, yalnız başlarına LUBE-1, LUBE-2, LUBE-3, HAFİF PETROL, AĞIR PETROL ve MAZOT, sırasıyla hacmen %0, %1, %2 ve %3 olacak şekilde eklenmiştir. Kayganlaştırma performansı analizlerini takiben reolojik analizler yapılmıştır.

Kayganlaştırıcının, sondaj akışkanının plastik vizkozitesi üzerindeki etkileri Şekil-26'dan görülebilir. Şekil-26'dan anlaşılacağı üzere, çamurun içerisindeki AĞIR PETROL ve MAZOT oranları arttıkça, plastik vizkozite de artmaktadır. Kayganlaştırıcıların sondaj akışkanı

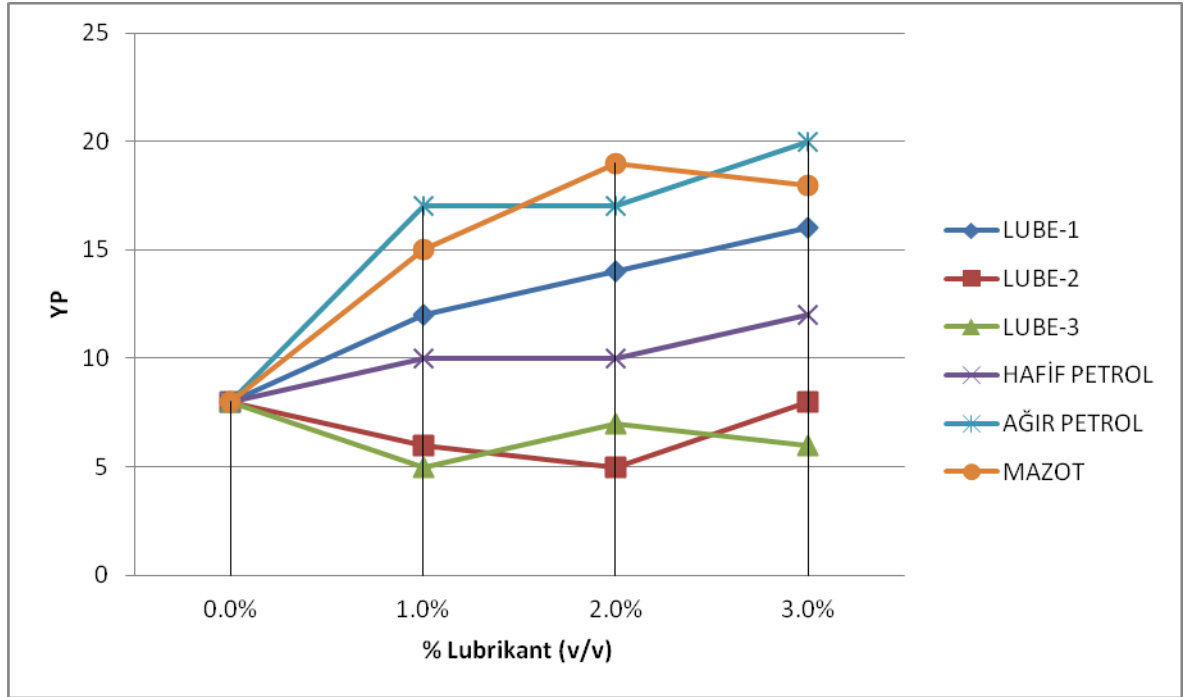
üzerinde yarattığı yüksek plastik viskozite değerleri istenmeyen bir durumdur. LUBE-1, LUBE-2, LUBE-3 ve HAFİF PETROL'ün sebep olduğu plastik viskozite değerleri kabul edilebilir ölçütedir.



Şekil-26 Su Bazlı Lignosülfonat Çamuruna Eklenen Kayganlaştırıcıların Plastik Viskozite Üzerindeki Etkileri

LUBE-1, LUBE-2 ve LUBE-3'ün AĞIR PETROL, HAFİF PETROL ve MAZOT ile karıştırılıp su bazlı lignosülfonat çamuruna sırasıyla %0, %1, %2 ve %3 oranlarında eklenmesiyle elde edilen karışımın plastik viskozite değerleri hesaplanmıştır. (Bkz: Şekil-27) Bu karışımların plastik viskoziteleri, yukarıda söz ettiğimiz, kayganlaştırıcıların yalnız başlarına çamura karıştırılması ile test edilen örneklerin plastik viskoziteleri ile kayganlaştırıcı tipi ve oranı doğrultusunda göz önüne alındığında benzerlik gösterdiği görülmüştür.

Kayganlaştırıcıların, sondaj akışkanının akma noktası üzerindeki etkileri Şekil-27'den görülebilir. Şekil-27'den görüleceği üzere, çamurun içerisindeki AĞIR PETROL ve MAZOT oranları arttıkça, akma noktası da artmaktadır. Kayganlaştırıcıların sondaj akışkanı üzerinde yarattığı yüksek akma noktası değerleri istenmeyen bir durumdur. LUBE-1 çamurun akma noktası değerinde hafif bir artışa sebep olmasına rağmen %3 oranına kadar operasyonel ölçüde kabul edilebilir bir durumdur. LUBE-2, LUBE-3 ve HAFİF PETROL'ün ise reolojik ölçümler sonunda akma noktasına etkilerinin uygun aralıklarda olduğu görülmüştür.



Şekil-27 Su Bazlı Lignosülfonat Çamuruna Eklenen Kayganlaştırıcıların Akma Noktası Üzerindeki Etkileri

LUBE-1, LUBE-2 ve LUBE-3'ün AĞIR PETROL, HAFİF PETROL ve MAZOT ile karıştırılıp su bazlı lignosülfonat çamuruna eklenmesiyle elde edilen karışımın akma noktası değerleri hesaplanmıştır. Bu karışımların akma noktaları, yukarıda söz ettiğimiz, kayganlaştırıcıların yalnız başlarına çamura karıştırılması ile test edilen örneklerin akma noktaları ile kayganlaştırıcı tipi ve oranı doğrultusunda göz önüne alındığında benzerlik gösterdiği görülmüştür.

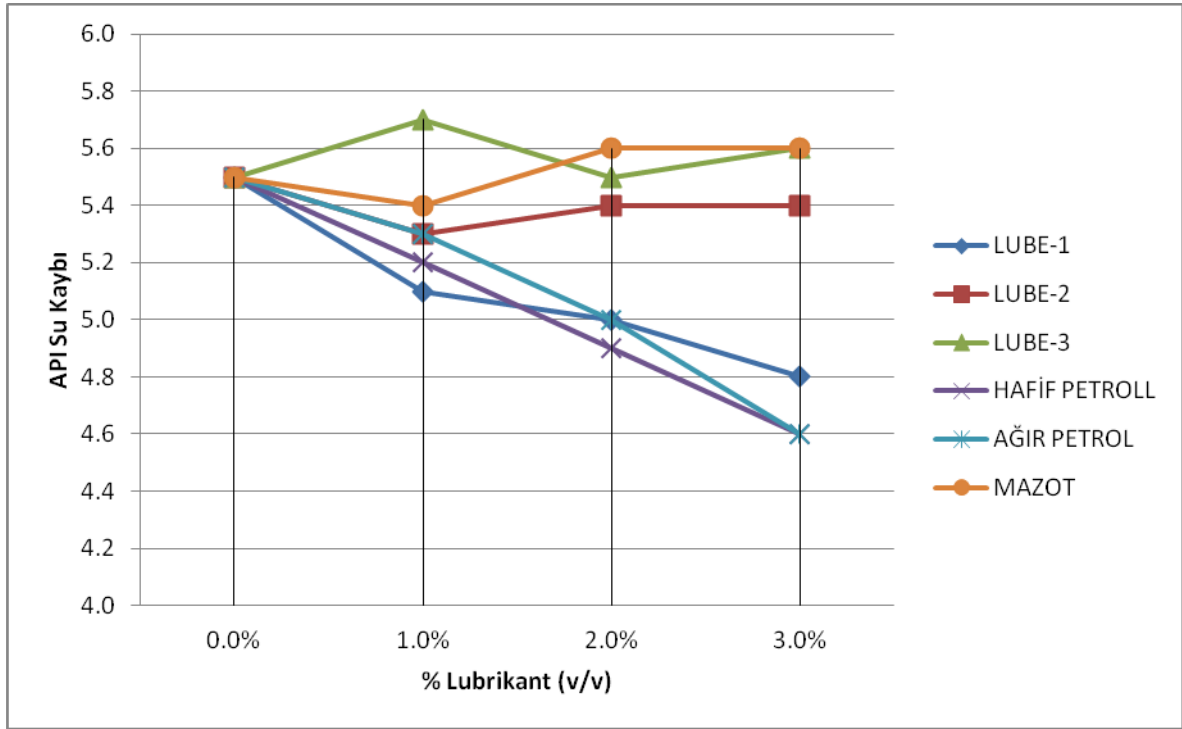
Su bazlı lignosülfonat çamuruna, yalnız başlarına eklenen LUBE-1, LUBE-2, LUBE-3, HAFİF PETROL, AĞIR PETROL, MAZOT'un ve LUBE-1, LUBE-2 ve LUBE-3'ün AĞIR PETROL, HAFİF PETROL ve MAZOT ile karıştırılıp su bazlı lignosülfonat çamuruna eklenmesiyle elde edilen karışımın, 10sn/10dk jel mukavemeti değerlerine etkileri kabul edilebilir değerler arasındadır.

