



İSKENDERUN TEKNİK

ÜNİVERSİTESİ

MÜHENDİSLİK VE FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**YÜKSEK
LİSANS
TEZİ**

**NA-BENTONİTTEN NANO-BENTONİT
ELDESİ VE SPUD ÇAMURLARINDA
KULLANILABİLİRLİĞİ**

İlknur TANRIVERDİ

**PETROL VE DOĞALGAZ MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI**

HAZİRAN 2018



**NA- BENTONİTİN NANO BENTONİT ELDESİ VE SPUD
ÇAMURLARINDA KULLANILABİLİRLİĞİ**

İlknur TANRIVERDİ

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
PETROL VE DOĞALGAZ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**İSKENDERUN TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
MÜHENDİSLİK VE FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

HAZİRAN 2018

Ilknur TANRIVERDİ tarafından hazırlanan "NA- BENTONİTİN NANO BENTONİT ELDESİ VE SPUD ÇAMURLARINDA KULLANILABİLİRLİĞİ" adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından OY BİRLİĞİ / ~~OY ÇOKLUĞU~~ ile Iskenderun Teknik Üniversitesi Petrol ve Doğalgaz Mühendisliği Anabilim Dalında YÜKSEK LISANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Danışman: Doç. Dr. Yasin ERDOĞAN

Petrol ve Doğalgaz Mühendisliği Anabilim Dalı, İskenderun Teknik Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum/onaylamıyorum.



Başkan: Doç. Dr. Yasin ERDOĞAN

Petrol ve Doğalgaz Mühendisliği Anabilim Dalı, İskenderun Teknik Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum/onaylamıyorum.



Üye: Prof. Dr. Ergül YAŞAR

Petrol ve Doğalgaz Mühendisliği Anabilim Dalı, İskenderun Teknik Üniversitesi


Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum/onaylamıyorum.



Üye: Prof. Dr. Ahmet Mahmut KILIÇ

Maden Mühendisliği Anabilim Dalı, Çukurova Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum/onaylamıyorum.

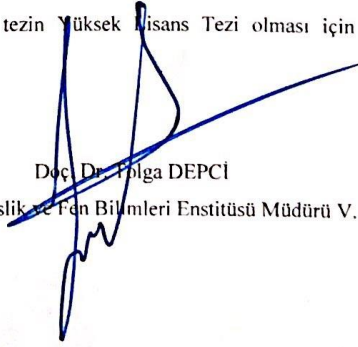


Tez Savunma Tarihi: 07/06/2018

Jüri tarafından kabul edilen bu tezin Yüksek Lisans Tezi olması için gerekli şartları yerine getirdiğini onaylıyorum.

Doç. Dr. Fülga DEPCI

Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü V.



ETİK BEYAN

İskenderun Teknik Üniversitesi Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- Tez üzerinde Yükseköğretim Kurulu tarafından hiçbir değişiklik yapılamayacağı için tezin bilgisayar ekranında görüntülendiğinde asıl nüsha ile aynı olması sorumluluğunun tarafıma ait olduğunu,
- Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- Bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu,

bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.



İlknur TANRIVERDİ

28/05/2018

NA- BENTONİTTEN NANOBENTONİT ELDESİ VE SPUD ÇAMURLARINDA
KULLANILABİLİRLİĞİ
(Yüksek Lisans Tezi)

İlknur TANRIVERDİ

İSKENDERUN TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
MÜHENDİSLİK VE FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Haziran 2018

ÖZET

Bu tez çalışmasının konusu, “Sodyum Bentonitten Nanobentonit Eldesi Ve Spud Tip Sondaj Çamurlarında Kullanılabilirliği” üzerinedir. Çalışma kapsamında Tokat-Reşadiye bölgesine ait farklı boyutlara indirgenmiş TSE EN ISO 13500 standardına uygun sondaj çamurlarında kullanılan sodyum bentonit kilinin sondaj çamurunda oluşturduğu etkiler incelenmiştir. Sodyum bentonit kili öğütme işlemine tabi tutularak ve üç farklı boyutta sodyum bentonit öğütülmüştür. Yapılan işlemler sonucunda sodyum bentonit 75 mikron altı, 25 mikron altı ve 1 mikron altı olarak 3 farklı boyutta öğütülmüştür. Üretilen farklı boyutlardaki bentonit kullanılarak İskenderun Teknik Üniversitesi Petrol ve Doğalgaz Mühendisliği Bölümü Sondaj Laboratuvarında sondaj çamur numuneleri hazırlanmıştır. Hazırlanan sondaj çamurlarının reolojik, filtrasyon ve kimyasal analizleri yapılarak tane boyutunun sondaj çamurunun özellikleri üzerindeki etkileri incelenmiştir.

Anahtar Kelimeler : Bentonit, nanobentonit, sondaj, sıvı kaybı çamuru, viskozite

Sayfa Adedi : 71

Danışman : Doç. Dr. Yasin ERDOĞAN

NA- BENTONITE PRODUCTION OF NANOBENTONIDE AND USABILITY IN SPUD
ROTATION

(M. Sc. Thesis)

İlknur TANRIVERDİ

ISKENDERUN TECHNICAL UNIVERSITY
ENGINEERING AND SCIENCE INSTITUTE

June 2018

ABSTRACT

The subject of this thesis is on "Availability of Sodium Bentonite in Nanobentonite Plant and Spud Type Drilling Mud". The effects of Tokat Reşadiye region sodium bentonite kiln used in drilling muds according to TSE EN ISO 13500 standard reduced to different sizes in drilling mud have been investigated. The sodium bentonite shaft was milled and milled with sodium bentonite in three different sizes. As a result of the operations carried out, sodium bentonite is milled in 3 different sizes, below 75 microns, below 25 microns and below 1 micron. Drilling sludge samples were prepared in the drilling laboratory of İskenderun Technical University Petroleum and Natural Gas Engineering Department using different sizes of bentonite produced. The rheological, filtration and chemical analyzes of the prepared drilling muds were carried out to investigate the effects of grain size on the characteristics of the drilling mud.

Key Words : Bentonite, nanobentonite, drilling, liquid loss slurry, viscosity
Page Number : 71
Supervisor : Assoc. Prof. Dr. Yasin ERDOĞAN

TEŞEKKÜR

Çalışmalarıma desteklerinden dolayı İşkenderun Teknik Üniversitesi Petrol ve Doğalgaz Mühendisliği Bölümü'ne ve Bölüm Başkanı Sn. Prof. Dr. Ergül YAŞAR'a saygı ve teőekkürlerimi sunarım.

Lisans ve Yüksek Lisans eğitimim boyunca katkılarıyla çalışmalarımda beni yönlendiren, sahip olduğu bilimsel ve kültürel birikimi ile hem kariyerimde hem de sosyal hayatımda desteğini esirgemeyen Danışman Hocam Doç. Dr. Yasin ERDOĞAN'a sonsuz saygı, teşekkür ve minnettarlığımı sunarım.

Çalışmalarımda desteğini esirgemeyen, maddi ve manevi olarak yardımını koşulsuz sağlayan, hayatım boyunca desteklerine muhtaç olduğum ve olacağım annem Zahide TANRIVERDİ ve babam Bayram TANRIVERDİ' ye sonsuz saygı, teşekkür ve minnettarlığımı sunarım.

Varlıklarıyla ve destekleriyle beni her zaman motive eden kardeşlerim Hayrettin TANRIVERDİ ve Hüseyin Doğan TANRIVERDİ' ye teşekkür ve minnettarlığımı sunarım.

Çalışmamın yürütölmesi esnasında bilimsel ve motivasyon desteğini her zaman hissettiğim dostum, İşkenderun Teknik Üniversitesi Araştırma Görevlisi Onur Eser KÖK' e saygı, teşekkür ve minnettarlığımı sunarım.

Her an desteğini hissettiğim, manevi emeğini asla esirgemeyen ve daima yardımcı olan Gamze GÖZTAŐ'a teőekkürlerimi sunarım.



TEKNOVERSİTE

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	iv
ABSTRACT.....	v
TEŞEKKÜR.....	vi
İÇİNDEKİLER.....	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	xiii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xv
RESİMLERİN LİSTESİ.....	xvii
HARİTALARIN LİSTESİ.....	xviii
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xix
1. GİRİŞ.....	1
2. NANOBİLİM VE NANOTEKNOLOJİ.....	4
2.1. Nanoyapıların Özellikleri ve Etkileri.....	4
2.2. Nanoteknoloji Uygulama Alanları.....	4
2.3. Türkiye’de Nanoteknoloji.....	5
3. BENTONİT VE MÜHENDİSLİK ÖZELLİKLERİ.....	6
3.1. Bentonitik Kil Minerali	6
3.1.1. Bentonitin minerolojisi.....	6
3.1.2. Bentonitin oluşumu.....	7
3.1.3. Tanımı ve genel yapısı.....	8
3.2. Montmorillonit Minerali.....	9
3.4. Bentonit Türleri.....	10
3.4.1. Sodyum bentonit.....	10

3.4.2. Kalsiyum bentonit.....	11
3.4.3. Ara tip bentonit.....	11
3.5. Bentonitin Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri.....	11
3.5.1. Şekli	11
3.5.6. Tane boyutu.....	11
3.5.2. Özgül ağırlığı.....	12
3.5.3. Şişme özelliği.....	12
3.5.5. Bentonitin süspansiyon ve jelleri.....	12
3.5.7. Plastisite.....	12
3.5.4. Viskozite.....	13
3.5.11. Katyon değiştirme kapasitesi (KDK).....	13
3.6. Bentonitin Aktivasyonu	14
3.7. Bentonitin Kullanım Alanları.....	14
3.7.1. Sondaj sektöründe kullanımı.....	15
3.7.2. Döküm ve paletlemede kullanımı.....	15
3.7.3. İnşaat sektöründe kullanımı.....	16
3.7.4. Boya sanayisinde kullanımı.....	16
3.7.5. Kağıt endüstrisinde kullanımı.....	16
3.7.6. Seramik sanayisinde kullanımı.....	16
3.7.7. Petrol rafinerilerinde kullanımı.....	16
3.7.8. Atık su yönetim sistemlerinde kullanımı.....	17
3.7.9. Gıda sektöründe kullanımı.....	17
3.7.10. Nem absorbanı olarak kullanımı.....	17
3.7.11. Çimento sanayisinde kullanımı.....	17

3.7.12. Lastik sanayisinde kullanımı.....	18
3.7.13. Besicilik sektöründe kullanımı.....	18
3.7.14. Sabun ve temizleyici üretiminde kullanımı.....	18
3.7.15. Gübre sanayisinde kullanımı.....	18
3.7.16. Yangın söndürücülerde kullanımı.....	18
3.7.17. İlaç ve kozmetik sektörlerinde kullanımı.....	19
4. SONDAJ ÇAMURU.....	20
4.1. Sondaj Çamuru Türleri.....	21
4.1.1. Spud çamuru.....	21
4.1.2. Lignosülfanat çamuru.....	21
4.1.3. Polimer çamuru.....	21
4.2. Sondaj Çamurunun Görevleri.....	22
4.2.1. Formasyon basıncının kontrolü.....	22
4.2.2. Kuyu dibinin temizliği.....	22
4.2.3. Kuyuyu kesinti ve yıkıntılardan temizleme.....	23
4.2.4. Sondaj dizisi ve matkabı soğutmak, yağlama.....	23
4.2.5. Sirkülasyon kesildiğinde anülüsteki kesintileri askıda tutma....	23
4.2.6. Yüzey hidrolik gücünü matkaba taşıma.....	23
4.2.7. Sondaj koruma borusu dizisi ağırlığının taşınmasına yardımcı olma.....	23
4.3. Sondaj Çamurunun Değerlendirmesi.....	23
4.3.1. Delme hızı.....	24
4.3.2. Kuyu stabilitesi.....	24
4.3.3. Formasyon değerlendirme.....	24
4.3.4. Üretken zonun kesilmesi.....	24

	Sayfa
4.3.5. Korozyon.....	24
4.3.6. Maliyet	25
5. MATERYAL ve METOT.....	26
5.1. Materyal.....	26
5.1.1. Kullanılan hammadde	26
5.1.2. Tokat-Reşadiye havzası.....	27
5.1.3. Kullanılan cihazlar.....	29
5.2. Metot.....	29
5.2.1. Öğütme işlemi.....	29
5.2.2. Yoğunluk tayini.....	29
5.2.3. Reolojik analizler.....	30
5.2.4. Kimyasal Analizler	32
6. ARAŞTIRMA ve BULGULAR.....	38
6.1. Öğütme İşlemi.....	40
6.2. Yoğunluk Tayini	40
6.3. Reolojik Analiz.....	40
6.3.1. Huni viskozitesi.....	40
6.3.2. Viskozite analizi.....	41
6.3.3. Jel mukavemeti.....	48
6.3.4. Sıvı kaybı.....	50
6.4. Kimyasal Analizler	51
6.4.1. pH ölçümü.....	51
6.4.2. Filtrat-çamur alkalinitesinin belirlenmesi.....	52
6.4.3. Klor (Cl - iyonu) miktarının belirlenmesi.....	56

	Sayfa
6.4.4. Toplam sertliğin belirlenmesi	58
6.4.5. Kalsiyum miktarının belirlenmesi.....	59
6.4.6. Magnezyum miktarının belirlenmesi	60
7. SONUÇLAR.....	62
KAYNAKLAR.....	64
ÖZGEÇMİŞ.....	70



ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 3.1. Bentonit türlerinin kimyasal bileşimlerinin dağılımı.....	10
Çizelge 4. 1. Sondajlarda kullanılan başlıca kimyasal türleri	23
Çizelge 5.1. Reşadiye Bentonit Numunesi Kimyasal Analiz Sonuçları.....	27
Çizelge 6.1. Hazırlanan sondaj çamurları için Marsh huni viskozitesi değerleri.....	37
Çizelge 6.2. Sondaj çamurlarının 600 rpm’ de okunan viskozimetre değerleri.....	38
Çizelge 6.3. Sondaj çamurlarının 300 rpm’ de okunan viskozimetre değerleri.....	39
Çizelge 6.4. Sondaj çamurlarının 200 rpm’ de okunan viskozimetre değerleri.....	40
Çizelge 6.5. Sondaj çamurlarının 100 rpm’ de okunan viskozimetre değerleri.....	41
Çizelge 6.6. Sondaj çamurlarının Görünür Viskozite (AV) değerleri.....	42
Çizelge 6.7. Sondaj çamurlarının Plastik Viskozite (PV) değerleri.....	43
Çizelge 6.8. Sondaj çamurlarının Akma Noktası (YP) değerleri.....	44
Çizelge 6.9. Sondaj çamurlarının 10 sn Jel Mukavemeti değerleri.....	45
Çizelge 6.10. Sondaj çamurlarının 10 dk Jel Mukavemeti değerleri.....	46
Çizelge 6.11. Sondaj çamurlarının Sıvı Kaybı değerleri.....	47
Çizelge 6.12. Sondaj çamurlarının ölçülen pH değerleri.....	49
Çizelge 6.13. Sondaj çamurlarından elde edilen filtratın Fenolftalein Alkalinitesi (Pf) değerleri.....	50
Çizelge 6.14. Sondaj çamurlarından elde edilen filtratın Metil Oranj Alkalinitesi (Mf) değerleri.....	51

Çizelge	Sayfa
Çizelge 6.15. Sondaj çamurlarının Fenolftalein Alkalinitesi (Pm) değerleri.....	52
Çizelge 6.16. Sondaj çamurlarının Klor (Cl ⁻) iyonu değerleri.....	53
Çizelge 6.17. Sondaj çamurlarının Klorür miktarı değerleri.....	54
Çizelge 6.18. Sondaj çamurlarının Toplam Sertlik değerleri.....	55
Çizelge 6.19. Sondaj çamurlarının içerdiği Kalsiyum miktarları.....	56
Çizelge 6.20. Sondaj çamurlarının içerdiği Magnezyum miktarları.....	57



ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 3.1. Montmorillonit minerali	9
Şekil 3.2. Montmorillonit kilinin katyon değiştirmesi.....	14
Şekil 5.1. Tokat ili maden haritası.....	28
Şekil 6.1. Na-Bentonit, Numune A (25 mikron) ve Numune B (25 mikron) numuneleri için deneysel çalışma iş akışı akış şeması.....	36
Şekil 6.2. Sondaj amurlarının Marsh Huni Viskoziteleri.....	38
Şekil 6.3. Sondaj amurlarının 600 rpm’de okunan viskozimetre değerleri.....	39
Şekil 6.4. Sondaj amurlarının 300 rpm’ de okunan viskozimetre değerleri.....	40
Şekil 6.5. Sondaj amurlarının 200 rpm’ de okunan viskozimetre değerleri.....	41
Şekil 6.6. Sondaj amurlarının 100 rpm’ de okunan viskozimetre değerleri.....	42
Şekil 6.7. Sondaj amurlarının Görünür Viskozite (AV) değerleri.....	43
Şekil 6.8. Sondaj amurlarının Plastik Viskozite (PV) değerleri.....	44
Şekil 6.9. Sondaj amurlarının Akma Noktası (YP) değerleri.....	45
Şekil 6.10. Sondaj amurlarının 10 sn Jel Mukavemeti değerleri.....	46
Şekil 6.11. Sondaj amurlarının 10 dk Jel Mukavemeti değerleri.....	47
Şekil 6.12. Sondaj amurlarının Sıvı Kaybı değerleri.....	48
Şekil 6.13. Sondaj amurlarının pH değerleri.....	49
Şekil 6.14. Sondaj amurlarından elde edilen filtratın Fenolftalein Alkalinitesi (Pf) değerleri	50
Şekil 6.15. Sondaj amurlarından elde edilen filtratın Metil Oranj Alkalinitesi (Mf)değerleri.....	51
Şekil 6.16. Sondaj amurlarının Fenolftalein Alkalinitesi (Pm) değerleri.....	52
Şekil 6.17. Sondaj amurlarının Klor (Cl ⁻) iyonu değerleri.....	53
Şekil 6.18. Sondaj amurlarının Klorür miktarı değerleri.....	54
Şekil 6.19. Sondaj amurlarının Toplam Sertlik değerleri.....	55
Şekil 6.20. Sondaj amurlarının içerdiği Kalsiyum miktarları.....	56
Şekil 6.21. Sondaj amurlarının içerdiği Magnezyum miktarları.....	57

RESİMLERİN LİSTESİ

Resim	Sayfa
Resim 3.1. Ham ve öğütölmüş bentonit.....	7
Resim 5.1. Tokat Reşadiye bölgesi uydu görüntüsü	26



1. GİRİŞ

Sınırlı yeraltı ve yerüstü kaynaklarının ekonomik olarak çıkartılması ve detaylı bir şekilde planlanması gerekmektedir. Bu kaynakların tespiti amacıyla yapılan en önemli mühendislik operasyonlardan birinin sondajlar olduğu bilinmektedir. Sondajlar oldukça maliyet içeren arama işlemlerindedir. Yeraltı kaynaklarının araştırılması, bulunması ve üretilmesi ile ilgili bütün faaliyetlerde önemli bir yere sahip olan sondajlar ise maliyet bakımından detaylı planlama gerektirmektedir.

Son yıllarda fosil yakıtları arama ve üretim aşamalarında oluşan yüksek maliyetlerin düşürülmesi için çalışmalar yapılmaktadır. Sondaj operasyonları ve kullanılan sondaj sıvıları petrol kazanımını artırmak, maliyetleri düşürmek ve zaman tasarrufu açısından oldukça önem arz eden aşamalardır (Nasser, 2013). Sondajların maliyetleri incelendiğinde yaklaşık sondaj maliyetinin %10-20 kadarını sondaj çamuru olarak adlandırılan akışkan oluşturmaktadır. Dolayısıyla sondaj çamurlarındaki maliyet azalmaları doğrudan sondaj maliyetlerini etkilemektedir. Günümüzde sondaj maliyetlerinin azaltılmasına yönelik çalışmalara önem verilmektedir.

Sondaj çamurlarının maliyeti ile doğrudan kullanılan katkı malzemeleri ile ilişkilidir. Kullanılan katkı malzemelerindeki azalmalar sondaj çamur maliyetlerini, bu sayede de sondaj maliyetlerini azaltmaktadır.

Sondaj çamurlarında kullanılan başlıca katkı malzemeleri bentonit, soda külü, kostik soda, yüksek ve düşük viskoziteli karboksimetil selüloz (CMC HV/LV), yüksek ve düşük viskoziteli polianyonik selüloz (PAC HV/LV), xanthan sakızı (XCD) ve kromsuz lignosülfonat (CFL) olarak sıralanabilir. Sondaj çamurlarının tarihçesi ve katkı malzemelerinin kullanım miktarları incelendiği zaman en temel ve önemli katkı malzemesi olarak bentonit ön plana çıkmaktadır.

Su-bentonit süspansiyonları birincil sondaj sıvılarıdır. Su-bentonit süspansiyonları petrol, gaz ve jeotermal sondajlarında büyük öneme sahiptir çünkü kırıntıların yüzeye

taşınması, matkap ucunun yaağlanması, formasyona hidrostatik basınç uygulaması, kuyu güvenliğinin sağlanması ve kuyu cidarında geçirimsiz bir kek oluşturarak sıvı kaybını en aza indirmek gibi birçok görevi vardır (Skalli ve diğ., 2006; Dardir, 2005; Abdou ve diğ.).

Günümüzde ileri teknolojinin hız kazanması ile birlikte malzeme biliminde de gelişmeler olmuş ve nano boyut kavramı ön plana çıkmıştır. Çok sayıda, farklı boyuttaki maddenin metrenin milyarda biri şeklinde ayrışmasıyla Nanoteknoloji ortaya çıkmıştır (Çıracı, 2005). Malzemenin boyutundaki değişiklik malzemenin özelliklerini de değiştirmektedir. Örneğin malzemenin iletkenliğinin malzeme boyutuyla değişebildiği görülmüştür. Nano boyutta malzemenin atomlar arası bağ yapısında da değişiklikler olduğu görülmüş, mekanik olarak malzeme güçlenmiştir (Yazıcı, 2005; Lines, 2008; www.nanoteknolojinedir.com, 17.12.2017'de erişildi; Ateş ve Bahçeci, 2015).

Enerji ile ilgili sektörlerde de nanoteknolojinin kullanılması ile birlikte sondaj sektörü ve bu sayede sondaj çamurunda da nanoteknolojinin kullanım ihtiyacı ortaya çıkmıştır. Sondaj çamurlarında kullanılan en önemli katkı malzemesi olan bentonitin nanoteknoloji ile geliştirilmesi ise hem verim hem de maliyet açısından fayda sağlamaktadır. Nanoteknoloji ile bentonit kilinin aktivasyonu sonucunda meydana gelen mineralojik değişimler sadece sondaj sektöründe değil bentonitin kullanıldığı birçok alanı da dolaylı yoldan etkilemektedir.

Bu çalışma nano boyuta indirgenmiş bentonit kilinin, reolojik ve kimyasal analizlerinin yapılmasını, yapılan analizlerin yorumlanmasını sondaj çamurlarında kullanımının araştırılmasını içermektedir. Çalışmalarda kullanılan TSE EN ISO 13500 standardına uygun sondaj çamurlarında kullanılan sodyum bentonit kili numunesi Samaş Sanayi Madenleri A.Ş. (Reşadiye Tokat)'den tedarik edilmiştir.

Çalışma kapsamında hammadde olarak Tokat Reşadiye bölgesine Na-bentonit kullanılmıştır. Kullanılan bentonit API Spec. 13A standardına uygundur. Na-Bentonit kili standartta belirtilen 75 mikron boyutundan 25 mikron ve 1 mikron altı nano tanecik

boyutuna öğütülerek indirgenmiştir. Yapılan işlem sonucunda API Spec 13A standardında belirtilen 75 mikron boyutundaki bentonit “Na- Bentonit”, 25 mikron boyutundaki bentonit “Numune A” ve 1 mikron altındaki bentonit “Numune B” olarak adlandırılmıştır. Elde edilen farklı tane boyutlarındaki bentonit numuneleri ile sondaj çamurları hazırlanmıştır. Hazırlanan çamurlar ile, Huni viskozitesi, Görünür Viskozite, Plastik Viskozite, Akma Noktası, Sıvı Kaybı, Jel Mukavemeti, pH Ölçümü, Filtrat-Çamur Alkalinitesinin Belirlenmesi, Klor (Cl⁻ İyonu) Miktarının Belirlenmesi, Toplam Sertliğin Belirlenmesi, Kalsiyum Miktarının Belirlenmesi, Magnezyum Miktarının Belirlenmesi, deneyleri yapılmıştır. Yapılan deneysel çalışmaların sonucunda elde edilen bilgiler tezin Araştırma ve Bulgular kısmında grafikleri çizilerek ayrıntılı olarak verilmiştir.

Tüm bu çalışmaların sonucunda elde edilen veriler tane boyutunun küçülmesi ile tanecik yüzey alanı artışı için nano boyutta bentonitin 75 mikron boyutlu Na-bentonitten daha iyi reolojik ve fiziksel özellikler sağladığını göstermiştir.

2. NANOBİLİM VE NANOTEKNOLOJİ

“Nano” terimi, metrenin bir milyarda biri anlamına gelir. Moleküler haldeki malzemeler ile nano boyuttaki malzemeler farklı özelliklere sahip olabilmektedir. Nanometre boyutlarında malzeme daha işlevsel, daha mukavemetli olabilmekte ve daha hızlı işlem yapabilmektedir, buna karşılık daha az enerji harcayıp daha az yer kaplamaktadır. Nano parçacıklar için yüzey davranışı, kütle malzeme davranışlarını baskıladığı için, kompozit malzemelerde kullanımı ağırlığı düşürürken daha yüksek sertlik sağlayabilir, kimyasal ve termal dayanıklılıklarını arttırabilir. Nanoteknoloji nano boyuttaki bilimi, mühendisliği ve teknolojiyi kapsayarak maddenin bu boyut ölçeğinde görüntüleme tekniğini, ölçümünü, modellenmesini ve manipülasyonunu içermektedir. Nanoteknoloji ile daha az hammadde ve enerji kullanarak işlevi artırılmış maddeler, daha hafif ve daha hızlı cihazlar üretilmektedir (Sharifzadeh, 2006; Toprakezer, 2009; Moslemizadeh et al., 2015).

2.1. Nanoteknoloji Uygulama Alanları

Nano yapılara eklenen her yeni atom cinsine, yapının geometrisine ve yapısında bağlı olarak yapının fiziksel özelliklerinde değişiklikler oluşturmaktadır. Bu durum teknolojinin artan taleplerini karşılayabilmek için nano boyutlardaki çalışmalara ağırlık verilmesini sağlamıştır (Wilson ve diğ., 2000; Abdou et al., 2013).

Nano malzemeler sağladıkları özellikler dolayısı ile birçok alanda kullanılmaktadır. Bunlar; AIDS, kanser ve diyabet gibi hastalıkları tedavi sinde, ucuz, çevre dostu verimli enerji kaynakları ortaya çıkarılmasında, iş göremez hale gelmiş organların yerine yeni organlar büyütülmesinde, çevresel kirlenmeyle yaşayan dünyayı daha temiz bir hale getirilmesinde, bakteriden daha küçük nano bilgisayarlar üretilmesinde, binlerce kitap bir küp şekerin içine depolanabilmesinde, çelikten 100 kat daha dayanıklı, esnek betonlar yapılabilmesinde, biyolojik silah yoluyla gönderilen bakterileri yok edilmesinde, savunma sanayinden sağlık sektörüne, tekstilden otomotiv sektörüne kadar pek çok üretim alanı olarak sıralanabilir (İnternet b, 09.03.2018’ de erişildi).

2.2. Türkiye’de Nanoteknoloji

“Ülkemizde nanoteknoloji araştırmalarının çoğu kuramsal ve bireysel düzeyde. Avrupa Birliğinin 6. Çerçeve Programı sayesinde nanoteknoloji araştırmalarımız yeniden yapılanma ve ivme kazanmış bulunuyor. Bu arada nanoteknoloji, TÜBİTAK tarafından hazırlanan Vizyon 2023 Programı’na öncelikli alanlardan biri olarak alınmış bulunuyor” (Çıracı,2005).

Türkiye’de kısa ve uzun vadede katkı sağlayacak olan alanlar belirlenerek bu alanlar için gerekli finansman ve destekler yoğunlaştırılmalıdır. Benzer şekilde nanoteknolojide hızla yol alınabilmesi ve araştırma sonuçlarının hızla rekabet edilebilecek alanlarda sanayi ürünlerine dönüştürülmesi ve dış pazarlara taşınması hem ülke ekonomisine önemli bir katkı yapacak hem de yeni çalışmaların finansmanını teşvik edecektir (TÜSİAD, 2008; Toprakezer, 2009).

3. BENTONİT VE MÜHENDİSLİK ÖZELLİKLERİ

Bu kısımda; montmorillonit ve bentonitik kil minerali, bentonit yatakları bentonit türleri, bentonitin fiziksel ve kimyasal özellikleri, bentonitin aktivasyonu ve bentonit yatakları hakkında bilgi verilmiştir.

3.1. Bentonitik Kil Minerali

Bentonit yoğun oranda montmorillonit minerali içeren bir kil grubudur. Bu kısımda bentonitik kil minerali yapısal jeolojik ve minerolojik açıdan incelenmiştir.



Resim 3.1. Ham ve öğütülmüş bentonit (Benkar, 2017).

3.1.1. Bentonitin minerolojisi

Bentonit, yoğun miktarda montmorillonit mineralinden oluşmaktadır. Bentonitin iyi bir sondaj çamuru yapımında kullanılması için seçilmesini sağlayan özellikleri, bu kil minerali ona vermektedir. Montmorillonit ise smektit grubudur. Montmorillonit 2:1 şeklinde katman yapısına sahiptir. İki tetrahedral tabaka arasına bir oktahedral tabakanın girmesi ile oluşmaktadır. Tabakalar arası zayıf Van der Waals bağları olduğundan dolayı su molekülleri bu tabakalar arasına kolaylıkla girerek tabakaların birbirinden ayrılmasını sağlayabilmektedir. Bu durum killerin şişmesi olarak isimlendirilir. (Dumlupınar, 2008; Kök, 2017). Genel olarak kil minerallerinin çoğunluğu Si-O (silika) tetrahedral dizilişi ve

Al-O-OH (gibsit) oktahedral dizilişii şeklinde iki temel kristal yapı ünitesinin üst üste gelmesi ile oluşur (Shah et all., 2017).

Her bir tetrahedral dizilişte dört oksijen atomundan üçü komşu tetrahedral tarafından paylaşılır. Dördüncü oksijen atomu ise yukarıya veya aşağıya yönelmiştir. Si-O tetrahedral yapıdaki oksijen atomları, aralarında bir silisyum atomu bulunan düzgün dörtyüzlünün köşelerine yerleşmişlerdir. Bir yapraktaki tüm terahedraların tabanları aynı yöne yönelmiştir ve hegzagonal bir örgü görünümündedir (Braja Das, 1983; Cerit, 2013; Au and Leong, 2013; Vipulanandan and Mohammed, 2015).

3.1.2. Bentonitin oluşumu

Yüksek zeolitik özelliğe sahip çok çeşitli kil ve kilce baskın özellikle dioktahedral simektitler. Bentonitler içinde bol camsı gereç bulunan volkanik tuf, kül ve lavların ayrışması ile oluşmuştur (Velde, 1992). Bentonit, çoğunlukla yapısında küçük kristaller içeren montmorillonit olmak üzere kil minerallerinden oluşan çokça su emip şişen, iyonlaşma kapasitesi yüksek, sondaj çamuru, katalist, boya, plastik, dolgu vb. konularda kullanılan toprağımsı bir madendir (www.mta.gov.tr 15.03.2018' de erişildi). Bentonit bazen beyaz, açık mavi veya yeşil olabilir. Bu renkler ilerleyen zamanla birlikte sarı, kırmızı veya kahverengine dönüşebilir.

İçerdiği yoğun miktarda camsı gerecin duraysız oluşu onun hidroliz yoluyla Montmorillonite dönüşmesine neden olurken yan ürün olarak ortaya zeolit, silisyumdioksit ve eriyik halinde metal iyonları çıkar (Akbulut,1996; Abdu-Jdayil; 2011) .

Bentonitler kaynak kayacın bileşimine bağlı olarak sodyum, kalsiyum ve potasyum montmorillonitleri şeklinde oluşurlar. En yaygın olarak kalsiyum bentonitlerin bulunması, kalsiyum sodyum ve potasyumu ornatılmış olabileceğine bağlanmaktadır. Kalsiyumun baskın olduğu çoğu hallerde bentonitte değişebilir iyon olarak az miktarda magnezyum bulunur (Akbulut,1996; Orhun, 2006).

3.1.3. Tanımı ve genel yapısı

İlk defa A.B.D.'de Wyoming'de Fort Benton yakınındaki Kretase yaşlı yüksek koloidal özellikli plastik killer için 1898 yılında 'bentonit' adı kullanılmıştır. Bentonitler, esas minerali montmorillonit olan killer (montmorillonit miktarı en az %75 civarında) için yaygın ve ticari olarak kullanılan bir terim olup yumuşak koloidal özellikli bir alüminyum hidrosilikattır. Bentonit montmorillonitin haricinde hektorit, nantronit ve saponit de içermektedir (Kocakuşak ve diğ., 1997). Tabakalar arasına giren su molekülleri ile şişebilen, asitle aktiflendirilebilen, sondaj çamur viskozitesini artıran, iyon değiştirme özelliğine sahip ve geniş yüzey alanı gösteren ticari bir kil türüdür (İpekoğlu ve diğ., 1997). TS 5360 (Nisan 1996)'a göre ise, bentonit; volkanik tüf ve küllerin bozuşması sonucunda meydana gelen içerisinde bol miktarda montmorillonit $(\text{Na,Ca})_{0.8}(\text{Al,Fe,Mg})_4\text{Si}_8\text{O}_{20}(\text{OH})_4.n\text{H}_2\text{O}$ bulunan, yoğunluğu $2.2-2.7 \text{ gr/cm}^3$ olan, su emerek şişme özelliği gösteren ve yüksek plastisiteye sahip olan doğal bir kildir (Patterson ve Murray, 1983; Mohammed, 2017; Gong et al., 2016; Choo and Bai, 2015).

Beyaz, gri, kahverengi, krem rengi, pembe ve hatta siyah gibi çok çeşitli renklerde gözlenebilen bentonitin iyon (katyon) değiştirme kapasitesi oldukça yüksektir (Alexander, 1996).

Bentonitin endüstriyel kullanımlar için fiziksel özellikleri kimyasal bileşiminden daha önemlidir. Ticari bentonitler, sülfirik aside karşı gösterdikleri reaksiyona göre dört guba ayrılırlar:

Alkali Bentonit:

Asit ile muamelede özelliklerini kaybetmeyen ve kolayca değiştirilen alkali bazları içeren bentonitler.

Yarı Alkali Bentonit:

Yer değiştirelebilen alkali bazlar içerir, asitle muamele edildiğinde orijinal özelliklerini yitirir.

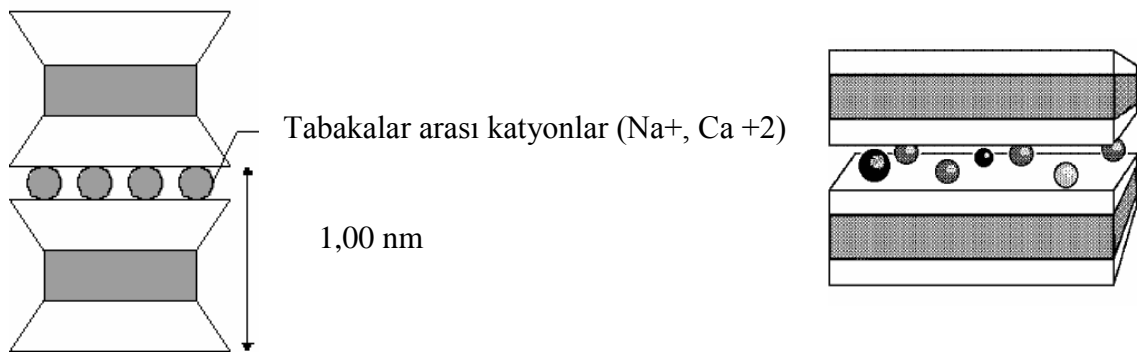
Toprak Alkali Bentonit: Yer değiştiren toprak alkali baz içerir, alkali tuz muamelesi ile alkali bentonit özelliği kazanabilir.

Yarı Toprak Alkali Bentonit: Asitle muamele edildikten sonra alkali bentonit özelliği kazanmayan bentonittir (Malayoğlu ve Akar, 1995).

Bentonitler; asit, baz, tuz ve çeşitli organik maddelerle etkileştirilerek özellikleri daha da geliştirilebilmektedir. Bentonitlerin organik maddelerle etkileşimi sonucunda mineral katmanları arasına büyük organik moleküller girmekte; katmanlar arasındaki uzaklık artmakta ve bentonitin absorplama ve reolijik özellikleri büyük ölçüde değişmektedir (Yıldız, 2004; Kumar et al., 2014).

3.2. Montmorillonit Minerali

Montmorillonit, 2:1 katmanlı fillosilikatlar grubundaki dioktahedrik smektitler arasında yer almaktadır. (Yaylalı ve diğ.,2001). Birim hücreler birbirine zayıf Van der Waals bağları ile bağlıdır bu nedenle bağlar koptuğunda elde kaygan bir his bırakır. Montmorillonit içeren killer yüksek plastiklik özelliğine sahiptir. Montmorillonit mineralleri üç tabakalı bir yapı gösterirler ve bu onların karakteristik özelliğidir. Su ve organik moleküller mevcut bu tabakalar arasına girerek yapının genişmesine neden olurlar. Bu özellik killerin şişmesi olarak tanımlanırlar. Tabakalar arasındaki değişebilen iyonlar değişik empürütelerin varlığı kilin değişik karakteristik özelliklerini belirler (Küçükçelebi ve diğ.,2000; Vatansever, 2009; Malayoğlu ve Akar, 1995; Huang et al., 2016; Dardir et al., 2018). Montmorillonit minerali tabakalanması Şekil 3.1.' de verilmiştir.



Şekil 3.1. Montmorillonit minerali (Vatansever, 2009).

Montmorillonit içeren killerin en büyük özelliği tabakalar arasına girebilen su ve minerallerin etkisiyle şişerek o yönde genişleme göstermesidir (Yaylalı ve diğ.,2001; Boussen et all., 2015).

3.4. Bentonit Türleri

Ca, Na ve Na- Ca montmorillonitlerden oluşmasına göre bentonitin jeolojik özellikleri değişmektedir. Bentonit içerdiği mineraller bakımından Sodyum Bentonit, Kalsiyum Bentonit ve Ara Tip Bentonit olmak üzere üç temel başlığa ayrılmaktadır (Ertürk, 2006, Kök 2007; De Windt at all, 2014). Bu üç grubun kimyasal bileşen bakımından dağılımı ise Çizelge 3.1.'de gösterilmiştir.

Çizelge 3.1. Bentonit türlerinin kimyasal bileşimlerinin dağılımı (Ece ve Yüce, 2002).

Bileşen (%)	Na-bentonit	Ca-bentonit	Ara tip Bentonit
SiO ₂	64	59	62
Al ₂ O ₃	21	19.7	15.9
Fe ₂ O ₃	3.5	5.9	3.0
MgO	2.3	5.5	2.6
CaO	0.5	1.7	4.5
Na ₂ O	2.6	0.2	2.0
K ₂ O	0.4	0.2	1.0

3.4.1. Sodyum bentonit

Bentonit türleri arasında en çok kullanılan türdür. Sodyum iyonu bakımından zengin olan bentonit türüdür. Diğer bentonit türleri ile kıyaslandığında suda şişme özelliği en yüksek olan bentonit türüdür. Su ile hacminin 10-15 katı kadar hacme ulaşabilir. Su ile karıştırıldığında koloidal özellik göstermesi su ve bazı organik sıvı ortamda ortamda hacimce şişmesi, yüksek poroziteye haiz olması, bu killere çok geniş kullanım sağlamaktadır (Çinku ve Bilge, 2001; Yıldız, 2004). Sondaj sektöründe ve döküm sanayiinde en sık kullanılan bentonit türüdür (Gültekin, 2002).

3.4.2. Kalsiyum bentonit

Bu tür bentonitlerde tabakalar arasında değişebilen iyonlarda kalsiyum mevcuttur Fiziksel özellikleri genellikle Sodyum bentonitle aynıdır. Şişme kapasitesinin artırılması için Na_2CO_3 ile aktivasyonu sağlanarak Na/Ca iyonlarının yer değiştirmesi sağlanabilir (Ece ve Yüce, 2002).

Sodyum bentonitlerin sulu ortamda yüksek şişme kapasitesi sağlamasına rağmen, kalsiyum bentonitler su ile ancak hacimlerinin 3-5 katı kadar şişebilmektedir. Kalsiyum bentonitler beyaz, gri, sarı, pembe veya yeşil renkli olabilir (Ece ve Yüce, 2002).

3.4.3. Karma tip bentonit

Sodyum ve kalsiyum iyonlarının beraber bulunduğu bentonitler karma tip veya ara tip bentonitler olarak adlandırılır. Ağır metal ve iyonları kendisine çekme özelliği vardır. Bu nedenle gıda ve kozmetik sektörlerinde yoğun olarak kullanılmaktadır (Akbulut, 1996; Kök, 20017).

3.5. Bentonitin Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri

Bu kısımda bentonitin fiziksel ve kimyasal özellikleri verilmiştir.

3.5.1. Şekli

Bentonit işlem görmemiş hali ile yumuşaktır ve poroz, kaolin kıvamında bir kayadır. Elde yumuşak ve yağlı his bırakır. Kırılgan özelliktedir. Alkalin jel haline getirilebilir (Eruslu, 1993).

3.5.2. Tane boyutu

Bentonit taneleri boyut açısından değerlendirildiğinde oldukça incedir. Kolloidal süspansiyonların meydana gelmesinde taneciklerin incelik ve hassasiyeti önemli rol oynamaktadır (Eruslu, 1991).

3.5.3. Özgül ağırlığı

Bentonitin kuru halde iken özgül ağırlığı, 2,6-2,7 gr/cm³ arasındır. Bu rakam bentonitin kökenine ve kalitesine göre değişiklik göstermektedir. Bentonit yüksek porozlu yapısından dolayı toz haline getirilen benzeri ürünlerdeyse, hissedilecek kadar düşer (Kahya, 1988).

3.5.4. Şişme özelliği

Bentonitin kendi hacim ve ağırlığının birçok katı kadar suyu emmesidir. Kendi hacimlerinin 10 veya 30 katı kadar şişen bentonitlerin kazandığı plastik şekil bentonitin sondaj çamururunda kullanılma nedenidir. Suyun silikat düzlemleri arasındaki bentonit kütlesine nüfuz etmesi ile genişleyen hacim şişmeyi sağlar. Bentonit türleri arasında şişme özelliği en yüksek olan Sodyum bentonittir, Kalsiyum ve karma tip bentonitlerin şişme kapasitesi daha düşüktür. Bentonitin koloidal özelliği, su ve bazı organik sıvılar ile aynı ortamda hacimce yüksek şişmesi özelliğine sahip olması birçok alanda kullanılmasını sağlamaktadır (Yıldız,2004; Kocakuşak ve diğ., 1997).

3.5.5. Bentonitin süspansiyon ve jelleri

Bentonitin partikül ve moleküllerin son derece ince yapıları ve (-) elektrik yükleri nedeniyle su içinde yüzen tanecikler birbirlerini iterek devamlı hareket ile koloidal süspansiyonlarındaki dengeyi sağlarlar (Kahya, 1988). Bu nedenle bentonit organik sıvılarda (alkol, aseton, benzen, vb.) süspansiyon yapmaz ve şişmez. Bentonitin ilk hacmi ile (suya değmeden önceki) son hacmi arasındaki ilişki ve orantı bentonitin şişme ölçüsünü vermektedir (Eruslu, 1991; Ahmadi et al., 2015).

3.5.6. Plastisite

“Plastik limit” plastik özelliklerin görülebilmesi için gerekli olan su miktarıdır ve “likid limit” ise plastik durumda olan kilin akışa geçebilmesi için emilen su miktarıdır. “Plastiklik indeksi” ise likit limit ile plastik limit arasındaki fark olarak tanımlanır (Akbulut, 1996).

Sodyum bentonitler yüksek plastik indeksleri nedeniyle sıkıştırılma, yırtılma dayanımı gibi konularda sorun yaratmaktadır. Killerin minerolojik bileşimleri ve yüzey kimyası özellikleri, plastisite özelliğini doğrudan etkilemektedir. Aktivite, bentonit kilinin plastik indeksi ile 2 mikrondan küçük bölümünün kuru ağırlık %'sine oranı olarak tanımlanır. Aktivite değeri bazı Ca bentonitler için 1.20-1.34 değerleri arasında iken; Na bentonitler için 3.14-7.09 değerleri arasındadır (Orhun, 2006; Vatansever, 2009).

3.5.7. Viskozite

Viskozite; sıvının akmaya karşı gösterdiği iç direnç olarak tanımlanır. Farklı yoğunlukardaki süspansiyonların farklı devirlerde ölçülen kayma gerilmeleri viskozite değerlerini vermektedir (Orhun, 2006).

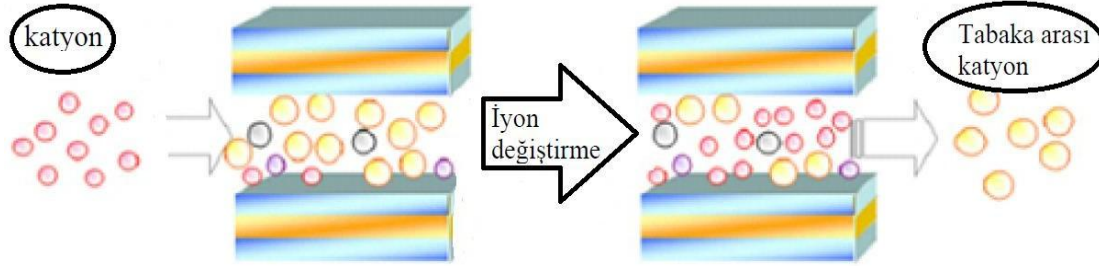
Viskozite basınçla artar, sıcaklıkla azalır. Birimi santipuz (cp)'dir (Avcı, 2009).

Na-Bentonitte saflığa ve karıştırmaya bağlı olarak askıda kalma uzun süreli olurken, Ca-Bentonit karıştırma bittikten sonra suda çökmektedir. Na-Bentonitin suda bu şekilde dağılması sonucunda tiksotropi özelliği ortaya çıkmaktadır. Görünür viskozite değerleri sulu süspansiyonlarla zamanla artarken, karışım ile birlikte hızla azalır. Bentonitin şişme özelliği viskozite değerini arttıran bir diğer faktördür (Akbulut, 1996; Yıldız, 2004; Vatansever, 2009; vipulanandan and Mohammed, 2015; www.triz-journal.com 25.04.2018'de erişildi).

3.5.8. Katyon değişirme kapasitesi (KDK)

Katyon değişim kapasitesi; 100 gr kildeki milieşdeğer Na_2O miktarı olarak ifade edilir. Katyon değişirme kapasitesi, kil minerallerinin endüstriyel kullanımları ile ilgili en önemli parametrelerden birisidir. Mineralin 100 gramının yapısında bulunan değişebilir toplam katyonlarının eşdeğer kütle sayısı (MEG) kilin katyon değişirme kapasitesini belirlemektedir. Killerde bulunan H^+ , Na^+ , Ca^{+2} ve Mg^{+2} iyonları değişebilir katyonlardır. Bentonitlerin katyon değişirme kapasiteleri ile bunların hızları, bentonit türüne, iyon değişirme ortamının koşullarına ve tane boyut dağılımına bağlıdır (İpekoğlu, 1997; Yıldız, 2004; Avcı, 2009).

Montmorillonit mineralinin katmanları arasına yerleşen Al^{+3} iyonu tetrahedral katmanındaki Si^{+4} iyonunun yerini, Mg^{+2} , Fe^{+2} , Zn^{+2} ve Li^{+} iyonları ise oktahedral katmanında ise Al^{+3} iyonunun yerini alabilmektedir. Bu kation transferi Oktahedral dizilimde oluşan kation değişimi tetrahedral dizilimden çok daha fazladır (Chimeddorj, 2007; Sultana et all., 2017). Şekil 3.2.' de kation değişim kapasitesi verilmiştir.



Şekil 3.2. Montmorillonit kilinin kation değişirmesi (Chimeddorj, 2007).

3.6. Bentonitin Aktivasyonu

Kullanım alanları birbirinden oldukça farklı olan bentonitin bu çeşitlilikten dolayı alanına uygun olarak tabi tutulduğu bazı teknolojik işlemler vardır. Yapılan bu işlemler bentonitin kullanım alanlarını artırmaya devam etmektedir.