4.4.1.2 API Su Kaybı Analizleri:

Bu kısımda, sondaj sıvılarının API düşük sıcaklık su kaybı özellikleri, OFITE API Filter Press cihazı kullanılarak ölçülmüştür.

Su bazlı lignosülfonat çamuruna, yalnız başlarına LUBE-1, LUBE-2, LUBE-3, HAFİF PETROL, AĞIR PETROL ve MAZOT, sırasıyla hacmen; %0, %1, %2 ve %3 olacak şekilde eklenmiş ve API su kaybı özellikleri analizleri yapılmıştır. (Bkz: Şekil-28)

Kayganlaştırıcıların, sondaj akışkanının API su kaybı üzerindeki etkileri Şekil-28'den görülebilir. Şekil-28'den anlaşılacağı üzere, çamurun içerisindeki LUBE-1, HAFİF PETROL ve AĞIR PETROL oranları arttıkça, API su kaybı değeri azalmaktadır. Düşük API su kaybı değerleri sondaj sıvıları için istenen bir özelliktir, bu yüzden bu etkilerden olumlu olarak söz edilebilir. Bunlarla beraber, LUBE-2, LUBE-3 ve MAZOT'un çamurun API su kaybı değerleri üzerinde herhangi olumsuz bir etkisi görülmemiştir.



Şekil-28 Su Bazlı Lignosülfonat Çamuruna Eklenen Lubrikantların API Su Kaybı Üzerindeki Etkileri

LUBE-1, LUBE-2 ve LUBE-3'ün AĞIR PETROL, HAFİF PETROL ve MAZOT ile karıştırılıp su bazlı lignosülfonat çamuruna eklenmesiyle elde edilen karışımın API su kaybı değerleri hesaplanmıştır. Bu karışımların API su kaybı değerleri, yukarıda söz ettiğimiz, lubrikantların yalnız başlarına çamura karıştırılması ile test edilen örneklerin API su kaybı değerleri ile lubrikant tipi ve oranı doğrultusunda da göz önüne alındığında benzerlik gösterdiği görülmüştür.

4.4.1.3 Peynirsi Tabaka Oluşumu/Yağlanma Analizleri:

Peynirsi tabaka oluşumu (cheesing)/yağlanma analizi kısmında, kayganlaştırıcıların eklenmesiyle bazı karışımların üzerinde bu tip oluşumlar gözlenmiştir. Bu durum sondaj sıvılarının homojenliğini kaybetmesine yol açmaktadır ve istenmeyen bir durumdur. Şekil-29'da karşılaşılan cheesing durumunun bir örneği görülebilir.



Şekil-29 Sondaj Çamuru Üzerinde Oluşan Peynirsi Tabaka (Cheesing)

4.4.1.4 Köpük Oluşturma Potansiyeli Analizleri:

Köpük oluşturma potansiyeli analizleri kısmında, Chandler Model 7000 Constant Speed Mixer karıştırıcı kullanılarak, kayganlaştırıcı eklenmiş sondaj sıvısının üzerinde oluşan köpüğün yarı ömürleri hesaplanmıştır. Yarı ömrü 100 dk.'yı geçen köpük içeren sondaj sıvıları, çamur özellikleri açısından istenmeyen bir durumdur. LUBE-2 içeren karışımlar dışında hiçbir karışımda ciddi bir köpük oluşturma potansiyeli problem yaşanmamıştır. LUBE-2 içeren karışımlardaki yarı ömürler de 100dk.'dan küçüktür.

4.4.2 Kimyasal Analizler:

Sondaj akışkanının kimyasal analizleri kapsamında, pH analizleri, tuzluluk analizleri ve kalsiyum iyonu analizleri yapılmıştır.

4.4.2.1 pH Analizleri:

pH analizleri kısmında kayganlaştırıcı içeren hiçbir karışımda önemli bir pH değişimi ile karşılaşılmamıştır. Detaylı test sonuçları Tablo A.1-A.11 EK-A'dan görülebilir.

4.4.2.2 Tuzluluk Analizleri:

Tuzluluk analizleri kısmında, karışımların Cl⁻ iyonları hesaplanmıştır. kayganlaştırıcı içeren hiçbir karışımda önemli bir tuzluluk değişimi ile karşılaşılmasıdır. Detaylı test sonuçları Tablo A.1-A.11 EK-A'dan görülebilir.

4.4.2.3 Kalsiyum İyonu Analizleri:

Kalsiyum iyonu analizleri kısmında kayganlaştırıcı içeren hiçbir karışımda önemli bir kalsiyum iyonu değişimi ile karşılaşılmasıdır. Detaylı test sonuçları Tablo A.1-A.11 EK- A'dan görülebilir.

4.5 Çamur Özelliklerinin Kayganlaştırma Performansı Üzerindeki Etkilerinin Analizleri

Bu kısımda sondaj sıvılarının kayganlaştırma performansları üzerinde kalsiyum iyonu etkisi, pH etkisi, tuzluluk etkisi ve çamur yoğunluğu etkisi çalışılmıştır. %2 LUBE-1, LUBE-2 ve LUBE-3, %1 HAFİF PETROL ile ayrı ayrı su bazlı lignosülfonat çamuruna karıştırılıp test edilmiştir. Detaylı test sonuçları EK A'da verilen tablolardan görülebilir.

4.5.1 pH Etkisi:

Su bazlı lignosülfonat sondaj sıvısına, 1.5 ppb NaOH eklenerek çamur hazırlanmış ve pH etkisi testleri yapılmıştır. %1 HAFİF PETROL ve %2 LUBE-1, LUBE-2 ve LUBE-3 kayganlaştırıcı olarak çamura eklenmiştir. pH değeri 11.5 seviyelerine kadar çıkarılmış, kayganlaştırıcıların performansında ve çamurun kayganlaştırma potansiyelinde bir değişim olmadığı görülmüştür. Detaylı test sonuçları Tablo A.13 EK-A'dan görülebilir.

4.5.2 Kalsiyum İyonu Etkisi:

Su bazlı lignosülfonat sondaj sıvısına, 1 ppb jips eklenerek çamur hazırlanmış ve kalsiyum iyonu etkisi testleri yapılmıştır. %1 HAFİF PETROL ve %2 LUBE-1, LUBE-2 ve LUBE-3 kayganlaştırıcı olarak çamura eklenmiştir. Kalsiyum iyonu oranı 500 mg/l seviyelerine kadar çıkarılmış, kayganlaştırıcıların performansında ve çamurun kayganlaştırma potansiyelinde bir değişim olmadığı görülmüştür. Detaylı test sonuçları Tablo A.12 EK-A'dan görülebilir.

4.5.3 Tuzluluk Etkisi:

Su bazlı lignosülfonat sondaj sıvısına, 4 ppb NaCl eklenerek çamur hazırlanmış ve Cl⁻ iyonu etkisi testleri yapılmıştır. %1 HAFİF PETROL ve %2 LUBE-1, LUBE-2 ve LUBE-3 kayganlaştırıcı olarak çamura eklenmiştir. Cl⁻ iyonu oranı 10000 mg/l seviyelerine kadar çıkarılmış, kayganlaştırıcıların performansının ve çamurun kayganlaştırma potansiyelinin negatif yönde etkilendiği görülmüştür. Detaylı test sonuçları Tablo A.14 EK-A'dan görülebilir.

4.5.4 Çamur Yoğunluğu Etkisi:

Su bazlı lignosülfonat sondaj sıvısına, 10, 40, 80, 110, 150 ppb barit eklenerek çamur hazırlanmış ve çamur yoğunluğu etkisi testleri yapılmıştır. %1 HAFİF PETROL ve %2 LUBE-1, LUBE-2 ve LUBE-3 kayganlaştırıcı olarak çamura eklenmiştir. 68 cuft/86 cuft aralığında değişen çamur yoğunluklarında testler yapılmıştır. Kayganlaştırıcı içermeyen çamurun yoğunluğunu tek başına arttırmak, çamurun kayganlaştırma performansını etkilememiştir. Fakat %1 HAFİF PETROL ve ayrı ayrı %2 LUBE-1, LUBE-2 ve LUBE-3 eklenen çamurların kayganlaştırma performansı, barit oranının artması ile artmıştır. Detaylı test sonuçları Tablo A.15-A.18 EK-A'dan görülebilir.

Tablo 10'a genel olarak bakıldığında, LUBE-1, LUBE-2, LUBE-3 ve HAFİF PETROL'ün kayganlaştırmaya olan pozitif etkileri açıkça görülebilir. MAZOT ve AĞIR PETROL'ün kayganlaştırmaya olumsuz etkilerinin yanında çamurun reolojik özelliklerini de bozduğu göze çarpmaktadır. Kalsiyum iyonu ve pH değerinin kayganlaştırma üzerinde sorun yaratmadığı ancak tuzluluğun kayganlaştırmaya karşı negatif etkisi de çıkarılabilecek bir diğer sonuçtur. Daha detaylı inceleme sonuçları kısmından görülebilir.

Tablo-10 Kayganlaştırıcıların pozitif ve negatif etkileri

	LUBE-1	LUBE-2	LUBE-3	MAZOT	AĞIR PETROL	HAFİF PETROL
Kayganlaştırma	+	+	+	-	-	+
PV	+	+	+	-	-	+
YP	-	+	+	-	-	+
API Su Kaybı	+	+	+	+	+	+
Cheesing	+	+	+	-	-	+
Köpük Oluşturma Potansiyeli	+	+	+	+	+	+
pH	+	+	+	+	+	+
Tuzluluk	+	+	+	+	+	+
Kalsiyum iyonu	+	+	+	+	+	+
pH'ın kayganlaştırıcı üzerindeki etkisi	+	+	+	+	+	+
Tuzluluğun kayganlaştırıcı üzerindeki etkisi	-	-	-	-	-	-
Kalsiyum iyonunun kayganlaştırıcı üzerindeki etkisi	+	+	+	+	+	+

5-SONUÇLAR

Bu çalışmada, sondaj sıvılarına eklenen sıvı kayganlaştırıcıların performans analizi yapılmıştır. Analizler için; yağ asidi ve gliserid bazlı, trigliserid ve nebati yağ bazlı ve polipropilen glükol bazlı olarak üç çeşit kimyasal ticari kayganlaştırıcı, mazot ve değişik API gravite, paraffin ve asfaltın değerlerine sahip iki çeşit ham petrol, su bazlı lignosülfonat çamuruna yalnız olarak ve değişik oranlarda birbirlerine karıştırılıp eklenerek, çamurların kayganlaştırma performansları test edilmiştir. Ayrıca, kayganlaştırıcıların çamur özellikleri üzerindeki etkileri ve çamur özelliklerinin, çamurun kayganlaştırma performansına etkileri çalışılmıştır. Deneyler TPAO Araştırma Merkezi Sondaj Teknolojisi Müdürlüğü'nde yapılmıştır. Deney sonuçları analiz edilmiş ve çalışmadan aşağıdaki sonuçlar çıkarılmıştır:

- En yüksek kayganlaştırma performansı, HAFİF PETROL ile kimyasal ticari kayganlaştırıcıların (LUBE-1, LUBE-2, LUBE-3) karıştırılması ile oluşturulan çamurlarda görülmüştür.
- Kayganlaştırma performansı en yüksek ve ham petrolün varilinin ~100 \$ ve ticari kimyasal kayganlaştırıcıların varilinin ~800 \$ olduğu göz önüne alındığında ekonomik olarak en verimli kompozisyonlar %1 LUBE-1 ve %3 HAFİF PETROL, %2 LUBE-2 ve %3 HAFİF PETROL, %1 LUBE-3 ve %3 HAFİF PETROL eklenerek oluşturulan sondaj sıvılarında görülmüştür.
- Yalnız başlarına LUBE-1, LUBE-2 ve LUBE-3 çamura ayrı ayrı hacimce %3 oranına kadar eklendiğinde kayganlaştırma performansını arttırmıştır.
- Çamura LUBE-1 yalnız başına eklendiğinde diğer kayganlaştırıcılara nazaran en yüksek kayganlaştırma performansını vermiştir.
- AĞIR PETROL ve MAZOT kullanmak çamurun kayganlaştırma performansına negatif yönde etki etmektedir. Bu yüzden su bazlı lignosülfonat çamurunda AĞIR PETROL ve MAZOT kullanmak faydasızdır.
- HAFİF PETROL yalnız başına su bazlı lignosülfonat çamuruna eklendiğinde yeterli kayganlaştırma performansı göstermemektedir.

- HAFİF PETROL, su bazlı lignosülfonat çamuruna %3'ü aşan oranlarda eklendiğinde, çamurun kayganlaştırma performansını olumsuz yönde etkilemektedir. Bu yüzden HAFİF PETROL'ü hacimce %3'ten fazla eklemek faydasızdır.
- AĞIR PETROL ve MAZOT, çamurun reolojik özelliklerini arttırmaktadır. Bu sondaj sıvılarının performansını etkilediğinden istenmeyen bir özelliktir.
- HAFİF PETROL, AĞIR PETROL ve LUBE-1, olumlu bir özellik olarak çamurun API su kaybı değerini düşürmektedir.
- AĞIR PETROL, MAZOT ve %3'ü aşan oranlarda HAFİF PETROL, kayganlaştırıcıların istenmeyen özelliklerinden biri olan peynirsi tabaka oluşumu (cheesing) ve yağlanma'ya (greasing) neden olmaktadır.
- Hiçbir kayganlaştırıcıda önemli bir köpük oluşturma potansiyeli problemi gözlenmemiştir.
- Hiçbir kayganlaştırıcı çamurun kimyasal özelliklerini (pH, tuzluluk, kalsiyum iyonu içeriği) olumsuz yönde etkilememiştir.
- pH etkisi ve kalsiyum iyonu etkisi çamurun kayganlaştırma performansını olumsuz yönde etkileyecek problemler yaratmamışlardır.
- Yüksek tuzluluk, çamurun kayganlaştırma performansını ve reolojik özelliklerini olumsuz yönde etkilemiştir.
- Kayganlaştırıcı içermeyen çamurun yoğunluğunu arttırmak, çamurun kayganlaştırma performansını etkilememiştir.
- Kayganlaştırıcı içeren çamurlarda (%1 HAFİF PETROL ve %2 LUBE-1/LUBE-2/LUBE-3) çamur yoğunluğunu arttırmak, çamurun kayganlaştırma performansına olumlu etki yapmıştır.

6-REFERANSLAR:

ARGILLIER, J-F., Audibert, A., Janssen, M., Demoulin, A., *Development of a New Non-Polluting Ester Based Lubricant for Water Based Muds: Laboratory and Field Tests Results*, SPE Makalesi, 36862, SPE European Petroleum Conference, Milan, Italy, (1996).

DZLALOWSKI, Andrew, Hale, Arthur, Mahajan, Satish, *Lubricity and Wear of Shale: Effects of Drilling Fluids and Mechanical Parameters*, SPE Makalesi, 25730, IADC/SPE Drilling Conference, Amsterdam, Holland, (1993).

FOXENBERG, W.E., Ali, S.A., Long, T.P., Vian, J., *Field Experience Shows That New Lubricant Reduces Friction and Improves Formation Compatibility and Environmental Impact*, SPE Makalesi, 112483, SPE International Symposium and Exhibition on Formation Damage, Louisiana, U.S.A., (2008).

GROWCOCK, F.B., Frederick, T.P., Reece, A.R., Green, G.W., Ruffin, M.D.: *Novel Lubricants for Water Based Drilling Fluids*, SPE Makalesi, 50710, SPE International Symposium on Oilfield Chemistry, (1998).

ISAMBOURG, P., E.P., Elf, Ottosen, S., Benaissa, S., Marti, J., *Down-Hole Stimulation Cell for Measurement of Lubricity and Differential Pressure Sticking*, SPE Makalesi, 52816, IADC/SPE Drilling Conference, Amsterdam, Holland, (1999).

KERCHEVILLE, J.D., Hinds, A.A., Clements, W.R., *Comparison of Environmentally Acceptable Materials With Diesel Oil for Drilling Mud Lubricity and Spotting Fluid Formulations*, SPE Makalesi, 14797, IADC/SPE Drilling Conference, Dallas, (1986).

KNOX, D. and Jiang, P., *Drilling Further with Water-Based Fluids-Selecting the Right Lubricant*, SPE Makalesi, 2002, SPE Annual Technical Conference and Exhibition, (2005).

MAIDLA, E.E., Wojtanowicz, A.K., *Laboratory Study of Borehole Friction Factor With a Dynamic-Filtration Apparatus*, SPE Makalesi, 18558, SPE Annual Technical Conference and Exhibition, (1990).

QUIGLEY, M.C., *Advanced Technology for Laboratory Measurement of Drilling Fluid Friction Coefficient*, SPE Makalesi, 19537, 64th Annual Technical Conference and Exhibition of SPE, San Antonio, TX, (1989).