Bentonit üzerine yapılan iyileştirmeler şunlardır:

- Karboksimetil selüloz (CMC) ile aktivasyonu
- Yüzey aktif maddeler ve diğer bileşiklerle aktivasyonu
- Alkali aktivasyonu
- Asit aktivasyonu
- Organik aktivasyonu (Avcı, 2009)

3.7. Bentonitin Kullanım Alanları

Bentonit su tutma kapasitesi ve bağlayıcılık özelliklerinden dolayı geniş kullanım alanlarına sahiptir. Bentonitin kullanım alanlarının belirlenmesinde şişme özelliği, tixotropi, viskozite, boyut ve şekil gibi fiziksel özellikleri önemli olmaktadır.

3.7.1. Sondaj sektöründe kullanımı

Sondaj sektörü ülkemizdeki bentonit tüketiminin yaklaşık %40'ını kapsamaktadır. Petrol, doğalgaz, jeotermal ve karotlu maden sondajlarında dizinin korozyondan korunması, matkabın formasyon ile temasından oluşan sürtünmelerin yarattığı ısının düşürülmesi, rotasyondan dolayı takım dizisi ve matkap aşınmalarının azaltılması, vibrasyonu önlemek, zeminde oluşan sediman ve kırıntıların yüzeye taşınması, takım sıkışmalarını önlemek, geçilen formasyonların yıkılarak anülüse göçmesine engel olmak gibi görevleri nedeni ile sondaj çamurunda kullanılmaktadır.

Sondaj sektöründe kullanılan bentonitler su ile yüksek şişme özelliği sağlayan sodyum bentonitlerdir (Çinku, 1999, Kök 2017).

3.7.2. Döküm ve paletleme

Bentonit döküm sanayisinde kalıp malzemesi olarak kullanılan döküm kumlarına bağlayıcılık özelliği kazandırdığı için %50 oranlarına kadar eklenerek kullanılır. Yüksek bağlayıcılık özelliği ve kalıp kumlarına katıldığında sağladığı gaz geçirgenliği özelliği döküm sektöründe kullanılmasının başlıca etmenlerindedir. Türk Standartları Enstitüsünün TS-5360 standardı döküm kumu bentonitleri için kullanılmaktadır (Avcı, 2009).

3.7.3. İnşaat sektöründe kullanımı

İnşaat sektöründe bentonitin absorpsiyon ve jelleşme özelliklerinden faydalanılmaktadır. İnce taneli, yüksek plastisite ve tiksotropi özelliği taşıyan bentonitler özellikle inşaat sektöründe tercih edilmektedir. Hidrasyon ve tiksotropi özelliklerinden dolayı baraj yapılırken su kaçaklarını önlemede ve yalıtımda bentonitten yararlanır (Chimeddorj, 2007; Avcı 2009).

3.7.4. Boya sanayisinde kullanımı

Sodyum bentonitler boya sanayisinde yoğun olarak tercih edilmektedir. Bunun nedeni sodyum bentonitlerin yüksek oranda süspansiyon yapmasıdır (Akbulut; 1996, Rheox; 1997; Kök, 2017).

3.7.5. Kağıt endüstrisinde kullanımı

Bentonit kağıt sektöründe ince taneli olma özelliği zararı olmadan dolgu maddesi olarak kullanılabilir. Bentonit mürekkep çekme işleminde kullanılmaktadır. Bu işlem için bentonitin; emülsiyonlaştırma özelliği ve adsorpsiyon gücü, negatif (-) yüklü olması nedeni ile pozitif (+) yüklü karbonu elektriksel kuvvetleri çekmesinden oluşmaktadır (Grim; 1978).

3.7.6. Seramik sanayisinde kullanımı

Yüksek bağlayıcı özelliği gösteren bentonitler seramik sanayinde seramik hamurunun plastisitesini artırmak için kullanılmaktadır. Bentonit seramiklere şekil vermeyi kolaylaştırmaktadır. Bentonitin sahip olduğu yüksek bağlayıcılık özelliği, hacimce 25 değerinin 10'dan büyük olması, %5 MgO içermesi, piştikten sonra renginin beyaz olmasıdır (Çinku, 1996; Avcı, 2009).

3.7.7. Petrol rafinelerinde kullanımı

American Petroleum Institute (API) sınıflandırmasına göre ağır ham petrol sınıfında olan ham petrol fraksiyonlarının katalitik olarak parçalanma proseslerinde bentonitlerin kullanılması büyük önem taşımaktadır.

Bentonitin ağır petrol ürünlerinin parçalanarak hafif (ince) petrol ürünlerinin elde edilmesinde kataliz olarak kullanılması asitle aktivasyonu sağlar (Gücer, 1992; Akbulut, 1996; Kök 2017).

3.7.8. Atık su yönetim sistemlerinde kullanımı

Kalsiyum iyonu zengin kalsiyum bentonitler atık su yönetim sistemlerinde sodyum bentonitlere kıyasla daha fazla tercih edilmektedir (Çinku, 1999).

3.7.9. Gıda sektöründe kullanımı

Bentonit gıda sektöründe temelde iki amaçla kullanılır. Bunlar; ağartıcı olarak yağ sanayisinde kullanımı ve berraklaştırma işlemlerinde tortu azaltma amaçlı kullanımınıdır. Bu işlemlerin yanı sıra Aflatoksin M1 isimli sütlerde bulunabilen kanserojen maddenin uzaklaştırılması için ve bayatlamayı geciktirmek için çok düşük oranda unlu gıdalarda da kullanılmaktadır (Avcı, 2009; Kök, 2017).

3.7.10. Nem absorbanı olarak kullanımı

Bentonitin nem absorbanı olarak kullanılmasının temel nedeni yüksek nem tutma özelliğinin olmasıdır. En çok tercih edilen bentonit türü ise kalsiyum bentonittir. Bunun yanında ekonomik olması da kullanımında etkindir. Özellikle taşınması sırasında nemsiz ortam gerektiren makine ve yedek parçaları, elektrik devreleri, askeri ekipmanlar, elektronik eşyalar, spor malzemeleri, tıbbi malzemeler ve deri ürünleri gibi malzemelerin paketlerinde nem kontrolü amacıyla ve kedi kumunda kullanılır. Bu alanlarda kullanılan bentonitin düşük demir içerikli ve en fazla %5 oranında magnezyum oksit (MgO) içermesi gerekmektedir (Avcı, 2009; Kök, 2017).

3.7.11. Çimento sanayisinde kullanımı

Plastisite özelliği sayesinde bentonit harç ve betona katılmaktadır. Böylece malzemenin işlenmesi kolaylaşmaktadır. Bentonit katkısı kum ve çakılların ayrılmasını sağladığı için daha dayanıklı betonlar oluşturmaktadır (Akbulut, 1996).

3.7.12. Lastik sanayisinde kullanımı

Tanecik boyutu 70 mikronun altında olan bentonitler süspansiyonlarında ile sağladıkları yüksek tiksotropi özelliği dolayısıyla Lastik sanayisinde dolgu malzemesi olarak kullanılmaktadır. Bu alanda kullanılan bentonitin yüksek saflıkta olması, düşük rutubet sağlaması beklenmektedir (Akbulut, 1996; Avcı, 2009).

3.7.13. Besicilik sektöründe kullanımı

Kümes hayvanlarının daha sağlıklı yumurta vermesini ve daha hızlı büyümesini sağlamak amacıyla yem katkı malzemesi olarak bentonit kullanılmaktadır (Çetinel, 2008; Kök, 2017).

3.7.14. Sabun ve temizleyici üretiminde kullanımı

Sabun ve kumaş temizleyicilerde kullanılan bentonit yağların etrafını sardığı için temizleyici etki gösterir (Akbulut, 1996).

3.7.15. Gübre sanayisinde kullanımı

Su ile yüksek şişme kapasitesine sahip olan bentonit bitki gübresinde kullanıldığında gübrenin rutubetini uzun süre korumasını sağlamaktadır. Bunun yanında gübre içerisinde bulunan minerallerin etrafını sararak uzun süre tutulmasını sağlamaktadır (Vatansever, 2009).

3.7.16. Yangın söndürücülerde kullanımı

Yüksek su emme kapasitesi bentonitin yangın söndürme alanında da kullanımına olanak sağlamaktadır. Bentonit yanan bölgenin hava ile temasını kesmek amacıyla kullanılır. Kullanım esnasında bentonit süspansiyon haline getirilerek yanan bölgeye havadan püskürtülür (Akbulut, 1996).

3.7.17. İlaç ve kozmetik sektörlerinde kullanımı

Baryum sülfatı süspansiyonda tutmak için kullanılan önemli katkı maddelerinden biri bentonittir. İlaç sektöründe ilaçların seyreltilmesinde ve merhemlerde dolgu malzemesi olarak kullanılır. Bentonit yapışkan halinden dolayı öğütülmesi güç olan birçok ilaç hammaddesi için de öğütmeyi kolaylaştırmak amacıyla katkı malzemesi olarak (Çetinel, 2008, Kök 2017).

Bentonit ile temizleyici, yüksek plastisiteli, iyileştirici etkisi olan sıvıların süspansiyonları kolloidal özellik gösterir. Bu nedenle derideki gözeneklerde bulunan rutubeti, tuz taneciklerini sararak temizleme özelliğine sahiptir. Bu durum bentonitin kozmetik sektöründe kullanımını sağlamaktadır (Çetinel, 2008).



4. SONDAJ ÇAMURU

Sondaj çamuru tüm sondaj türlerinde (Rotary, karotlu vs.) ilerleme esnasında ortaya çıkan gereksinimleri karşılamak amacıyla kullanılan sıvıya verilen addır. Bu tanım, sondaj operasyonlarında sirkülasyon sıvısı olmaksızın sondajın yapılamayacağını önemine dikkat çekmektedir (Caenn, 2017). Sondaj operasyonlarının en önemli unsurlarından biridir. Günümüzde yapılan tüm sondaj operasyonlarında sondaj çamuru (sirkülasyon sıvısı) olmaksızın sağlıklı ilerlemenin yapılması mümkün görülmemektedir. Sondaj çamuru reolojik ve kimyasal özellikleri bakımından oldukça karmaşık bir yapıya sahiptir.

Sondajlarda çamur katkı malzemesi olarak en çok şişmesi, kesintiyi taşıması, kuyu cidarını sıvaması gibi üstün özelliklerinden dolayı bentonit kullanılmaktadır. Bentonitin yanı sıra, formasyon basıncı ile hidrostatik dengeyi sağlamak ve sondaj çamurunun ağırlığını artırmak için kalsiyum karbonat ve barit gibi ağırlaştırıcılar kullanılmaktadır. Ayrıca, tuz anhidrit ve jips içeren formasyonlarda tuzlu zeminde ilerlemenin daha sağlıklı bir şekilde yapılabilmesi için doymuş tuzlu su çamuru ve kireç çamuru yapılmaktadır. Sıvı kaybı kontrolü açısından CMC ve nişasta gibi maddeler sıklıkla tercih edilmektedir (TPAO, 2007).

Sondaj için en iyi sondaj akışkanının seçimi ve özelliklerinin uygun halde tutulması sondaj mühendislerinin önemli ilgi alanı içerisinde. Sondaj akışkanı doğrudan ya da dolaylı olarak çoğu sondaj problemleri ile ilişkilidir. Eğer sondaj akışkanı görevlerini etkin bir şekilde yerine getiremez ise kuyunun terkedilmesine kadar uzanabilecek sonuçlar ile karşılaşılabilir (Altun ve diğ., 2013).

Özellikle derin metrajlı sondajlarda sondaj çamurunun önemi daha çok artmaktadır. Haliyle kullanılan çamur malzemeleri maliyeti sondaj operasyonu için büyük önem arz etmektedir. Bu bağlamda, yapılan tez çalışmasının en önemli amaçlarından biride sondaj çamurlarındaki maliyetin azaltılmasına yöneliktir.

Haliyle bir sondaj operasyonunda sondaj çamurunun maliyet analiz sonuçları değerlendirilmiş ve bu maliyeti azaltmaya yönelik bentonitin daha ekonomik ve verimli kullanılması gerektiği sonucuna varılmıştır. Ayrıca maliyetleri aşağı çekme amacıyla bentonitin daha verimli kullanılması için bentonitin nano boyuta indirgenmesi sağlanmış

ve elde edilen yeni tür bentonitin reolojik ve kimyasal deneyleri yapılmıştır.

4.1.Sondaj Çamuru Türleri

Sondaj çamurlarını üç ayrı sınıfa ayırmak mümkündür. Bunlar, Spud çamur, Lignosülfonat çamur ve polimer çamurlardır (Erdoğan ve diğ., 2017)

4.1.1. Spud Çamuru

Spud çamuru temel olarak sondajın ilk metrajlarında kullanılan bir çamur türüdür. Tanecik boyutu büyük olan kesintilerin yüzeye getirilmesini ve süspansiyonda tutulmasını sağlar. Spud çamurlarının temel katkı maddesi bentonittir ve bentonit API Spec 13A veya TSE ISOEN 13500 nolu standartlarda özellikleri belirtilen bentonit veya katkısız bentonit olmalıdır. Gerekli viskozite ve YP değeri bentonit kullanım miktarı ile sağlanır.

4.1.2 Lignosülfonat Çamuru

Lignosülfonat çamurlarında sistemin viskoz özelliklerini sağlayan öncül katkı maddesi tatlı su içinde hidrate olmuş bentonittir. Bentonit API Spec 13A veya TSE ISOEN 13500 nolu standartlarda özellikleri belirtilen bentonit veya katkısız bentonit olmalıdır.

Çamuru delinen formasyonlardan gelen katı maddelerin ve kimyasal kirlenmelerin olumsuz etkilerinden korumak ve bu tip kirlenmelere karşı toleransını arttırmak amacıyla çamura kromsuz lignosülfonat (CFL) ilave edilir. CFL yukarıda bahsedilen olumsuz parametrelerden dolayı viskozite özelliklerinin (çamurun kopma noktası ve jel değeri gibi) aşırı bir şekilde artmasını önleyerek, çamurun öngörülen özelliklere uygun olarak uygulanmasına olanak verir. CFL'nin diğer bir görevi sistemi dispers veya defloküle etmesine bağlı olarak sıvı kaybını azaltmaktır.

4.1.3. Polimer Çamuru

Sondaj çamurunun reolojik ve kimyasal özelliklerini iyileştirmek, sondaj esnasındaki problemleri en aza indirmek adına çamura katkı malzemesi olarak polimerler eklenir. Polimer katkısı içeren ya da tamamen polimerlerle hazırlanan çamur türlerine Polimer

Çamuru denir. Genellikle kaçak ve rezervuar kirliliği problemini en aza indirmek için kullanılmaktadır.

Yüksek taşıma kapasitesi olan ve kaçak önleyici malzemelerle desteklenmiş olan bu çamur özellikle kaçak riski içeren formasyonlar geçilirken gelişecek büyük çaplı çamur kaçaklarını önlemek veya azaltmak için planlanmıştır. Beklenen en önemli ve tek sondaj problemi çamur kaçakları olup, mümkün olan en düşük çamur ağırlığıyla çalışılmalıdır. Kaçak nedeniyle çamurun kuyuda sirküle edilememesi durumunda, su ile kör sondaj yapılması ve belli aralıklarla Polianyonik Selüloz (PAC) ve Ksantam Sakızı (XCD) polimerleri kullanılarak hazırlanan viskoz tapalarla kuyunun süpürülmesi gerekmektedir. Çamurun çok hızlı bir şekilde hazırlanabilmesi, kaçak hacimlerinin kolayca kompanse edilmesine imkan verecektir. Ayrıca çamur kompozisyonunda yer alan tüm katkı maddelerinin HCl asitte çözünür olması hedef seviyelerde meydana gelecek olası kirlenmelerin asitleme operasyonu ile giderilmesini sağlayacaktır. Çamur ince, sağlam ve geçirgen olmayan bir keke sahip olduğundan, kaçağa bağlı takım sıkışma riskini de en az düzeye indirmektedir (Erdoğan ve Kök, 2017; Erdoğan ve diğ. 2017).

4.2. Sondaj Çamurunun Görevleri

Kuyu stabilitesini sağlanması ve sondaj verimini artırılması için sondaj çamuru oldukça önem arz etmektedir. Sondaj çamurunun temel görevlerini yedi başlık altında toplamak mümkündür.