QUIGLEY, M.S., Dzlalowski, A.K., Zamora, M., *A Full-Scale Wellbore Friction Simulator*, SPE Makalesi, 19958, IADC/SPE Drilling Conference, Houston, Texas, (1990).

REID, P.I., Meeten, H.G., Way, P.W., Clark, Peter, Chambers, B.D., Gilmour, Alan, Sanders, M.W., *Differential-Sticking Mechanisms and a Simple Wellsite Test for Monitoring and Optimizing Drilling Mud Properties*, SPE Makalesi, 64114, SPE Drill & Completion, Vol. 15, No. 2, (2000).

SCHAMP, H.J., Estes, B.L., Keller, S.R., *Torque Reduction Techniques in ERD wells*, SPE Makalesi, 98969, IADC/SPE Drilling Conference, Miami, Florida, U.S.A., (2006).

SIFFERMAN R., Thomas, Mujis M., Herman, Fanta F., George, Felker Frederick C., Erhan M., Selim, *Starch-Lubricant Compositions For Improved Lubricity and Fluid Loss in Water-Based Drilling Muds* , SPE Paper, 80213, SPE International Symposium on Oilfield Chemistry, Houston, Texas, U.S.A, (2003).

SKALLE, P., Backe, K.R., ve Lyomov, S.K.: *Microbeads as Lubricant in Drilling Muds Using a Modified Lubricity Tester*, SPE Makalesi, 56562, SPE Annual Technical Conference and Exhibition, (1999).

TAILLEUR, R.J., *Lubricating Properties of Drilling Fluids (E.P. Muds)*, Universidad Nacional de Buenos Aires, Mene Grande Oil Company, Venezuela, (1963).

TYLDSLEY, D., *Lubricant SSP – The Proven Lubricant to Reduce High Downhole Torque*, SPE Makalesi, 8159, SPE Offshore Europe Conference, Aberdeen, Scotland (1979).

EK-A

Tablo A.1: Eş Kompozisyonlu Su Bazlı Lignosülfonat Çamuru Örneklerine Yalnız Olarak Eklenen LUBE-1 ile Hazırlanan Karışımın Deney Sonuçları

Örnek	1	2	3	4
Su, cc	350	350	350	350
Bentonit, ppb	20	20	20	20
CMC, ppb	2	2	2	2
Kromsuz Lignosülfonat (CFL), ppb	3	3	3	3
NaOH, ppb	0.75	0.75	0.75	0.75
OCMA, ppb	30	30	30	30
Barit, ppb	10	10	10	10
LUBE-1	0.0%	1.0%	2.0%	3.0%
Viskozite Sıcaklığı, C	49	49	49	49
Vizkozite, 600 okuması	36	48	42	44
Vizkozite, 300 okuması	22	30	28	30
PV	14	18	14	14
YP	8	12	14	16
Jel Mukavemetleri, 10 sec. / 10 min.	3/4	3/5	2/4	3/4
API Su Kaybı, cc	5.5	5.1	5.0	4.8
Ca	60	40	40	40
Cl	2,300	2,200	2,400	2,500
pH	9.00	8.80	8.70	9.20
Yaşlandırma Zamanı, hr	16	16	16	16
Yaşlandırma Sıcaklığı, C	65	65	65	65
Köpük Oluşturma, Yarı-Ömür (dakika)	Yok	Yok	Yok	Yok
Cheesing/Yağlanma	Yok	Yok	Yok	Yok
Lubricity Tester Test Zamanı (dk)	5	5	5	5
Lubricity Tester RPM	60	60	60	60
Lubricity Tester Verilen Buru (in-lb)	150	150	150	150
Buru (ölçülen) @ 5 dk	26	12	9.6	9.7
Kalibrasyon Buru Okuması	35.5	34.4	34.4	34.4
Düzeltilme Sayısı	0.958	0.988	0.988	0.988
Kayganlık Katsayısı	0.249	0.119	0.095	0.096

Tablo A.2: Eş Kompozisyonlu Su Bazlı Lignosülfonat Çamuru Örneklerine Yalnız Olarak Eklenen LUBE-2 ile Hazırlanan Karışımın Deney Sonuçları

Örnek	1	2	3	4
Su, cc	350	350	350	350
Bentonit, ppb	20	20	20	20
CMC, ppb	2	2	2	2
Kromsuz Lignosülfonat (CFL), ppb	3	3	3	3
NaOH, ppb	0.75	0.75	0.75	0.75
OCMA, ppb	30	30	30	30
Barit, ppb	10	10	10	10
LUBE-2	0.0%	1.0%	2.0%	3.0%
Viskozite Sıcaklığı, C	49	49	49	49
Vizkozite, 600 okuması	36	36	39	44
Vizkozite, 300 okuması	22	21	22	26
PV	14	15	17	18
YP	8	6	5	8
Jel Mukavemetleri, 10 sec. / 10 min.	3/4	3/6	3/4	3/5
API Su Kaybı, cc	5.5	5.3	5.4	5.4
Ca	60	60	40	60
Cl	2,300	2,700	2,600	2,400
pH	9.00	9.00	8.80	8.80
Yaşlandırma Zamanı, hr	16	16	16	16
Yaşlandırma Sıcaklığı, C	65	65	65	65
Köpük Oluşturma, Yarı-Ömür (dakika)	Yok	13	15	16
Cheesing/Yağlanma	Yok	Yok	Yok	Yok
Lubricity Tester Test Zamanı (dk)	5	5	5	5
Lubricity Tester RPM	60	60	60	60
Lubricity Tester Verilen Buru (in-lb)	150	150	150	150
Buru (ölçülen) @ 5 dk	26	21.7	17.5	14.5
Kalibrasyon Buru Okuması	35.5	35.5	35.5	35.5
Düzeltilme Sayısı	0.958	0.958	0.958	0.958
Kayganlık Katsayısı	0.249	0.208	0.168	0.139

Tablo A.3: Eş Kompozisyonlu Su Bazlı Lignosülfonat Çamuru Örneklerine Yalnız Olarak Eklenen LUBE-3 ile Hazırlanan Karışımın Deney Sonuçları

Örnek	1	2	3	4
Su, cc	350	350	350	350
Bentonit, ppb	20	20	20	20
CMC, ppb	2	2	2	2
Kromsuz Lignosülfonat (CFL), ppb	3	3	3	3
NaOH, ppb	0.75	0.75	0.75	0.75
OCMA, ppb	30	30	30	30
Barit, ppb	10	10	10	10
LUBE-3	0.0%	1.0%	2.0%	3.0%
Viskozite Sıcaklığı, C	49	49	49	49
Vizkozite, 600 okuması	36	25	31	36
Vizkozite, 300 okuması	22	15	19	21
PV	14	10	12	15
YP	8	5	7	6
Jel Mukavemetleri, 10 sec. / 10 min.	3/4	2/5	2/6	3/5
API Su Kaybı, cc	5.5	5.7	5.5	5.6
Ca	60	80	72	68
Cl	2,300	2,500	2,400	2,300
pH	9.00	9.00	9.10	9.00
Yaşlandırma Zamanı, hr	16	16	16	16
Yaşlandırma Sıcaklığı, C	65	65	65	65
Köpük Oluşturma, Yarı-Ömür (dakika)	Yok	Yok	Yok	Yok
Cheesing/Yağlanma	Yok	Yok	Yok	Yok
Lubricity Tester Test Zamanı (dk)	5	5	5	5
Lubricity Tester RPM	60	60	60	60
Lubricity Tester Verilen Buru (in-lb)	150	150	150	150
Buru (ölçülen) @ 5 dk	26	21.9	20.1	19.2
Kalibrasyon Buru Okuması	35.5	33	33	33
Düzeltilme Sayısı	0.958	1.030	1.030	1.030
Kayganlık Katsayısı	0.249	0.226	0.207	0.198

Tablo A.4: Eş Kompozisyonlu Su Bazlı Lignosülfonat Çamuru Örneklerine Yalnız Olarak Eklenen HAFİF PETROL ile Hazırlanan Karışımın Deney Sonuçları

Örnek	1	2	3	4	5
Su, cc	350	350	350	350	350
Bentonit, ppb	20	20	20	20	20
CMC, ppb	2	2	2	2	2
Kromsuz Lignosülfonat (CFL), ppb	3	3	3	3	3
NaOH, ppb	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
OCMA, ppb	30	30	30	30	30
Barit, ppb	10	10	10	10	10
HAFİF PETROL	0.0%	1.0%	2.0%	3.0%	5.0%
Viskozite Sıcaklığı, C	49	49	49	49	49
Vizkozite, 600 okuması	36	36	46	48	44
Vizkozite, 300 okuması	22	23	28	30	29
PV	14	13	18	18	15
YP	8	10	10	12	14
Jel Mukavemetleri, 10 sec. / 10 min.	3/4	2/6	3/6	3/5	3/5
API Su Kaybı, cc	5.5	5.2	4.9	4.6	4.0
Ca	60	60	80	60	52
Cl	2,300	2,100	2,200	2,000	2,200
pH	9.00	9.00	9.10	9.30	8.90
Yaşlandırma Zamanı, hr	16	16	16	16	16
Yaşlandırma Sıcaklığı, C	65	65	65	65	65
Köpük Oluşturma, Yarı-Ömür (dakika)	Yok	Yok	Yok	Yok	Yok
Cheesing/Yağlanma	Yok	Yok	Yok	Yok	Var
Lubricity Tester Test Zamanı (dk)	5	5	5	5	5
Lubricity Tester RPM	60	60	60	60	60
Lubricity Tester Verilen Buru (in-lb)	150	150	150	150	150
Buru (ölçülen) @ 5 dk	26	24	23	22.3	23.9
Kalibrasyon Buru Okuması	35.5	35.5	35.5	35.5	35.5
Düzeltilme Sayısı	0.958	0.958	0.958	0.958	0.958
Kayganlık Katsayısı	0.249	0.230	0.220	0.214	0.229

Tablo A.5: Eş Kompozisyonlu Su Bazlı Lignosülfonat Çamuru Örneklerine Yalnız Olarak Eklenen AĞIR PETROL ile Hazırlanan Karışımın Deney Sonuçları

Örnek	1	2	3	4
Su, cc	350	350	350	350
Bentonit, ppb	20	20	20	20
CMC, ppb	2	2	2	2
Kromsuz Lignosülfonat (CFL), ppb	3	3	3	3
NaOH, ppb	0.75	0.75	0.75	0.75
OCMA, ppb	30	30	30	30
Barit, ppb	10	10	10	10
AĞIR PETROL	0.0%	1.0%	2.0%	3.0%
Viskozite Sıcaklığı, C	49	49	49	49
Vizkozite, 600 okuması	36	57	63	70
Vizkozite, 300 okuması	22	37	40	45
PV	14	20	23	25
YP	8	17	17	20
Jel Mukavemetleri, 10 sec. / 10 min.	3/4	4/6	4/7	4/5
API Su Kaybı, cc	5.5	5.3	5.0	4.6
Ca	60	60	40	52
Cl	2,300	2,300	1,900	2,100
pH	9.00	9.0	9.20	8.90
Yaşlandırma Zamanı, hr	16	16	16	16
Yaşlandırma Sıcaklığı, C	65	65	65	65
Köpük Oluşturma, Yarı-Ömür (dakika)	Yok	Yok	Yok	Yok
Cheesing/Yağlanma	Yok	Var	Var	Var
Lubricity Tester Test Zamanı (dk)	5	5	5	5
Lubricity Tester RPM	60	60	60	60
Lubricity Tester Verilen Buru (in-lb)	150	150	150	150
Buru (ölçülen) @ 5 dk	26	25	24.1	24.2
Kalibrasyon Buru Okuması	35.5	35.5	35.5	35.5
Düzeltilme Sayısı	0.958	0.958	0.958	0.958
Kayganlık Katsayısı	0.249	0.239	0.231	0.232

Tablo A.6: Eş Kompozisyonlu Su Bazlı Lignosülfonat Çamuru Örneklerine Yalnız Olarak Eklenen MAZOT ile Hazırlanan Karışımın Deney Sonuçları

Örnek	1	2	3	4
Su, cc	350	350	350	350
Bentonit, ppb	20	20	20	20
CMC, ppb	2	2	2	2
Kromsuz Lignosülfonat (CFL), ppb	3	3	3	3
NaOH, ppb	0.75	0.75	0.75	0.75
OCMA, ppb	30	30	30	30
Barit, ppb	10	10	10	10
MAZOT	0.0%	1.0%	2.0%	3.0%
Viskozite Sıcaklığı, C	49	49	49	49
Vizkozite, 600 okuması	36	53	55	64
Vizkozite, 300 okuması	22	34	37	41
PV	14	19	18	23
YP	8	15	19	18
Jel Mukavemetleri, 10 sec. / 10 min.	3/4	3/6	4/6	4/7
API Su Kaybı, cc	5.5	5.4	5.6	5.6
Ca	60	36	60	48
Cl	2,300	2,000	2,200	2,000
pH	9.00	9.10	9.20	9.0
Yaşlandırma Zamanı, hr	16	16	16	16
Yaşlandırma Sıcaklığı, C	65	65	65	65
Köpük Oluşturma, Yarı-Ömür (dakika)	Yok	Yok	Yok	Yok
Cheesing/Yağlanma	Yok	Var	Var	Var
Lubricity Tester Test Zamanı (dk)	5	5	5	5
Lubricity Tester RPM	60	60	60	60
Lubricity Tester Verilen Buru (in-lb)	150	150	150	150
Buru (ölçülen) @ 5 dk	26	25.5	25	26.4
Kalibrasyon Buru Okuması	35.5	35.5	35.5	35.5
Düzeltilme Sayısı	0.958	0.958	0.958	0.958
Kayganlık Katsayısı	0.249	0.244	0.239	0.253

Tablo A.7: Eş Kompozisyonlu Su Bazlı Lignosülfonat Çamuru Örneklerine Beraber Eklenen HAFİF PETROL ve LUBE-1 ile Hazırlanan Karışımın Deney Sonuçları

Örnek	1	2	3	4	5	6
Su, cc	350	350	350	350	350	350
Bentonit, ppb	20	20	20	20	20	20
CMC, ppb	2	2	2	2	2	2
Kromsuz Lignosülfonat (CFL), ppb	3	3	3	3	3	3
NaOH, ppb	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
OCMA, ppb	30	30	30	30	30	30
Barit, ppb	10	10	10	10	10	10
LUBE-1	1.0%	1.0%	1.0%	2.0%	2.0%	2.0%
HAFİF PETROL	1.0%	2.0%	3.0%	1.0%	2.0%	3.0%
Viskozite Sıcaklığı, C	49	49	49	49	49	49
Vizkozite, 600 okuması	53	54	63	50	55	58
Vizkozite, 300 okuması	34	35	40	36	37	39
PV	19	19	23	14	18	19
YP	15	16	17	22	19	20
Jel Mukavemetleri, 10 sec. / 10 min.	3/5	3/6	2/4	3/5	2/3	3/4
API Su Kaybı, cc	4.8	4.5	4.3	4.4	4.3	4.2
Ca	40	48	40	52	52	40
Cl	2000	2,000	1,800	2,000	2,000	1,800
pH	9.00	8.80	9.20	8.8	8.8	8.90
Yaşlandırma Zamanı, hr	16	16	16	16	16	16
Yaşlandırma Sıcaklığı, C	65	65	65	65	65	65
Köpük Oluşturma, Yarı-Ömür (dakika)	Yok	Yok	Yok	Yok	Yok	Yok
Cheesing/Yağlanma	Yok	Yok	Yok	Yok	Yok	Yok
Lubricity Tester Test Zamanı (dk)	5	5	5	5	5	5
Lubricity Tester RPM	60	60	60	60	60	60
Lubricity Tester Verilen Buru (in-lb)	150	150	150	150	150	150
Buru (ölçülen) @ 5 dk	11	10	5.9	9	8.3	8
Kalibrasyon Buru Okuması	32.5	34.5	35	34.5	35	33.2
Düzeltilme Sayısı	1.046	0.986	0.971	0.986	0.971	1.024
Kayganlık Katsayısı	0.115	0.099	0.057	0.089	0.081	0.082

Tablo A.8: Eş Kompozisyonlu Su Bazlı Lignosülfonat Çamuru Örneklerine Beraber Eklenen HAFİF PETROL ve LUBE-2 ile Hazırlanan Karışımın Deney Sonuçları

Örnek	1	2	3	4	5	6
Su, cc	350	350	350	350	350	350
Bentonit, ppb	20	20	20	20	20	20
CMC, ppb	2	2	2	2	2	2
Kromsuz Lignosülfonat (CFL), ppb	3	3	3	3	3	3
NaOH, ppb	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
OCMA, ppb	30	30	30	30	30	30
Barit, ppb	10	10	10	10	10	10
LUBE-2	1.0%	1.0%	1.0%	2.0%	2.0%	2.0%
HAFİF PETROL	1.0%	2.0%	3.0%	1.0%	2.0%	3.0%
Viskozite Sıcaklığı, C	49	49	49	49	49	49
Vizkozite, 600 okuması	43	46	44	36	48	48
Vizkozite, 300 okuması	25	28	29	23	30	31
PV	18	18	15	13	18	17
YP	7	10	14	10	12	14
Jel Mukavemetleri, 10 sec. / 10 min.	2/4	2/5	3/4	3/4	3/5	3/5
API Su Kaybı, cc	5.0	4.9	4.8	4.8	4.7	4.5
Ca	40	60	36	44	40	36
Cl	1,800	1,900	1,800	1,800	1,800	1,700
pH	9.30	8.80	9.0	9.20	9.30	9.00
Yaşlandırma Zamanı, hr	16	16	16	16	16	16
Yaşlandırma Sıcaklığı, C	65	65	65	65	65	65
Köpük Oluşturma, Yarı-Ömür (dakika)	15	14	16	18	17	19
Cheesing/Yağlanma	Yok	Yok	Yok	Yok	Yok	Yok
Lubricity Tester Test Zamanı (dk)	5	5	5	5	5	5
Lubricity Tester RPM	60	60	60	60	60	60
Lubricity Tester Verilen Buru (in-lb)	150	150	150	150	150	150
Buru (ölçülen) @ 5 dk	19.5	7.7	5	8.1	6.6	3.4
Kalibrasyon Buru Okuması	32.5	35	33.2	34.5	35	32.5
Düzeltilme Sayısı	1.046	0.971	1.024	0.986	0.971	1.046
Kayganlık Katsayısı	0.204	0.075	0.051	0.080	0.064	0.036