4.2.1. Formasyon basınçlarını kontrol

Yüksek formasyon basınçlarından kaynaklanabilecek artezyen veya kuyu yıkılmalarının önlenmesi için sondaj çamurunun ağırlığı ile kuyu içerisinde oluşturduğu hidrostatik basınçtan yararlanılmaktadır.

4.2.2. Kuyu dibini temizliği

Sondaj çamuru matkabin ilerlemesi esnasında kuyu dibinde oluşan kesintilerin taşınarak kuyu dibinde birikmesini engellemektedir. Böylece matkabin sürekli yeni kaya yüzeyi ile temas etmesi sağlanır.

4.2.3. Kuyuyu kesinti ve yıkıntılardan temizleme

Kuyu cidarından anülüse dökülen formasyon parçalarının, kuyu cidarında bulunan kek tabakasından yıkılan parçaların ve kuyu dibinden taşınan kesintilerin yeryüzüne taşınmasını sağlar. Böylece kuyuda takım sıkışmaların, vibrasyon ve aşırı torkun oluşmasını engeller.

4.2.4. Sondaj dizisi ve Matkap soğutmak, yağlama

Sondaj dizisi ve matkabı yağlayarak ilerleme esnasında sürtünmelerden yüksek oranda etkilenmesini önlemektedir. Ayrıca sürtünmelerin oluşturduğu ısı nedeniyle matkap ve sondaj dizisi ısınmaktadır. Sondaj çamuru bu ısınmalara karşı takım dizisini soğutmaktadır.

4.2.5. Sirkülasyon kesildiğinde anülüsteeki kesintileri süspansiyonda tutma

İlerleme esnasında hareketli olan sondaj sıvısı anülüsteeki kesintileri taşımaktadır ancak herhangi bir nedenle sirkülasyon kesildiği zaman sondaj sıvısının içerisindeki kesintileri bırakmaması beklenmektedir. Sondaj sıvısı statik halde iken jelleşme özelliği ile içerisindeki kesintileri süspansiyonda tutarak kesintilerin çökmesini önler ve böylece takımın oturmasını engellemiş olur.

4.2.6. Yüzey hidrolik gücünü matkaba taşıma

Sondaj çamuru yüzeydeki hidrolik gücü matkaba taşıyarak matkap hidrolik gücünü artırmaya yardımcı olur.

4.2.7. Sondaj ve koruma borusu dizisi ağırlığının taşınmasına yardımcı olma

Sondaj çamuru uyguladığı kaldırma kuvveti ile kuyu içerisindeki sondaj dizisinin ağırlığını taşır (TPAO, 2007).

4.3. Sondaj Çamurunun Değerlendirmesi

Sondaj çamuru kendisinden beklenen görevlerini yerine getirirken kuyu dibi sıcaklık-basınç koşullarında stabilitesini koruyabilmeli ve değişik kirlenme kaynaklarına karşı

dayanıklı olmalıdır. Sondaj çamurunun performansının değerlendirilmesinde aşağıda açıklanan kriterler esas alınır.

4.3.1. Delme hızı

Çamur tipi ve çamur özellikleri delme hızını kontrol eden önemli parametrelerdir. Sondaj çamurunun temel görevlerini yerine getirmesi için sağlanan çamur ağırlığı ve sıvı kaybı gibi özelliklerin delme hızını azaltıcı yönde olumsuz bir etkisi olmamalıdır.

4.3.2. Kuyu stabilitesi

Sondaj çamurunun kimyasal ve fiziksel özellikleri delinen formasyonlarla uyumlu olmalıdır. Bu özellikler, özellikle şeyl formasyonların delinmesi sırasında yaşanan matkap sarması, yıkılma, şişme gibi sorunlar ile kaçak gibi stabilite sorunlarının yaşanmasına meydan vermeyecek veya minimum düzeyde tutacak şekilde ayarlanmalıdır.

4.3.3. Formasyon değerlendirme

Çamurun tipi ve kimyasal kompozisyonu delinen formasyonları değerlendirmede yararlanılan değişik tekniklerin başarısını ve etkinliğini yakından etkileyen parametrelerdir. Çamur kompozisyonunda petrol veya hidrokarbon esaslı katkı maddelerinin kullanılması özellikle kuyu jeologlarını çamurdaki hidrokarbon içeriğinin kaynağını belirleme konusunda yanıltabilir. Delinen formasyonların litolojik ve petrofizik özelliklerini belirlemek için alınan kuyu loglarının değerlendirilmesinde çamurun tipi ve kimyasal özellikleri belirleyici olmaktadır.

4.3.4. Üretken zonun kirlenmesi

Üretim zonu geçilirken kullanılan çamurun fiziksel ve kimyasal özellikleri üretim zonunun dokusu ve akışkan içeriği ile uyumlu olmalıdır. Böyle bir olumsuzluk değişik nedenlere bağlı olarak üretim zonunun geçirgenliğinin azalmasına neden olur. Bunun sonucunda da üretim zonunun üretkenliği azalır.

4.3.5. Korozyon

Çamurun tipi ve kimyasal özellikleri çamurun sondaj dizisi, kuyu başı donanımı, kule elemanları, ve koruma borusu üzerindeki koroziv etkisini kontrol eden başlıca parametrelerdir. Çamur koroziv özelliklerine göre gerekli önlemler alınarak kullanılmalıdır.

4.3.6. Maliyet

Çamurun temel işlevlerinin yanı sıra yukarıda ifade edilen değerlendirme kriterlerinin olumlu yönde sağlaması maliyeti arttırmaktadır. Bu maliyet toplam sondaj performansında ve rezervuarın üretkenliğinin korunmasında elde edilen iyileştirmeler dikkate alındığında kabul edilebilir sınırlar içinde kalmalıdır (TPAO, 2007).

5. MATERYAL VE METOT

Bu kısım yapılan çalışmada kullanılan ekipman ve malzemeler ile yapılan deneylerin teknik özellikleri ve standartları hakkındaki bilgileri kapsamaktadır.

5.1. Materyal

Materyal kısmında yapılan yüksek lisans tez çalışmasında kullanılan bentonit hammaddesinin, özellikleri, analiz yöntemleri ve bu analizleri gerçekleştirmek için laboratuvarında kullanılan cihazlar hakkında detaylı bilgi verilmiştir.

5.1.1. Kullanılan hammadde

Yüksek lisans tez çalışmasında Samaş Sanayi Madenleri A.Ş. (Reşadiye Tokat)'den tedarik edilen Na-bentonit kullanılmıştır. Kullanılan bentonit sondaj çamurlarında kullanıma yönelik TSE EN ISO 13500 standardına uygun olarak üretilmiştir. Kullanılan Na Bentonit numunelerinin açık ocak işletme madenciliği ile üretilmek alındığı bölgenin uydu görüntüsü Resim 5.1.'de verilmiştir.



Resim 5.1. Tokat Reşadiye bölgesi uydu görüntüsü (İnternet e, 30.04. 2018 yılında erişilmiştir)

5.1.2. Tokat-Reşadiye havzası

Tokat ili Kelkit vadisinin kuzey kesimlerinde çok sayıda bentonit oluşumu görülür. Niksar, Bereketli ve Reşadiye bentonitleri en çok üretim yapılanlarıdır. Halen üretilmekte olan ve Türkiye'nin sondaj bentoniti olarak ün yapmış en bilineni Reşadiye bentonitidir. Reşadiye bentoniti Na ve Na-Ca tipi bir bentonit olup sondaj, döküm ve peletlemede sıklıkla kullanılabilir (Akbulut, 1991). Reşadiye bentonitlerine ait yapılan kimyasal analiz sonuçları Çizelge 5.1'de verilmiştir.

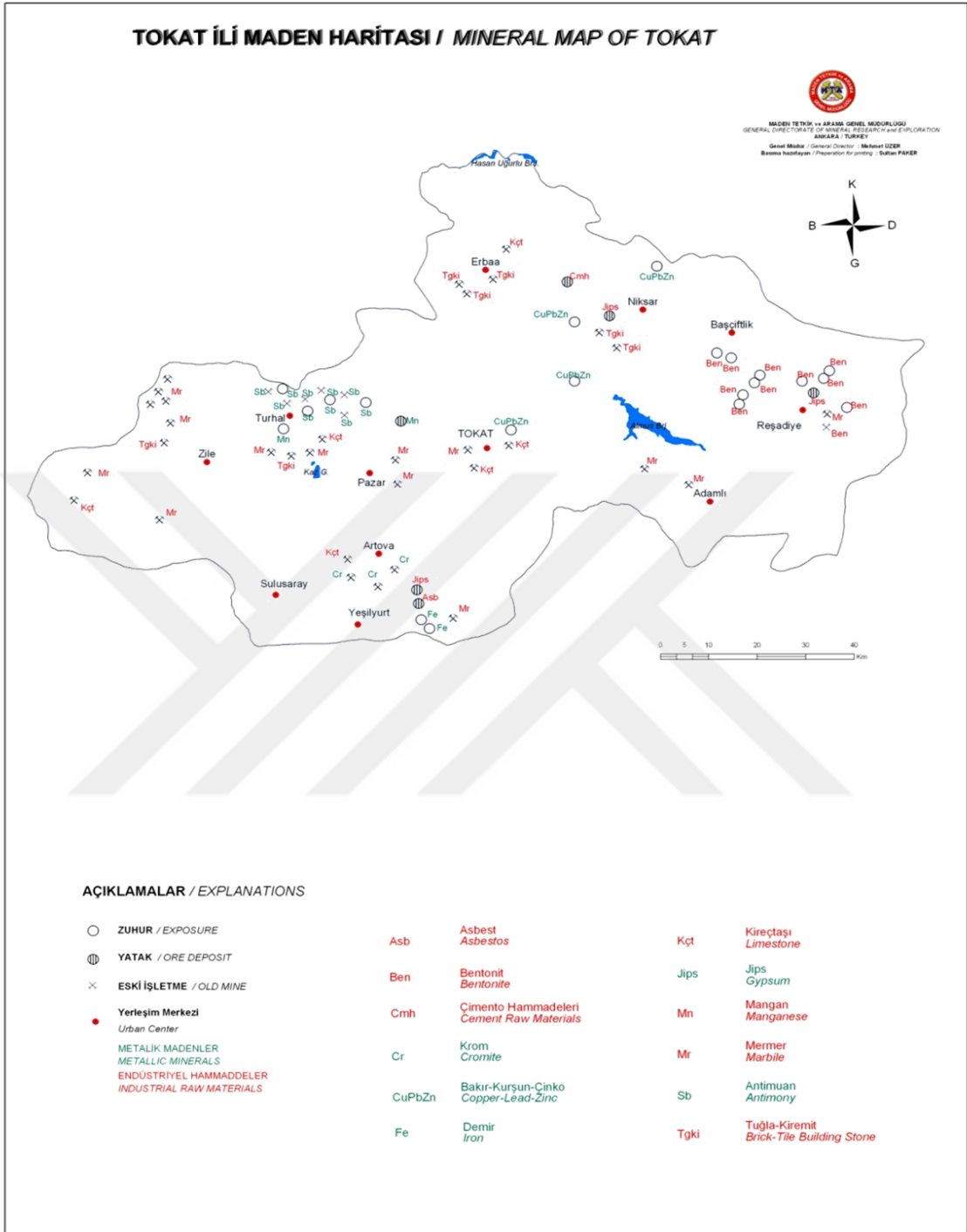
Çizelge 5.1. Reşadiye Bentonit Numunesi Kimyasal Analiz Sonuçları (%) (Erkan, 2008)

Na ₂ O	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MnO	TiO ₂	Fe ₂ O ₃	A.Z.	Top.
2,5	2,0	16,7	57,1	0,2	1,0	3,2	0,1	0,3	3,24	13,4	99,9

Jeolojik olarak Reşadiye bölgesi incelendiğinde en altta üst Jura-Alt Kretase yaşlı Zinav kireçtaşı bulunur. Bu formasyonun üstünde beyaz, mikritik kireçtaşının üzerinde uyumsuz olarak Üst Kretase yaşlı Mesudiye formasyonu yer alır. Mesudiye formasyonu kırmızı killi kireçtaşı, kristal-litik tuf, andezitikdasitik lav akıntıları, silisleşmiş tüfit, bentonit ve kirli kireçtaşı ardalanması şeklinde meydana gelmiştir. Bu birim yanal ve düşey olarak gri marn, kil taşı, tuf ve türbiditik kireçtaşı ardalanmasından oluşan Reşadiye formasyonuna geçer (Akbulut, 1992).

Reşadiye formasyonunun da içinde yer yer bentonitleşmelere rastlanılır. Bu formasyonlar uyumsuz olarak Eosen kırıntılı kireçtaşı ve çakıltaşlarıyla örtülüdür. Daha sonra bütün birimler Plio-kuvaterner bazalt volkanizmasıyla kesilmiş, yer yer curuf ve lavlarla kaplanmıştır (Akbulut, 1995; Akbulut, 1996).

Reşadiye bentonitlerinin bulunduğu Tokat iline ait maden haritası Şekil 5.1'de verilmiştir.



Şekil 5.1. Tokat ili maden haritası (İnternet f, 30.04. 2018 yılında erişilmiştir).

Bu bölgede yapılan bir çalışmada;

Kızıltepe formasyonunun üzerine Reşadiye'nin kapaklı formasyonunun geldiği, bu formasyonun ise bol Ammonit ve Inoceramus'lu biyomikrit, Piroklastik kumtaşı, kırıntılı kireçtaşı, lav ve tüf ardalanmalarından oluştuğu belirtilmektedir. Üst Kampaniyen-Alt

Mestrihtiyen yaşlı bu formasyon içinde ara seviyeler halinde zengin bentonit yataklı yer almaktadır. Aynı çalışmada tanımlanmış bir kesitte bentonitin konumu alttan üste aşağıdaki gibi özetlenebilir.

- Mor renkli tuf ve kumlu kilitaşı
- Gri, mor, yeşil andezitik, dasitik ve tüfler,
- Düzgün, ince katmanlı alacalı biyomikrit - bentonit ardalanması.

5.1.3. Kullanılan cihazlar

Tez çalışmasında;

Öğütme işlemi için Retsch PM400 marka, 4 adet öğütme haznesine sahip hareketli bilyalı değirmen, Huni Viskozite ölçümü için ISO 2431 Standardına uygun üretilmiş Marsh Huni Viskozimetresi, Viskozimetre Analizi ve Jel Mukavemeti tespiti için Ofite-Model 800 marka viskozimetre ve, Sıvı Kaybı ölçümü için OFITE Low Pressure Filter Press kullanılmıştır.

5.2. Metot

Metot kısmında Na-Bentonitin nano boyuta indirilerek Spud tip sondaj çamurlarında kullanılabilirliğini araştırmak amacıyla yapılan deneyler kullanım şartları ve standartlarıyla verilmiştir.

5.2.1. Öğütme işlemi

Öğütme işlemi Retsch PM400 marka hareketli değirmen kullanılarak yapılmıştır.

5.2.2. Yoğunluk tayini

Na- Bentonit numunelerinin yoğunluğunu hesaplamak için toplam kütlenin toplam hacime oranlanması ile yoğunluk belirlenmektedir. İlk olarak numunenin kütlesi hesaplanmıştır. Bu işlem esnasında laboratuvar tipi ölçek kullanılmıştır ve 0,1 hassasiyettedir. Sonrasında numunenin hacmini belirlemek için içerisinde saf su bulunan mezüre ilave edilerek

yükselen su hacminden toplam hacim belirlenmiştir. Toplam kütle ve toplam hacmin oranı ile yoğunluk hesaplanmıştır (TPAO, 2007).

5.2.3. Reolojik özellikler

Hazırlanan numunelerin reolojik özelliklerini belirlemek için Huni viskozitesi, Görünür Viskozite, Plastik Viskozite, Akma Noktası, Sıvı Kaybı, Jel Mukavemeti testleri yapılmıştır.

Huni viskozitesi

Marsh hunisi, $70 \pm 5^\circ\text{F}$ 'ta 1 quart (946 cc.) suyun 26 ± 0.5 saniyede dışarı akmasını sağlayacak şekilde tasarlanmış basit bir alettir. Marsh hunisinin kalibrasyonu da su ile yapılır ve suyun huniden 26 ± 0.5 saniyede akıp akmadığı ölçülür.