Tablo A.9: Eş Kompozisyonlu Su Bazlı Lignosülfonat Çamuru Örneklerine Beraber Eklenen HAFİF PETROL ve LUBE-3 ile Hazırlanan Karışımın Deney Sonuçları

Örnek	1	2	3	4	5	6
Su, cc	350	350	350	350	350	350
Bentonit, ppb	20	20	20	20	20	20
CMC, ppb	2	2	2	2	2	2
Kromsuz Lignosülfonat (CFL), ppb	3	3	3	3	3	3
NaOH, ppb	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
OCMA, ppb	30	30	30	30	30	30
Barit, ppb	10	10	10	10	10	10
LUBE-3	1.0%	1.0%	1.0%	2.0%	2.0%	2.0%
HAFİF PETROL	1.0%	2.0%	3.0%	1.0%	2.0%	3.0%
Viskozite Sıcaklığı, C	49	49	49	49	49	49
Vizkozite, 600 okuması	32	30	32	31	32	31
Vizkozite, 300 okuması	19	17	19	19	19	18
PV	13	13	13	12	13	13
YP	6	4	6	7	6	5
Jel Mukavemetleri, 10 sec. / 10 min.	3/4	3/5	3/4	3/4	3/5	2/5
API Su Kaybı, cc	5.2	4.9	5.0	5.0	5.0	4.9
Ca	40	48	36	44	36	40
Cl	1,900	2,000	1,700	1,800	1,900	1,800
pH	9.30	8.80	9.20	9.1	9.30	9.00
Yaşlandırma Zamanı, hr	16	16	16	16	16	16
Yaşlandırma Sıcaklığı, C	65	65	65	65	65	65
Köpük Oluşturma, Yarı-Ömür (dakika)	Yok	Yok	Yok	Yok	Yok	Yok
Cheesing/Yağlanma	Yok	Yok	Yok	Yok	Yok	Yok
Lubricity Tester Test Zamanı (dk)	5	5	5	5	5	5
Lubricity Tester RPM	60	60	60	60	60	60
Lubricity Tester Verilen Buru (in-lb)	150	150	150	150	150	150
Buru (ölçülen) @ 5 dk	20.6	9.3	5.5	18.5	10.1	11
Kalibrasyon Buru Okuması	32.5	35	33.2	34.5	35	32.5
Düzeltilme Sayısı	1.046	0.971	1.024	0.986	0.971	1.046
Kayganlık Katsayısı	0.216	0.090	0.056	0.182	0.098	0.115

Tablo A.10: Eş Kompozisyonlu Su Bazlı Lignosülfonat Çamuru Örneklerine Beraber Eklenen AĞIR PETROL ve LUBE-1/LUBE-2/LUBE-3 ile Hazırlanan Karışımın Deney Sonuçları

Örnek	1	2	3	4	5	6
Su, cc	350	350	350	350	350	350
Bentonit, ppb	20	20	20	20	20	20
CMC, ppb	2	2	2	2	2	2
Kromsuz Lignosülfonat (CFL), ppb	3	3	3	3	3	3
NaOH, ppb	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
OCMA, ppb	30	30	30	30	30	30
Barit, ppb	10	10	10	10	10	10
LUBE-1	1.0%	1.0%				
LUBE-2			1.0%	1.0%		
LUBE-3					1.0%	1.0%
AĞIR PETROL		2.0%		2.0%		2.0%
Viskozite Sıcaklığı, C	49	49	49	49	49	49
Vizkozite, 600 okuması	48	49	36	54	25	49
Vizkozite, 300 okuması	30	31	21	34	15	32
PV	18	18	15	20	10	17
YP	12	13	6	14	5	15
Jel Mukavemetleri, 10 sec. / 10 min.	2/5	3/5	3/5	3/6	2/3	2/4
API Su Kaybı, cc	5.1	5.0	5.3	5.0	5.7	5.5
Ca	40	44	60	52	80	40
Cl	2,200	2,500	2,700	1,800	2,500	2,000
pH	8.80	9.10	9.00	9.30	9.00	9.30
Yaşlandırma Zamanı, hr	16	16	16	16	16	16
Yaşlandırma Sıcaklığı, C	65	65	65	65	65	65
Köpük Oluşturma, Yarı-Ömür(dk)	Yok	Yok	13	14	Yok	Yok
Cheesing/Yağlanma	Yok	Var	Yok	Var	Yok	Var
Lubricity Tester Test Zamanı(dk)	5	5	5	5	5	5
Lubricity Tester RPM	60	60	60	60	60	60
Lubricity Tester Verilen Buru (in-lb)	150	150	150	150	150	150
Buru (ölçülen) @ 5 dk	12	12.9	21.7	20	21.9	21.4
Kalibrasyon Buru Okuması	34.4	32.5	35.5	32.5	33	32.5
Düzeltilme Sayısı	0.988	1.046	0.958	1.046	1.030	1.046
Kayganlık Katsayısı	0.119	0.135	0.208	0.209	0.226	0.224

Tablo A.11: Eş Kompozisyonlu Su Bazlı Lignosülfonat Çamuru Örneklerine Beraber Eklenen MAZOT ve LUBE-1/LUBE-2/LUBE-3 ile Hazırlanan Karışımın Deney Sonuçları

Örnek	1	2	3	4	5	6
Su, cc	350	350	350	350	350	350
Bentonit, ppb	20	20	20	20	20	20
CMC, ppb	2	2	2	2	2	2
Kromsuz Lignosülfonat (CFL), ppb	3	3	3	3	3	3
NaOH, ppb	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
OCMA, ppb	30	30	30	30	30	30
Barit, ppb	10	10	10	10	10	10
LUBE-1	1.0%	1.0%				
LUBE-2			1.0%	1.0%		
LUBE-3					1.0%	1.0%
MAZOT		2.0%		2.0%		2.0%
Viskozite Sıcaklığı, C	49	49	49	49	49	49
Vizkozite, 600 okuması	48	52	36	50	25	50
Vizkozite, 300 okuması	30	35	21	33	15	32
PV	18	17	15	17	10	18
YP	12	18	6	16	5	14
Jel Mukavemetleri, 10 sec. / 10 min.	2/4	3/4	3/4	3/5	2/4	2/4
API Su Kaybı, cc	5.1	5.2	5.3	5.6	5.7	5.4
Ca	40	60	60	36	80	72
Cl	2,200	1,800	2,700	2,200	2,500	1,900
pH	8.80	9.00	9.00	8.90	9.00	9.10
Yaşlandırma Zamanı, hr	16	16	16	16	16	16
Yaşlandırma Sıcaklığı, C	65	65	65	65	65	65
Köpük Oluşturma, Yarı-Ömür(dk)	Yok	Yok	13	13	Yok	Yok
Cheesing/Yağlanma	Yok	Var	Yok	Var	Yok	Var
Lubricity Tester Test Zamanı(dk)	5	5	5	5	5	5
Lubricity Tester RPM	60	60	60	60	60	60
Lubricity Tester Verilen Buru (in-lb)	150	150	150	150	150	150
Buru (ölçülen) @ 5 dk	12	16	21.7	22	21.9	24
Kalibrasyon Buru Okuması	34.4	35.5	35.5	35.5	33	35.5
Düzeltilme Sayısı	0.988	0.958	0.958	0.958	1.030	0.958
Kayganlık Katsayısı	0.119	0.153	0.208	0.211	0.226	0.230

Tablo A.12: Çeşitli Oranlarda Kayganlaştırıcı Eklenen Eş Kompozisyonlu Çamur Örneklerinde Kalsiyum İyonunun Çamur Özelliklerine ve Kayganlaştırma Performansına Etkisi Deneysel Sonuçları

Örnek	1	2	3	4
Su, cc	350	350	350	350
Bentonit, ppb	20	20	20	20
CMC, ppb	2	2	2	2
Kromsuz Lignosülfonat (CFL), ppb	3	3	3	3
NaOH, ppb	0.75	0.75	0.75	0.75
Jips, ppb	1	1	1	1
OCMA, ppb	30	30	30	30
Barit, ppb	10	10	10	10
LUBE-1		2.0%		
LUBE-2			2.0%	
LUBE-3				2.0%
HAFİF PETROL		1.0%	1.0%	1.0%
Viskozite Sıcaklığı, C	49	49	49	49
Vizkozite, 600 okuması	36	38	36	45
Vizkozite, 300 okuması	22	23	22	26
PV	14	15	14	19
YP	8	8	8	7
Jel Mukavemetleri, 10 sec. / 10 min.	2/5	2/5	2/4	3/4
API Su Kaybı, cc	5.7	4.7	5.2	5.1
Ca	500	480	500	500
Cl	2,000	1,800	2,100	1,800
pH	9.00	9.20	8.90	9.00
Yaşlandırma Zamanı, hr	16	16	16	16
Yaşlandırma Sıcaklığı, C	65	65	65	65
Köpük Oluşturma, Yarı-Ömür(dk)	Yok	Yok	15	Yok
Cheesing/Yağlanma	Yok	Yok	Yok	Yok
Lubricity Tester Test Zamanı(dk)	5	5	5	5
Lubricity Tester RPM	60	60	60	60
Lubricity Tester Verilen Buru (in-lb)	150	150	150	150
Buru (ölçülen) @ 5 dk	19.8	7.5	7	16
Kalibrasyon Buru Okuması	32	32	32	32
Düzeltilme Sayısı	1.063	1.063	1.063	1.063
Kayganlık Katsayısı	0.210	0.080	0.074	0.170

Tablo A.13: Çeşitli Oranlarda Kayganlaştırıcı Eklenen Eş Kompozisyonlu Çamur Örneklerinde pH'ın Çamur Özelliklerine ve Kayganlaştırma Performansına Etkisi Deney Sonuçları

Örnek	1	2	3	4
Su, cc	350	350	350	350
Bentonit, ppb	20	20	20	20
CMC, ppb	2	2	2	2
Kromsuz Lignosülfonat (CFL), ppb	3	3	3	3
NaOH, ppb	1.5	1.5	1.5	1.5
OCMA, ppb	30	30	30	30
Barit, ppb	10	10	10	10
LUBE-1		2.0%		
LUBE-2			2.0%	
LUBE-3				2.0%
HAFİF PETROL		1.0%	1.0%	1.0%
Viskozite Sıcaklığı, C	49	49	49	49
Vizkozite, 600 okuması	39	53	43	41
Vizkozite, 300 okuması	24	32	26	25
PV	15	21	17	16
YP	9	11	8	9
Jel Mukavemetleri, 10 sec. / 10 min.	3/9	4/12	3/11	3/10
API Su Kaybı, cc	5.6	5.3	5.4	5.7
Ca	60	60	80	80
Cl	1,700	1,800	1,700	1,900
pH	11.50	11.30	11.50	11.40
Yaşlandırma Zamanı, hr	16	16	16	16
Yaşlandırma Sıcaklığı, C	65	65	65	65
Köpük Oluşturma, Yarı-Ömür(dk)	Yok	Yok	14	Yok
Cheesing/Yağlanma	Yok	Yok	Yok	Yok
Lubricity Tester Test Zamanı(dk)	5	5	5	5
Lubricity Tester RPM	60	60	60	60
Lubricity Tester Verilen Buru (in-lb)	150	150	150	150
Buru (ölçülen) @ 5 dk	22.8	9.3	8.4	18
Kalibrasyon Buru Okuması	32.4	32.4	32.4	32.4
Düzeltilme Sayısı	1.049	1.049	1.049	1.049
Kayganlık Katsayısı	0.239	0.098	0.088	0.189

Tablo A.14: Çeşitli Oranlarda Kayganlaştırıcı Eklenen Eş Kompozisyonlu Çamur Örneklerinde Tuzluluğun Çamur Özelliklerine ve Kayganlaştırma Performansına Etkisi Deney Sonuçları

Örnek	1	2	3	4
Su, cc	350	350	350	350
Bentonit, ppb	20	20	20	20
CMC, ppb	2	2	2	2
Kromsuz Lignosülfonat (CFL), ppb	3	3	3	3
NaOH, ppb	0.75	0.75	0.75	0.75
NaCl, ppb	4	4	4	4
OCMA, ppb	30	30	30	30
Barite, ppb	10	10	10	10
LUBE-1		2.0%		
LUBE-2			2.0%	
LUBE-3				2.0%
HAFİF PETROL		1.0%	1.0%	1.0%
Viskozite Sıcaklığı, C	49	49	49	49
Vizkozite, 600 okuması	39	55	40	67
Vizkozite, 300 okuması	25	37	26	47
PV	14	18	14	20
YP	11	19	12	27
Jel Mukavemetleri, 10 sec. / 10 min.	4/16	5/22	3/17	8/32
API Su Kaybı, cc	5.9	5.3	5.7	5.8
Ca	40	48	40	52
Cl	10,000	9,900	10,000	10,000
pH	9.00	8.80	8.80	8.90
Yaşlandırma Zamanı, hr	16	16	16	16
Yaşlandırma Sıcaklığı, C	65	65	65	65
Köpük Oluşturma, Yarı-Ömür(dk)	Yok	Yok	15	Yok
Cheesing/Yağlanma	Yok	Yok	Yok	Yok
Lubricity Tester Test Zamanı(dk)	5	5	5	5
Lubricity Tester RPM	60	60	60	60
Lubricity Tester Verilen Buru (in-lb)	150	150	150	150
Buru (ölçülen) @ 5 dk	20.2	14.2	13	19
Kalibrasyon Buru Okuması	32	32	32	32
Düzeltilme Sayısı	1.063	1.063	1.063	1.063
Kayganlık Katsayısı	0.215	0.151	0.138	0.202

Tablo A.15: Çeşitli Oranlarda Barit Eklenen Eş Kompozisyonlu Çamur Örneklerinde Çamur Yoğunluğunun Çamur Özelliklerine ve Kayganlaştırma Performansına Etkisi Deney Sonuçları

Örnek	1	2	3	4	5
Su, cc	350	350	350	350	350
Bentonit, ppb	20	20	20	20	20
CMC, ppb	2	2	2	2	2
Kromsuz Lignosülfonat (CFL), ppb	3	3	3	3	3
NaOH, ppb	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
OCMA, ppb	30	30	30	30	30
Barit, ppb	10	40	80	110	150
Viskozite Sıcaklığı, C	49	49	49	49	49
Vizkozite, 600 okuması	36	38	49	45	54
Vizkozite, 300 okuması	22	23	29	26	32
PV	14	15	20	19	22
YP	8	8	9	7	10
Jel Mukavemetleri, 10 sec. / 10 min.	3/4	2/4	3/5	3/4	2/4
API Su Kaybı, cc	5.5	5.6	5.4	5.0	5.1
Ca	60	60	52	64.0	60
Cl	2,300	1,900	1,800	1,800	1,800
pH	9.00	9.1	8.90	8.7	9.10
Yoğunluk, (ppcf)	68	68	68	68	68
Yaşlandırma Zamanı, hr	16	16	16	16	16
Yaşlandırma Sıcaklığı, C	65	65	65	65	65
Köpük Oluşturma, Yarı-Ömür(dk)	Yok	Yok	Yok	Yok	Yok
Cheesing/Yağlanma	Yok	Yok	Yok	Yok	Yok
Lubricity Tester Test Zamanı(dk)	5	5	5	5	5
Lubricity Tester RPM	60	60	60	60	60
Lubricity Tester Verilen Buru (in-lb)	150	150	150	150	150
Buru (ölçülen) @ 5 dk	26	23	24.5	23.1	23.3
Kalibrasyon Buru Okuması	35.5	34.5	35.9	34.1	32
Düzeltilme Sayısı	0.958	0.986	0.947	0.997	1.063
Kayganlık Katsayısı	0.249	0.227	0.232	0.230	0.248

Tablo A.16: Çeşitli Oranlarda Barit Eklenen Eş Kompozisyonlu Çamur Örneklerinde LUBE-1 ve HAFİF PETROL İçeren Çamur Yoğunluğunun Çamur Özelliklerine ve Kayganlaştırma Performansına Etkisi Deneç Sonuçları