TSE ISO EN 13500 ve API standartlarına uygun olarak hazırlanan üç farklı boyuttaki Na Betonit numuneleri kullanılarak 22,5 gram bentonit ile 350 mL deiyonize su oranı ile sondaj çamurları hazırlanmıştır ve her numune için en az 16 saat dinlendirme süresi belirlenmiştir. Sondaj çamurlarının her biri için Marsh hunisi alt ucu parmakla kapatılarak dik durumda tutularak ve elekten çamur dökülerek huni elek seviyesine kadar doldurulmuştur. Huninin alt ucundan parmak çekilerek ve kronometre çalıştırılmış ve çamurun 1 quart'lık (946 ml) kabı doldurması için geçen zaman ölçülmüştür. Akış zamanı, saniye cinsinden huni viskozite olarak rapor edilmiştir (TPAO, 2007).

Viskozimetre analizleri

Ölçüm için 6 hızlı (600, 300, 200, 100, 6 ve 3 RPM) döner viskometreler kullanılmaktadır. 600 ve 300 RPM okumaları kopma noktası (YP), görünür viskozite (AV) ve plastik viskozite (PV) değerlerinin hesaplanmasında kullanılır.

TSE ISO EN 13500 ve API standartlarına uygun olarak hazırlanan üç farklı boyuttaki Na Betonit numuneleri kullanılarak 22,5 gram bentonit ile 350 mL deiyonize su oranı ile sondaj çamurları hazırlanmıştır ve her numune için en az 16 saat dinlendirme süresi belirlenmiştir. Sondaj çamurlarının her biri için 600 RPM okuması, 300 RPM okuması,

200 RPM okuması, 100 RPM okuması, görünür viskozite değeri, plastik viskozite değeri, kopma noktası (yield point) değeri hesaplanmıştır; 10 sn jel mukavemeti ölçümü ve 10 dk jel mukavemeti ölçümü yapılmıştır. Görünür Viskozite, Plastik Viskozite ve Kopma Noktası (Yield Point) değerlerinin hesaplamaları için kullanılan formüller sırasıyla Eşitlik 5.1, 5.2 ve 5.3'te verilmiştir (TPAO, 2007).

10 sn jel mukavemeti değeri ölçümü için hazırlanan sondaj çamuru 600 RPM'de 10 sn boyunca karıştırıldıktan sonra viskozimetre durdurulur ve 10 saniye hareketsiz bekletilir. Ardından viskozimetre 3 RPM'de çalıştırılarak kadranın ulaştığı en yüksek değer takip edilir. Gözlemlenen en yüksek değer lb/100ft² cinsinden 10 sn jel mukavemeti olarak kayıt edilmektedir. Aynı proses tekrarlanarak bekleme süresi 10 sn'den 10 dakikaya yükseltilir. Bekleme süresinden sonra viskozimetre 3 RPM'de çalıştırılarak kadranın ulaştığı en yüksek değer takip edilir. Gözlemlenen en yüksek değer lb/100ft² cinsinden 10 dk jel mukavemeti olarak kayıt edilmektedir (TPAO, 2007).

Görünür Viskozite (RPM) = 600 RPM Okuması / 2

(5.1)

Plastik Viskozite (cP) = 600 RPM Okuması – 300 RPM Okuması (5.2)

Kopma Noktası (lb/100ft²) = 300 RPM Okuması – Plastik Viskozite (5.3)

Sıvı Kaybı analizi

Çamurun sıvı kaybı ve kek yapma özelliklerinin tespit edilmesi için bir su kaybı düzeneği kullanılır. Sondaj sıvısı, tanımlanmış basınç ve zaman şartlarında bu düzeneğe sıkıştırılır. Formasyona kaybedilen sıvı miktarının görelî bir göstergesi olarak, sıvı miktarı ve filtre kağıdında biriken kekin kalınlığı ölçülür ve bu geçirgen kuyu cidarında biriken kek ile kıyaslanabilir.

TSE ISO EN 13500 ve API standartlarına uygun olarak hazırlanan üç farklı boyuttaki Na Betonit numuneleri kullanılarak 22,5 gram bentonit ile 350 mL deiyonize su oranı ile sondaj çamurları hazırlanmıştır ve her numune için en az 16 saat dinlendirme süresi belirlenmiştir. Sondaj çamurlarının sıvı kaybı analizi ölçümü filtrasyon cihazı kullanılmıştır. Sıvı kaybı analizlerinde Watman No.50 filtre kağıdı kullanılmıştır (TPAO, 2007).

5.2.4. Kimyasal analizler

Hazırlanan numunelerin kimyasal özelliklerini belirlemek için pH ölçümü, Çamur Filtratının Fenolftalein Alkalinitesi (Pf), Çamur Filtratının Metil Oranj Alkalinitesi (Mf), Sondaj Çamurunun Fenolftalein Alkalinitesi (Pm), Klor İyonu (Cl^-), Klorür Miktarı (mL), Toplam Sertlik (mg/lt. Ca^{++}), Kalsiyum Miktarı mg/lt. Ca^{++}), Magnezyum Miktarı (mg/lt. Mg^{++}) ölçümleri yapılmıştır (TPAO, 2007).

pH ölçümü

TSE ISO EN 13500 ve API standartlarına uygun olarak hazırlanan üç farklı boyuttaki Na Betonit numuneleri kullanılarak 22,5 gram bentonit ile 350 mL deiyonize su oranı ile sondaj çamurları hazırlanmıştır ve her numune için en az 16 saat dinlendirme süresi belirlenmiştir. Sondaj çamurlarının pH ölçümü için 3 veya 4 renkten oluşan pH kağıdı sondaj çamur filtratına batırılır. Sonrasında sıvının kağıdın yüzeyini ıslatılması ve rengin sabitlen olana kadar beklenilmesi gerekmektedir. pH kağıdında oluşan renk skalası, değişik pH değerleri için olması gereken renklerle karşılaştırarak, sondaj çamurunun pH'ını belirlemiştir (TPAO, 2007).

Filtrat-çamur alkalinitesinin belirlenmesi

TSE ISO EN 13500 ve API standartlarına uygun olarak hazırlanan üç farklı boyuttaki Na Betonit numuneleri kullanılarak 22,5 gram bentonit ile 350 mL deiyonize su oranı ile sondaj çamurları hazırlanmıştır ve her numune için en az 16 saat dinlendirme süresi belirlenmiştir. Sondaj çamurlarının Filtrat-Çamur Alkalinitelerinin belirlenmesi için 0.02 N (N/50) sülfirik asit çözeltisi, Phenolphthalein indikatör çözeltisi, Methly Orange indikatör çözeltisi, Polietilen titrasyon kabı (100-150 ml. ve beyaz renkli), 1 ml. ve 10 ml.'lik pipet, Karıştırma çubuğu ve pH metre kullanılmaktadır (TPAO, 2007).

Filtrat Alkalinitesi - P_f/M_f

Titrasyon kabına bir mililitre filtrat alınarak 2-3 damla Phenolphthalein indikatör çözeltisi ilave edilmiştir(Herhangi bir renk oluşmaz ise $P_f= 0$ kabul edilecektir). Eğer çözelti pembeye dönüşürse, renk kayboluncaya kadar bir pipet ile 0.02 normal (N/50) sülfürik asit ilave edilmiştir. Eğer kullanılan filtrat numunesinin rengi, renk değişimini maskeliyorsa pH metre kullanılarak pH değerinin 8.3 olduğu noktada test bitirilmiştir. Harcanan 0.02 N (N/50) sülfürik asitin miktarı P_f (ml.) olarak kaydedilmiştir.

P_f noktasına kadar titrasyona tabi tutulan numunelere 2 veya 3 damla Methly Orange indikatör çözeltisi ilave edilmiştir. Aynı zamanda çözelti renginin sarı renkten pembe renge değişmesine kadar sürekli karıştırılarak damla, damla 0.02 N sülfirik asit ilave edilmiştir. Eğer kullanılan filtrat numunesinin rengi, renk değişimini maskeliyorsa pH metre kullanılarak pH değerinin 4.3 olduğu noktada test bitirilmiştir. Bütün testte kullanılan sülfirik asit miktarı (P_f için kullanılan da dahil) M_f (ml.) olarak kaydedilmiştir(TPAO, 2007).

Çamur Alkalinitesi - P_m

Titrasyon kabına bir mililitre çamur konularak ve 25-50 ml. saf su ile sulandırılmıştır.4-5 damla Phenolphthalein indikatör çözeltisi ilave edilmiştir. Eğer çözelti pembeye dönüşürse, renk kayboluncaya kadar bir pipet ile 0.02 N (N/50) sülfürik asit ilave edilmiştir. Eğer kullanılan filtrat numunesinin rengi, renk değişimini maskeliyorsa pH metre kullanılarak pH değerinin 8.3 olduğu noktada test bitirilmiştir. Harcanan 0.02 N (N/50) sülfürik asitin miktarı P_m olarak kaydedilmiştir(TPAO, 2007).

Kireç Miktarı

Her numune için P_f ve P_m değerleri belirlendikten sonra Retort analizinden çamurda mevcut su miktarı, V_{wr} belirlenmiştir. Hacimce su yüzdesi hesaplanmıştır. Hacimce su yüzdesi için gerekli formül Eşitlik 5.4.'de verilmiştir.

$$F_w = V_{wr}/100 \quad (5.4)$$

Belirlenen F_w , P_m ve P_f değerler kullanılarak kireç miktarı hesaplanması için gerekli formüller 5.5. ve 5.6.' de verilmiştir.

$$\text{Kireç, lb/bbl} = 0.26 \times (P_m - F_w \times P_f) \quad (5.5)$$

$$\text{Kireç, kg/m}^3 = 0.742 \times (P_m - F_w \times P_f) \quad (5.6)$$

Klor (Cl^- İyonu) miktarının belirlenmesi

TSE ISO EN 13500 ve API standartlarına uygun olarak hazırlanan üç farklı boyuttaki Na Bentonit numuneleri kullanılarak 22,5 gram bentonit ile 350 mL deiyonize su oranı ile sondaj çamurları hazırlanmıştır ve her numune için en az 16 saat dinlendirme süresi belirlenmiştir. Sondaj çamurlarının Klor (Cl^- İyonu) miktarlarının belirlenmesi için 0.0282N $AgNO_3$ (Gümüş Nitrat) çözeltisi (Işık almayan bir kaptaki saklanmış olmalı), Potasyum kromat indikatör çözeltisi, 0.02N sülfirik asit çözeltisi, Phenolphthalein indikatör çözeltisi, Polietilen titrasyon kabı, (100-150 ml. ve beyaz renkli), Saf su, 1 ml. ve 10 ml.'lik pipet, Karıştırma çubuğu ve, pH metre kullanılmıştır.

Titrasyon kabına 1ml veya daha fazla filtrat alınarak 2-3 damla Phenolphthalein indikatör çözeltisi ilave edilmiştir. Eğer indikatörün rengi pembeye dönüşürse, bir pipetle, renk kaybolana kadar damla damla asit ilave edilmiştir. Yaklaşık 25-50 ml saf su ile numune seyreltilmiştir. 5-10 damla potasyum kromat indikatörü ilave edilmiştir (TPAO, 2007).

Karışımın rengi sarıdan kiremit kırmızısına dönüşene kadar pipet ile gümüş nitrat ilave edilir ve renk dönümü yakalandığında en az 30 saniye kalıcı olması beklenmiştir. Kullanılan gümüş nitrat miktarı kaydedilmiştir. Eğer ölçüm yapılan filtratın klorür iyon konsantrasyonu 10,000 mg/lt'yi geçerse, 0.282N $Ag NO_3$ çözeltisi kullanılmalı Eşitlik 5.7'de verilen formülde 1000 çarpanı yerine 10,000 çarpanı kullanılmalıdır (TPAO, 2007).

$$\text{Klorür (mg/lt)} = \frac{\text{Gümüş Nitrat Miktarı (ml.)} \times 1000}{\text{Filtrat Miktarı (ml.)}} \quad (5.7)$$

Toplam sertliğin belirlenmesi

TSE ISO EN 13500 ve API standartlarına uygun olarak hazırlanan üç farklı boyuttaki Na Betonit numuneleri kullanılarak 22,5 gram bentonit ile 350 mL deiyonize su oranı ile sondaj çamurları hazırlanmıştır ve her numune için en az 16 saat dinlendirme süresi belirlenmiştir.

Sondaj çamurlarının toplam sertliklerinin belirlenmesi için Versenate çözeltisi 1ml = 400 mg/lt. Ca⁺⁺, Hardness buffer çözeltisi, Hardness indikatör çözeltisi, Saf su, Polietilen titrasyon kabı, (100-150 ml. ve beyaz renkli) ve 1 ml. ve 10 ml.'lik pipet kullanılmıştır.

Titrasyon kabına 25-50 ml saf su ile alınarak 6 damla hardness buffer ve 4 damla hardness indikatör çözeltisi ilave edilmiştir. Bu aşamada eğer karışımın rengi pembe olursa, versenate çözeltisi ile rengin maviye dönmesi sağlanır.

Titrasyon kabına 1 ml. çamur filtratı alınarak çözeltinin rengi kırmızıdan maviye dönüşene kadar versenate çözeltisi ilave edilmiştir ve miktarı kaydedilmiştir. Toplam sertliğin hesaplanabilmesi için kullanılan formül Eşitlik 5.8'de verilmiştir (TPAO, 2007).

$$\text{Toplam Sertlik (mg / lt Ca}^{++}\text{)} = \frac{\text{Versenate Çözeltisi Miktarı (ml)} \times 400}{\text{Filtrat Miktarı (ml)}} \quad (5.8)$$

Kalsiyum miktarının belirlenmesi

TSE ISO EN 13500 ve API standartlarına uygun olarak hazırlanan üç farklı boyuttaki Na Betonit numuneleri kullanılarak 22,5 gram bentonit ile 350 mL deiyonize su oranı ile sondaj çamurları hazırlanmıştır ve her numune için en az 16 saat dinlendirme süresi belirlenmiştir. Sondaj çamurlarının Kalsiyum miktarlarının belirlenmesi için Versenate çözeltisi 1ml = 400 mg/lt. Ca⁺⁺, Ca⁺⁺ indikatörü (hydroxy naphthol blue), NaOH çözeltisi

(1N), Saf su, Polietilen titrasyon kabı (100-150 ml. ve beyaz renkli), 1 ml. ve 10 ml.'lik pipet kullanılmıştır.

Titrasyon kabına 25-50 ml saf su alınarak ve 3 ml. 1N NaOH ve çay kaşığının yarısı ölçüde Ca^{++} indikatörü ilave edilmiştir. Bu aşamada eğer karışımın rengi pembe olursa, versenate çözeltisi ile rengin maviye dönmesi sağlanmıştır. Titrasyon kabına 1 ml. çamur filtratı alınmıştır.

Ca^{++} 'un varolduğunu gösteren pembe renk maviye dönüşene kadar versenate çözeltisi ile titrasyon yapılmıştır ve kullanılan miktar kaydedilmiştir. Toplam sertliğin hesaplanabilmesi için kullanılan formül Eşitlik 5.9' de verilmiştir (TPAO, 2007).

$$\text{Toplam Sertlik (mg / lt } Ca^{++}) = \frac{\text{Versenate Çözeltisi Miktarı (ml)} \times 400}{\text{Filtrat Miktarı (ml)}} \quad (5.9)$$

Magnezyum miktarının belirlenmesi

Yapılan çalışmalarda 75 mikron boyutundaki Na-Bentonit numunesi, 25 mikron boyutundaki Numune A ve 1 mikron altı nano tanecik boyutundaki Numune B kullanılarak laboratuvar şartlarında TSE ISO EN 13500 ve API standartlarına uygun olarak hazırlanan sondaj çamurları için üç farklı boyuttaki Na Betonit numuneleri kullanılarak 22,5 gram bentonit ile 350 mL deiyonize su oranı ile sondaj çamurları hazırlanmıştır ve her numune için en az 16 saat dinlendirme süresi belirlenmiştir.

Sondaj çamurlarının Magnezyum miktarlarının belirlenmesi için Toplam Sertlik testinde kullanılan Versante çözeltisi miktarı ve Ca^{++} testinde kullanılan Versenate çözeltisi miktarı göz önünde bulundurulmuştur. Magnezyum miktarının hesaplanabilmesi için kullanılan formül Eşitlik 5.10'da verilmiştir (TPAO, 2007).

$$Mg^{++} \text{ (mg / lt)} = \frac{(V_{\text{toplam}} - V_{Ca^{++}}) 243}{\text{Filtrat Miktarı (ml)}} \quad (5.10)$$

Eşitlikte;

$V_{\text{topl}} :$ Toplam Sertlik testinde kullanılan Versenate çözeltisi miktarı

$V_{\text{Ca}^{++}} :$ Ca^{++} testinde kullanılan Versenate çözeltisi miktarı ifade etmektedir.