Örnek	1	2	3	4	5
Su, cc	350	350	350	350	350
Bentonit, ppb	20	20	20	20	20
CMC, ppb	2	2	2	2	2
Kromsuz Lignosülfonat (CFL), ppb	3	3	3	3	3
NaOH, ppb	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
OCMA, ppb	30	30	30	30	30
Barit, ppb	10	40	80	110	150
LUBE-1	2.0%	2.0%	2.0%	2.0%	2.0%
HAFİF PETROL	1.0%	1.0%	1.0%	1.0%	1.0%
Viskozite Sıcaklığı., C	49	49	49	49	49
Vizkozite, 600 okuması	50	44	52	46	53
Vizkozite, 300 okuması	36	27	31	28	32
PV	14	17	21	18	21
YP	22	10	10	10	11
Jel Mukavemetleri, 10 sec. / 10 min.	2/4	3/6	4/7	3/5	4/6
API Su Kaybı, cc	4.4	5.3	5.2	4.7	4.6
Ca	52	60	80	40.0	60
Cl	2,000	2,000	1,900	1,900	1,900
pH	8.8	9	9.10	8.6	8.70
Yoğunluk, (ppcf)	73	73	73	73	73
Yaşlandırma Zamanı, hr	16	16	16	16	16
Yaşlandırma Sıcaklığı., C	65	65	65	65	65
Köpük Oluşturma, Yarı-Ömür(dk)	Yok	Yok	Yok	Yok	Yok
Cheesing/Yağlanma	Yok	Yok	Yok	Yok	Yok
Lubricity Tester Test Zamanı(dk)	5	5	5	5	5
Lubricity Tester RPM	60	60	60	60	60
Lubricity Tester Verilen Buru (in-lb)	150	150	150	150	150
Buru (ölçülen) @ 5 dk	9	8.9	8.9	5.8	3.6
Kalibrasyon Buru Okuması	34.5	34.5	35.9	34.1	32
Düzeltilme Sayısı	0.986	0.986	0.947	0.997	1.063
Kayganlık Katsayısı	0.089	0.088	0.084	0.058	0.038

Tablo A.17: Çeşitli Oranlarda Barit Eklenen Eş Kompozisyonlu Çamur Örneklerinde LUBE-2 ve HAFİF PETROL İçeren Çamur Yoğunluğunun Çamur Özelliklerine ve Kayganlaştırma Performansına Etkisi Deneç Sonuçları

Örnek	1	2	3	4	5
Su, cc	350	350	350	350	350
Bentonit, ppb	20	20	20	20	20
CMC, ppb	2	2	2	2	2
Kromsuz Lignosülfonat (CFL), ppb	3	3	3	3	3
NaOH, ppb	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
OCMA, ppb	30	30	30	30	30
Barit, ppb	10	40	80	110	150
LUBE-2	2.0%	2.0%	2.0%	2.0%	2.0%
HAFİF PETROL	1.0%	1.0%	1.0%	1.0%	1.0%
Viskozite Sıcaklığı., C	49	49	49	49	49
Vizkozite, 600 okuması	36	41	44	51	51
Vizkozite, 300 okuması	23	25	26	31	31
PV	13	16	18	20	20
YP	10	9	8	11	11
Jel Mukavemetleri, 10 sec. / 10 min.	3/4	3/4	2/3	3/6	4/7
API Su Kaybı, cc	4.8	5.3	5.0	5.0	4.9
Ca	44	40	60	48.0	80
Cl	1,800	2,100	2,000	2,000	1,800
pH	9.20	9	9.00	8.8	8.90
Yoğunluk, (ppcf)	78	78	78	78	78
Yaşlandırma Zamanı, hr	16	16	16	16	16
Yaşlandırma Sıcaklığı., C	65	65	65	65	65
Köpük Oluşturma, Yarı-Ömür(dk)	18	14	12	14	13
Cheesing/Yağlanma	Yok	Yok	Yok	Yok	Yok
Lubricity Tester Test Zamanı(dk)	5	5	5	5	5
Lubricity Tester RPM	60	60	60	60	60
Lubricity Tester Verilen Buru (in-lb)	150	150	150	150	150
Buru (ölçülen) @ 5 dk	8.1	8	8	6.8	5.4
Kalibrasyon Buru Okuması	34.5	34.5	35.9	34.1	32
Düzelme Sayısı	0.986	0.986	0.947	0.997	1.063
Kayganlık Katsayısı	0.080	0.079	0.076	0.068	0.057

Tablo A.18: Çeşitli Oranlarda Barit Eklenen Eş Kompozisyonlu Çamur Örneklerinde LUBE-3 ve HAFİF PETROL İçeren Çamur Yoğunluğunun Çamur Özelliklerine ve Kayganlaştırma Performansına Etkisi Deneş Sonuçları

Örnek	1	2	3	4	5
Su, cc	350	350	350	350	350
Bentonit, ppb	20	20	20	20	20
CMC, ppb	2	2	2	2	2
Kromsuz Lignosülfonat (CFL), ppb	3	3	3	3	3
NaOH, ppb	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
OCMA, ppb	30	30	30	30	30
Barit, ppb	10	40	80	110	150
LUBE-3	2.0%	2.0%	2.0%	2.0%	2.0%
HAFİF PETROL	1.0%	1.0%	1.0%	1.0%	1.0%
Viskozite Sıcaklığı., C	49	49	49	49	49
Vizkozite, 600 okuması	31	44	43	42	48
Vizkozite, 300 okuması	19	26	25	24	29
PV	12	18	18	18	19
YP	7	8	7	6	10
Jel Mukavemetleri, 10 sec. / 10 min.	2/4	3/4	2/4	3/5	3/5
API Su Kaybı, cc	5.0	5.2	4.9	5.1	5.0
Ca	44	48	52	72.0	60
Cl	1,800	1,600	1,800	1,700	2,200
pH	9.1	8.8	9.20	8.9	9.00
Yoğunluk, (ppcf)	86	86	86	86	86
Yaşlandırma Zamanı, hr	16	16	16	16	16
Yaşlandırma Sıcaklığı., C	65	65	65	65	65
Köpük Oluşturma, Yarı-Ömür(dk)	Yok	Yok	Yok	Yok	Yok
Cheesing/Yağlanma	Yok	Yok	Yok	Yok	Yok
Lubricity Tester Test Zamanı(dk)	5	5	5	5	5
Lubricity Tester RPM	60	60	60	60	60
Lubricity Tester Verilen Buru (in-lb)	150	150	150	150	150
Buru (ölçülen) @ 5 dk	18.5	17	14.8	13.6	13
Kalibrasyon Buru Okuması	34.5	35.9	34.1	32	32
Düzeltme Sayısı	0.986	0.947	0.997	1.063	1.063
Kayganlık Katsayısı	0.182	0.161	0.148	0.145	0.138

PROJE YÜRÜTÜCÜSÜNÜN ADI SOYADI	İMZASI	TARİH
Prof.Dr. Mustafa Verşan KÖK	Mustafa Kok	01/11/2012

**TÜBİTAK
PROJE ÖZET BİLGİ FORMU**

Proje No: 110M090
Proje Başlığı: Sondaj Sıvılarına Eklenen Sıvı Kayganlaştırıcıların Performans Analizi
Proje Yürütücüsü ve Araştırmacılar: Prof. Dr. Mustafa Verşan KÖK; Dr. Reha ÖZEL Ahmet SÖNMEZ
Projenin Yürütüldüğü Kuruluş ve Adresi: ODTÜ, Mühendislik Fakültesi, Petrol ve Doğal Gaz Mühendisliği Bölümü
Destekleyen Kuruluş (ların) Adı ve Adresi: -
Projenin Başlangıç ve Bitiş Tarihleri: 01.11.2010 - 01.11.2012
Öz (en çok 70 kelime) Bu araştırmada su bazlı lignosülfonat sondaj sıvılarına, kayganlaştırıcılar değişik oranlarda karıştırılarak, en iyi performansı veren kompozisyonların belirlenmesi hedeflenmiştir. Aynı zamanda, bu kayganlaştırıcıların, diğer sondaj sıvısı özelliklerine ile; sondaj sıvısının özelliklerindeki değişimin, kayganlaştırıcıların performanslarına olan etkileri incelenmiştir. %1 LUBE-1 ve %3 HAFİF PETROL, %2 LUBE-2 ve %3 HAFİF PETROL, %1 LUBE-3 ve %3 HAFİF PETROL eklenerek oluşturulan sondaj sıvıları, kayganlaştırma performansı ve ekonomik açıdan en verimli kompozisyonlar olarak belirlenmiştir.
Anahtar Kelimeler: sondaj sıvısı, çamur, kayganlaştırıcı, kayganlık, kayganlık katsayısı
Fikri Ürün Bildirim Formu Sunuldu mu? Evet <input type="checkbox"/> Gerekli Değil X Fikri Ürün Bildirim Formu'nun tesliminden sonra 3 ay içerisinde patent başvurusu yapılmalıdır.
Projeden Yapılan Yayınlar: Proje kapsamında hazırlanan yayın "Petroleum Science and Engineering" dergisine basım için sunulmuştur ve hakem incelemesi devam etmektedir.
Ekte Bulunan "ARDEB Başarı Öyküsü Formu", "Kazanımlar" Bölümünde Belirtilen Kriterlere Göre Proje Çıktılarınızın Başarı Öyküsü Niteliği Taşındığını Düşünüyorsanız "ARDEB Başarı Öyküsü Formu"nu doldurunuz.