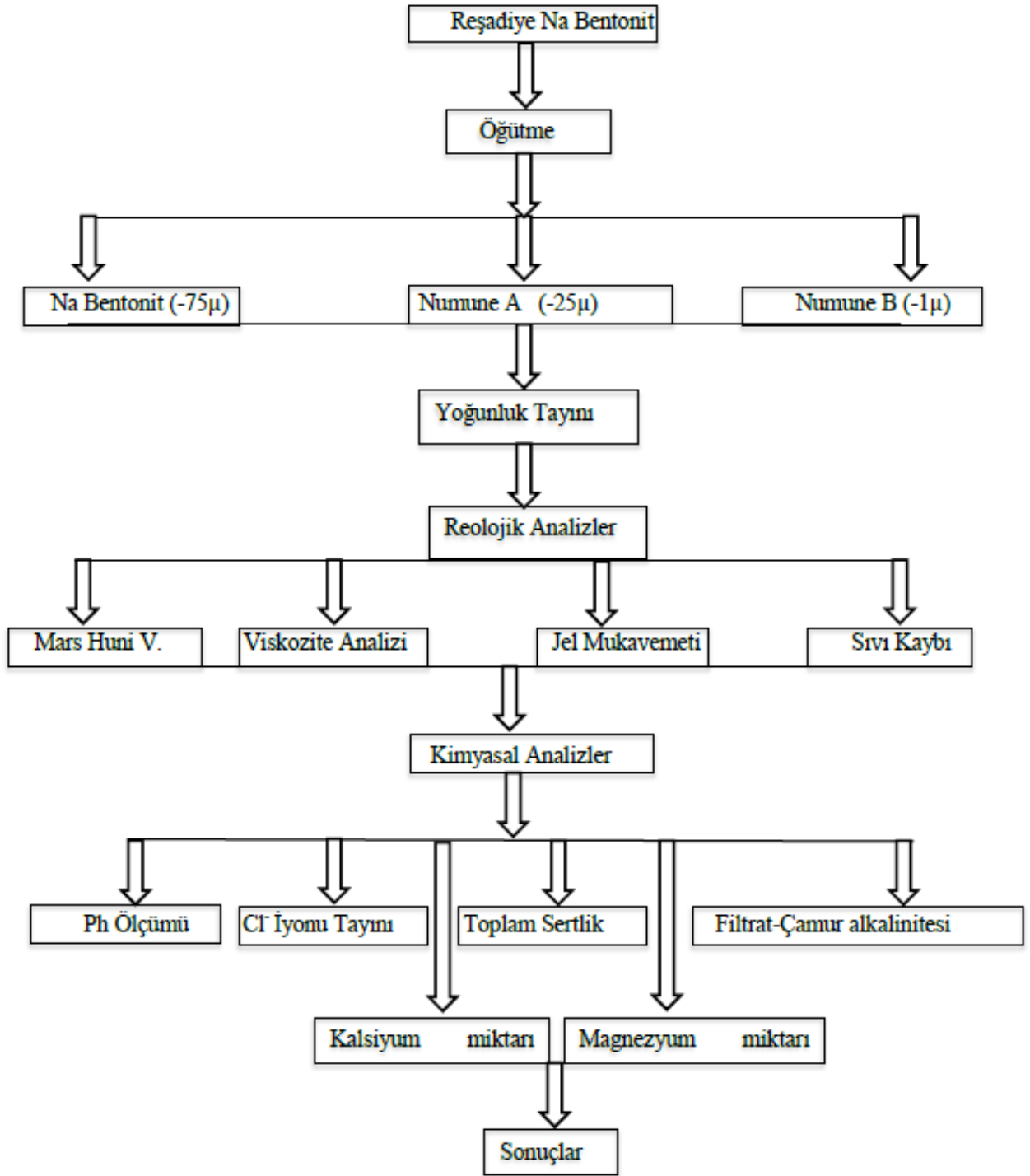


6. ARAŞTIRMA VE BULGULAR

Tokat Reşadiye bölgesinden tedarik edilen Na-bentonit kili kullanılmıştır. Kullanılan bentonit sondaj çamurlarında kullanıma yönelik TSE EN ISO 13500 standardına uygun olarak üretilmiştir. Na-bentonit kili laboratuvar şartlarında öğütülmüştür. Na-Bentonit kili ilk önce öğütme işlemine tabi tutularak standartta belirtilen 75 mikron boyutundan 25 mikron ve 1 mikron altı nano tanecik boyutuna öğütülerek indirgenmiştir. Yapılan işlem sonucunda API Spec 13A standardında belirtilen 75 mikron boyutundaki bentonit “**Na-Bentonit**”, 25 mikron boyutundaki bentonit “**Numune A**” ve 1 mikron altındaki bentonit “**Numune B**” olarak adlandırılmıştır. Elde edilen farklı tane boyutlarındaki bentonit numuneleri ile beşer sondaj çamurları hazırlanmıştır. Elde edilen çamurlar ile

- Huni viskozitesi,
- Görünür Viskozite,
- Plastik Viskozite,
- Akma Noktası,
- Sıvı Kaybı,
- Jel Mukavemeti,
- pH Ölçümü,
- Filtrat-Çamur Alkalinitesinin Belirlenmesi,
- Klor (Cl - İyonu) Miktarının Belirlenmesi,
- Toplam Sertliğin Belirlenmesi,
- Kalsiyum Miktarının Belirlenmesi,
- Magnezyum Miktarının Belirlenmesi, deneyleri yapılmıştır.

Na Bentonit, Numune A ve Numune B için yapılan fiziksel ve kimyasal analizler için oluşturulan iş akış şeması Şekil 6.1’de verilmiştir.



Şekil 6.1. Na-Bentonit, Numune A (25 mikron) ve Numune B (25 mikron) numuneleri için deneysel çalışma iş akışı akış şeması

6.1. Öğütme İşlemi

Yapılan çalışmalarda 75 mikron boyutundaki Na-Bentonit numunesi 2.6 mm çapta ve toplam ağırlığı 2500 gram olan zirkon bilyalar ile yörüngesel hareketli bilyalı değirmenle 1000 devir/dakika hızda 20 dakika boyunca öğütülerek 25 mikron boyutundaki Numune A, 50 dakika boyunca öğütülerek 1 mikron altı nano tanecik boyutundaki Numune B tanecik boyutlarına indirgenmiştir.

6.2. Yoğunluk Tayini

Na- Bentonit numunelerinin yoğunluğunu hesaplamak için ilk olarak numunenin kütlesi hesaplanmıştır. Bu işlem esnasında laboratuvar tipi ölçek kullanılmıştır ve 0,1 hassasiyettedir. Sonrasında numunenin hacmini belirlemek için içerisinde saf su bulunan mezüre ilave edilerek yükselen su hacminden toplam hacim belirlenmiştir. Toplam kütle ve toplam hacmin oranı ile yoğunluk hesaplanmıştır.

6.3. Reolojik Analizler

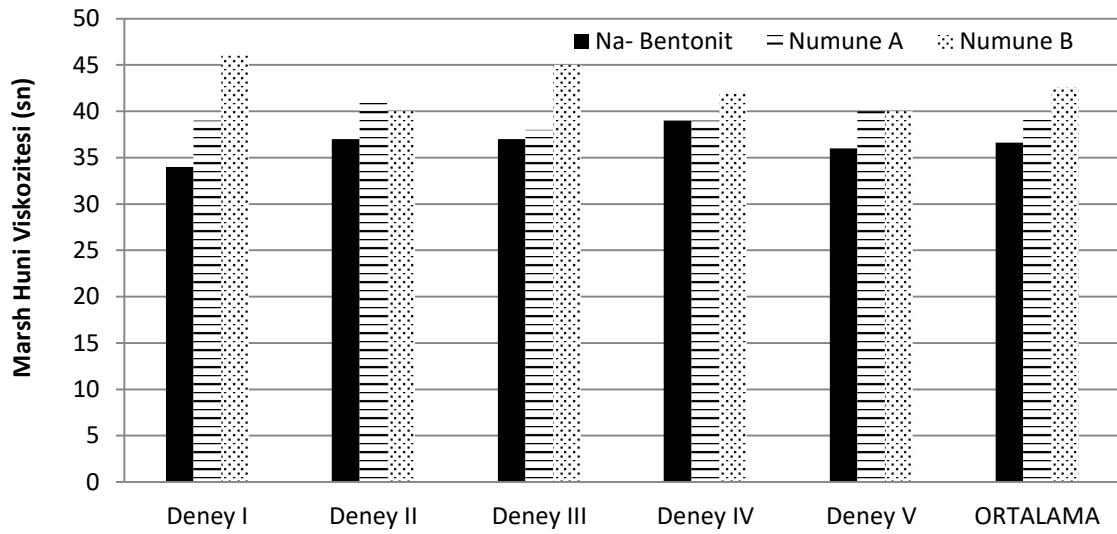
Na- Bentonit, Numune A ve Numune B için Huni viskozitesi, Görünür Viskozite, Plastik Viskozite, Akma Noktası, Sıvı Kaybı, Jel Mukavemeti deneyleri yapılmıştır. Deneyler beşer defa yapılmış olup aritmetik ortalamaları kabul edilmiştir..

6.3.1. Marsh huni viskozitesi

Yapılan çalışmalarda 75 mikron boyutundaki Na-Bentonit numunesi, 25 mikron boyutundaki Numune A ve 1 mikron altı nano tanecik boyutundaki Numune B kullanılarak laboratuvar şartlarında hazırlanan sondaj çamurları için ölçülen Marsh huni viskozite değerleri Çizelge 6.1’de verilmiştir.

Çizelge 6.1. Hazırlanan sondaj çamurları için Marsh huni viskozitesi değerleri

Marsh Huni Viskozitesi (sn)							
	Deney I	Deney II	Deney III	Deney IV	Deney V	S.Sapma	Ortalama
Na- Bentonit	34	37	37	39	36	1,82	36,60
Numune A	39	41	38	39	40	1,14	39,40
Numune B	46	40	45	42	40	2,79	42,60



Şekil 6.2. Sondaj çamurlarının Marsh Huni Viskoziteleri

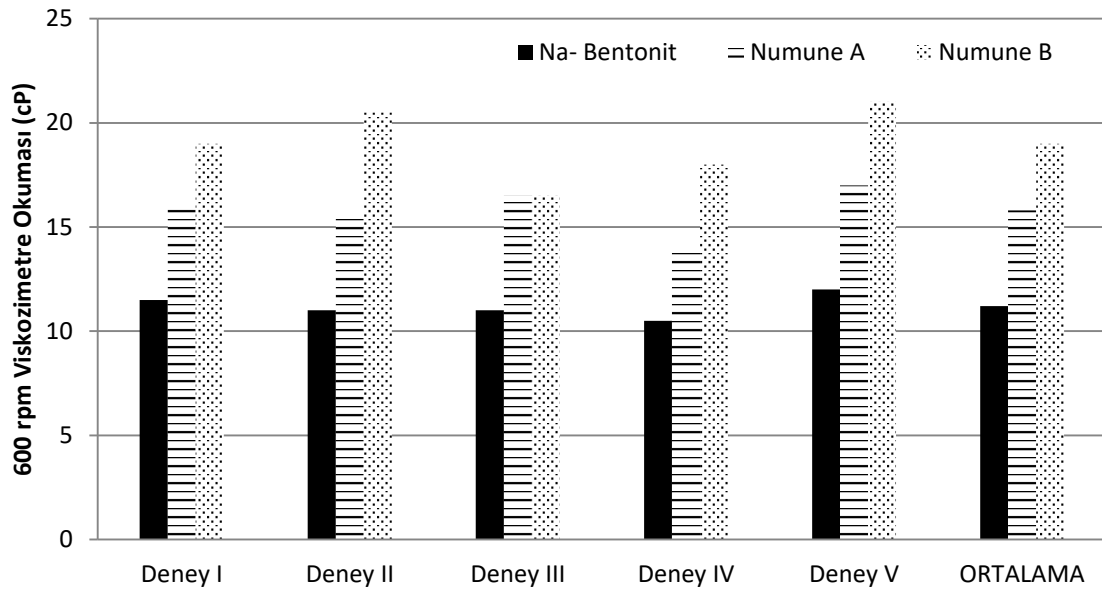
Elde edilen deney sonuçlarına göre Marsh Huni viskozite değeri Na- Bentonit için ortalama $36,60 \pm 1,82$, Numune A için $39,40 \pm 1,14$ ve Numune B için $42,60 \pm 2,79$ olarak bulunmuştur. Deney sonuçlarına bakıldığında Na-Bentonitine göre Numune A %7,65, Numune B ise %16,2 oranında bir Marsh Huni Viskozitesi artışı sağladığı görülmüştür.

6.3.2. Viskozite analizi

Yapılan çalışmalarda 75 mikron boyutundaki Na-Bentonit numunesi, 25 mikron boyutundaki Numune A ve 1 mikron altı nano tanecik boyutundaki Numune B kullanılarak laboratuvar şartlarında hazırlanan sondaj çamurları için Ofite-Model 800 marka viskozimetre kullanılarak elde edilen 600 rpm'de okunan viskozimetre değerleri Çizelge 6.2.' de verilmiştir.

Çizelge 6.2. Sondaj çamurlarının 600 RPM'de okunan viskozimetre değerleri

600 RPM Viskozimetre Okuması (cP)							
	Deney I	Deney II	Deney III	Deney IV	Deney V	S.Sapma	Ortalama
Na- Bentonit	11,5	11	11	10,5	12	0,57	11,2
Numune A	16	15,5	16,5	14	17	1,15	15,8
Numune B	19	20,5	16,5	18	19	1,92	19,0



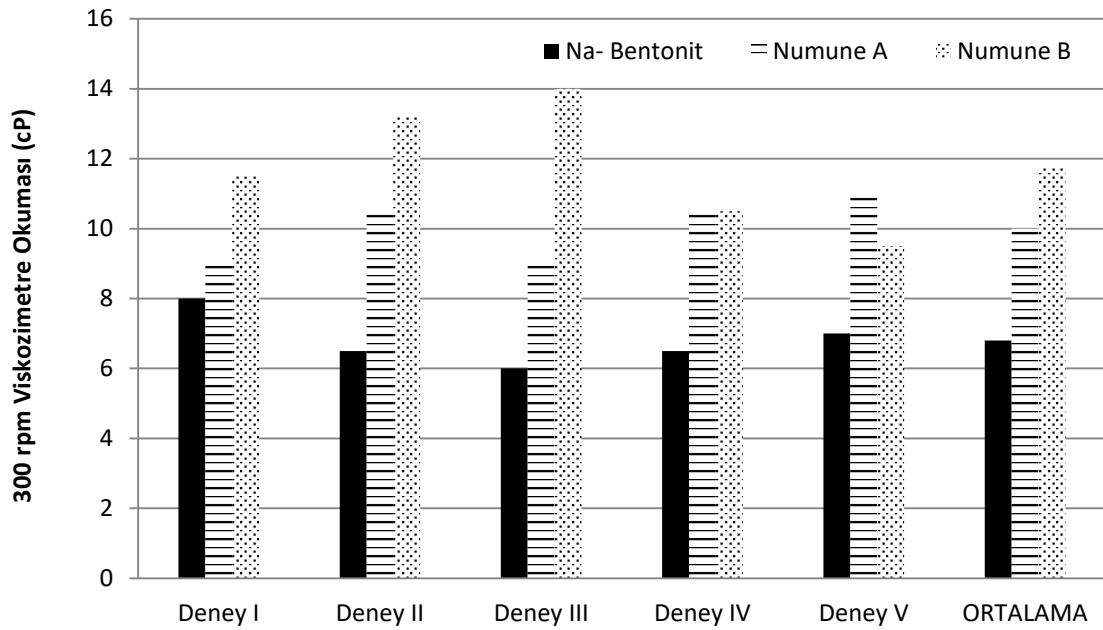
Şekil 6.3. Sondaj çamurlarının 600 RPM’de okunan viskozimetre değerleri

Elde edilen deney sonuçlarına göre 600 RPM’de okunan viskozimetre değerleri Na-Bentonit için ortalama $11,2 \pm 0,57$, Numune A için $15,8 \pm 1,15$ ve Numune B $19,0 \pm 1,92$ olarak bulunmuştur. Deney sonuçlarına bakıldığında Na-Bentonitine göre Numune A %41,07, Numune B ise %69,64 oranında bir 600RPM Viskozimetre artışı sağladığı görülmüştür.

75 mikron boyutundaki Na-Bentonit numunesi, 25 mikron boyutundaki Numune A ve 1 mikron altı nano tanecik boyutundaki Numune B kullanılarak laboratuvar şartlarında hazırlanan sondaj çamurları için 300 RPM’de okunan viskozimetre değerleri Çizelge 6.3’de verilmiştir.

Çizelge 6.3. Sondaj çamurlarının 300 RPM’de okunan viskozimetre değerleri

300 RPM Okunan Viskozimetre Sonuçları (cP)							
	Deney I	Deney II	Deney III	Deney IV	Deney V	S.Sapma	Ortalama
Na- Bentonit	8	6,5	6	6,5	7	0,76	6,8
Numune A	9,0	10,5	9	10,5	11	0,79	10,0
Numune B	11,5	13,2	14	10,5	9	2,28	11,7



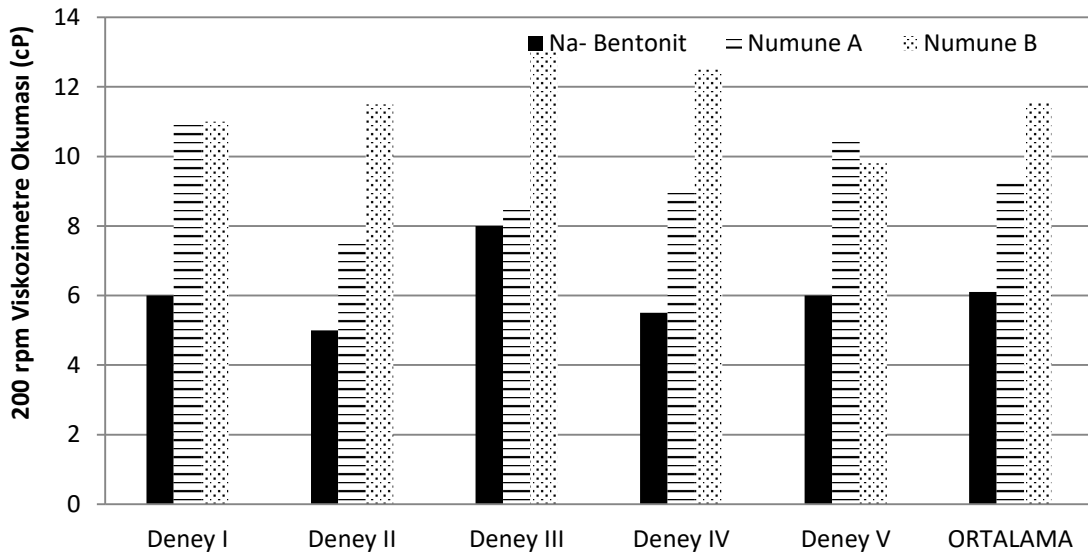
Şekil 6.4. Sondaj çamurlarının 300 RPM’de okunan viskozimetre değerleri

Elde edilen deney sonuçlarına göre 300 RPM’de okunan viskozimetre değerleri Na-Bentonit için ortalama $6,8 \pm 0,76$, Numune A için $10,0 \pm 0,79$ ve Numune B için $11,7 \pm 2,28$ olarak bulunmuştur. Deney sonuçlarına bakıldığında Na-Bentonitine göre Numune A %47,05, Numune B ise %72,65 oranında bir 300RPM Viskozimetre artışı sağladığı görülmüştür.

75 mikron boyutundaki Na-Bentonit numunesi, 25 mikron boyutundaki Numune A ve 1 mikron altı nano tanecik boyutundaki Numune B kullanılarak laboratuvar şartlarında hazırlanan sondaj çamurları için 200 RPM’de okunan viskozimetre değerleri Çizelge 6.4.’de verilmiştir.

Çizelge 6.4. Sondaj çamurlarının 200 RPM’de okunan viskozimetre değerleri

200 RPM Viskozimetre Okuması (cP)							
	Deney I	Deney II	Deney III	Deney IV	Deney V	S.Sapma	Ortalama
Na- Bentonit	6	5	8	5,5	6	1,14	6,1
Numune A	11	7,5	8,5	9	10,5	1,76	9,3
Numune B	11	11,5	13	12,5	9,8	1,92	11,5



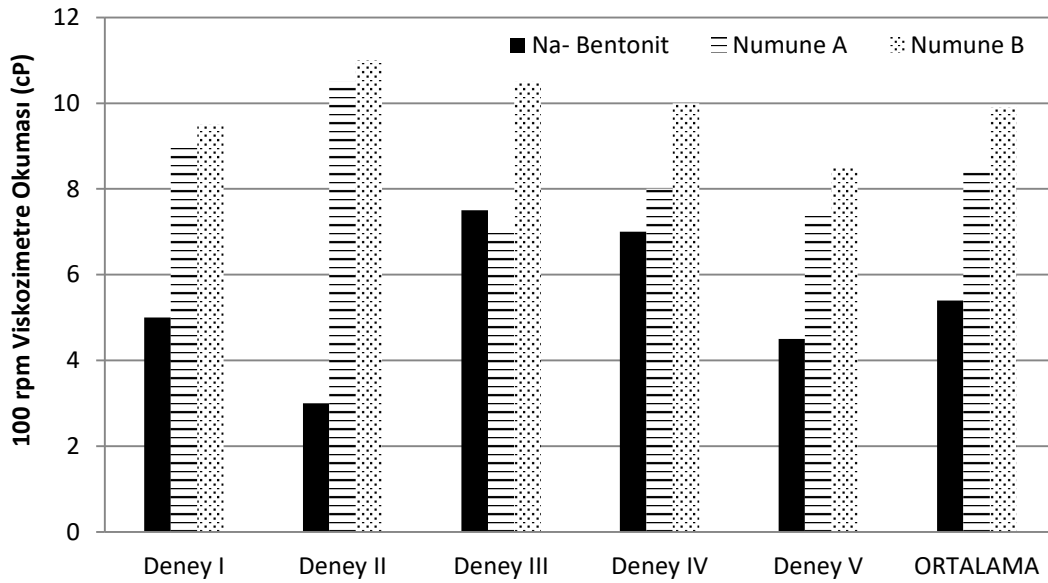
Şekil 6.5. Sondaj çamurlarının 200 RPM’de okunan viskozimetre değerleri

Elde edilen deney sonuçlarına göre 200 RPM’de okunan viskozimetre değerleri Na-Bentonit için ortalama $6,1 \pm 1,14$, Numune A için $9,3 \pm 1,76$ ve Numune B için $11,5 \pm 1,92$ olarak bulunmuştur. Deney sonuçlarına bakıldığında Na-Bentonitine göre Numune A %52,49, Numune B ise %89,50 oranında bir 200RPM Viskozimetre artışı sağladığı görülmüştür.

75 mikron boyutundaki Na-Bentonit numunesi, 25 mikron boyutundaki Numune A ve 1 mikron altı nano tanecik boyutundaki Numune B kullanılarak laboratuvar şartlarında hazırlanan sondaj çamurları için 100 RPM’de okunan viskozimetre değerleri Çizelge 6.5’de verilmiştir.

Çizelge 6.5. Sondaj çamurlarının 100 RPM’ de okunan viskozimetre değerleri

100 RPM Viskozimetre Okuması (cP)							
	Deney I	Deney II	Deney III	Deney IV	Deney V	S.Sapma	Ortalama
Na-Bentonit	5,0	3,0	7,5	7,0	4,5	1,85	5,4
Numune A	9	10,5	7	8,0	7,5	2,33	8,4
Numune B	9,5	11	10,5	10	8,5	2,70	9,9



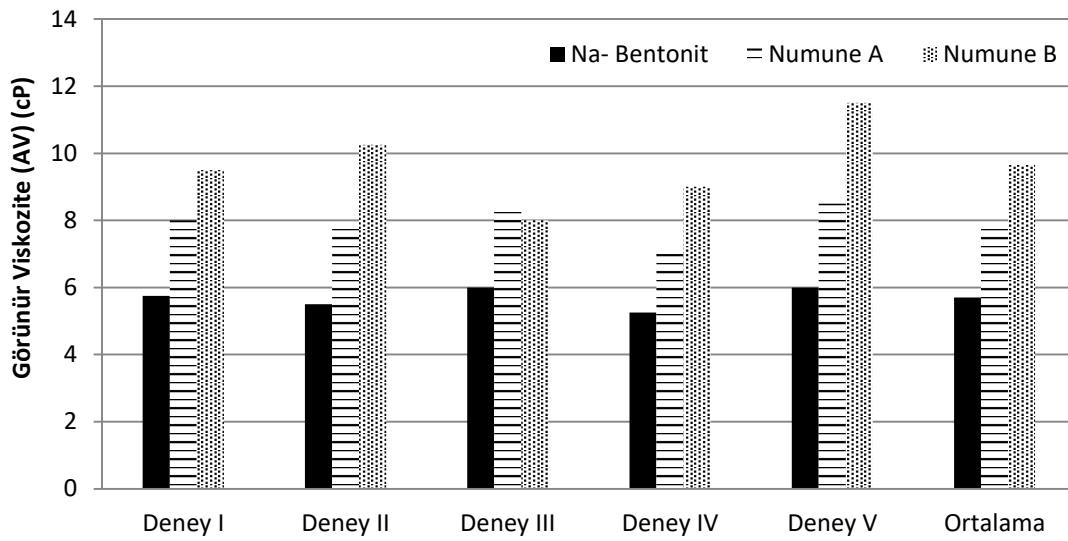
Şekil 6.6. Sondaj çamurlarının 100 RPM’de okunan viskozimetre değerleri

Elde edilen deney sonuçlarına göre 100 RPM’de okunan viskozimetre değerleri Na-Bentonit için ortalama $5,4 \pm 1,85$, Numune A için $8,4 \pm 2,33$ ve Numune B için $9,9 \pm 2,70$ olarak bulunmuştur. Deney sonuçlarına bakıldığında Na-Bentonitine göre Numune A %55,55, Numune B ise %83,33 oranında bir 100RPM Viskozimetre artışı sağladığı görülmüştür.

75 mikron boyutundaki Na-Bentonit numunesi, 25 mikron boyutundaki Numune A ve 1 mikron altı nano tanecik boyutundaki Numune B kullanılarak laboratuvar şartlarında hazırlanan sondaj çamurları için Görünür Viskozite (AV) değerleri Çizelge 6.6’de verilmiştir.

Çizelge 6.6. Sondaj çamurlarının Görünür Viskozite (AV) değerleri

Görünür Viskozite (AV) (cP)							
	Deney I	Deney II	Deney III	Deney IV	Deney V	S.Sapma	Ortalama
Na-Bentonit	5,75	5,5	5,5	5,25	6	0,28	5,6
Numune A	8	7,75	8,25	7	8,5	0,57	7,9
Numune B	9,5	10,25	8	9	10,5	1,01	9,45



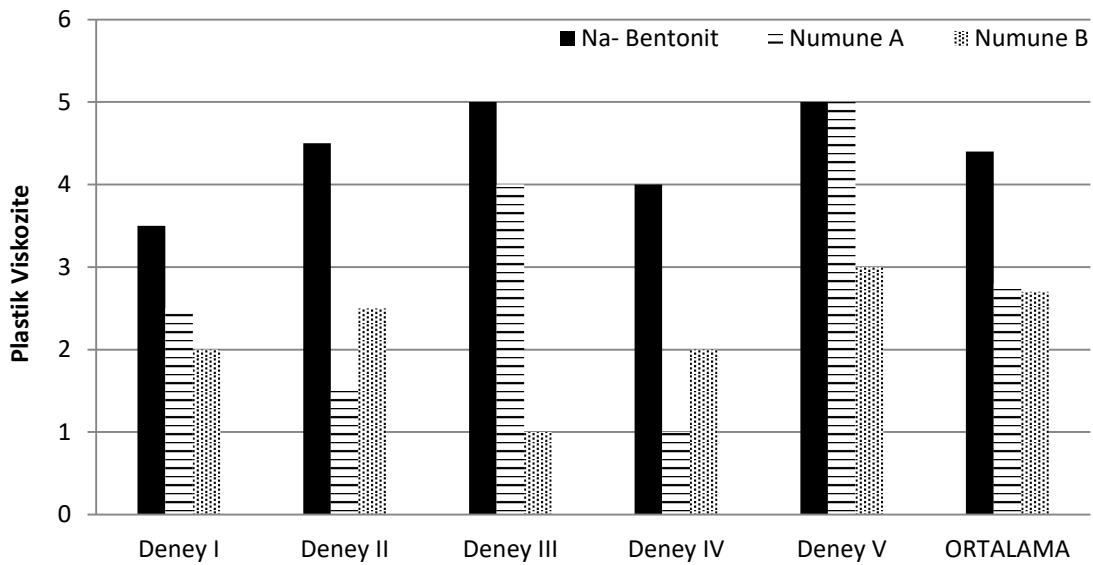
Şekil 6.7. Sondaj çamurlarının Görünür Viskozite (AV) değerleri

Elde edilen deney sonuçlarına göre Görünür Viskozite (AV) değerleri Na- Bentonit için ortalama $5,6 \pm 0,28$, Numune A için $7,9 \pm 0,57$ ve Numune B için $9,45 \pm 1,01$ olarak bulunmuştur. Deney sonuçlarına bakıldığında Na-Bentonitine göre Numune A %41,07, Numune B ise %68,75 oranında bir görünür viskozite (AV) artışı sağladığı görülmüştür.

75 mikron boyutundaki Na-Bentonit numunesi, 25 mikron boyutundaki Numune A ve 1 mikron altı nano tanecik boyutundaki Numune B kullanılarak laboratuvar şartlarında hazırlanan sondaj çamurları için Plastik Viskozite (PV) değerleri Çizelge 6.7’de verilmiştir.

Çizelge 6.7. Sondaj çamurlarının Plastik Viskozite (PV) değerleri

Plastik Viskozite (PV) (cP)							
	Deney I	Deney II	Deney III	Deney IV	Deney V	S.Sapma	Ortalama
Na- Bentonit	3,5	4,5	5	4	5	0,65	4,4
Numune A	2,5	1,5	4	1	5	1,68	2,8
Numune B	2	2,5	1	2	3	0,74	2,1



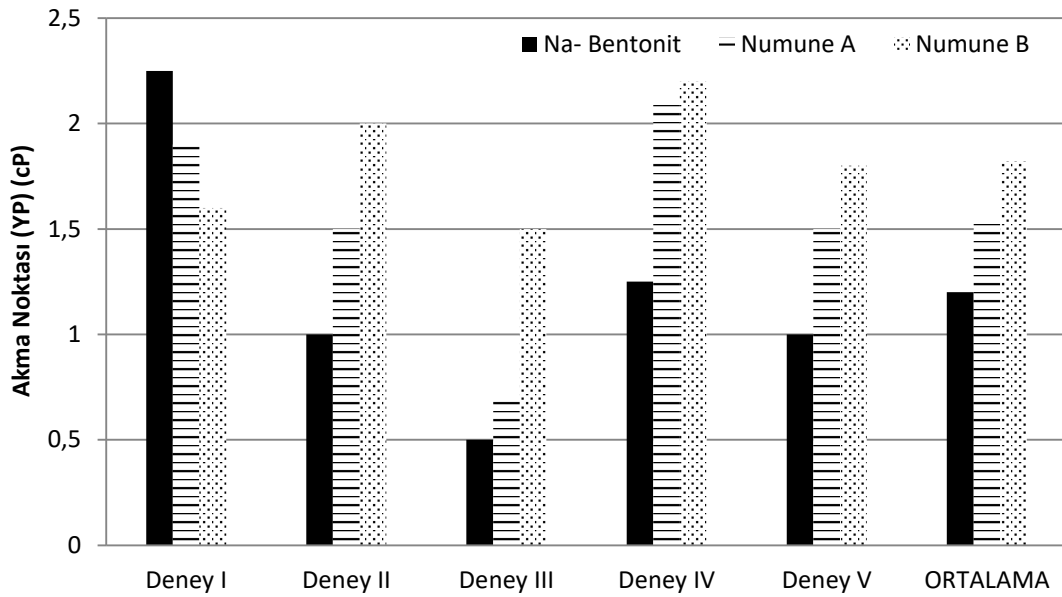
Şekil 6.8. Sondaj çamurlarının Plastik Viskozite (PV) değerleri

Elde edilen deney sonuçlarına göre Plastik Viskozite (PV) değerleri Na- Bentonit için ortalama $4,4 \pm 0,65$, Numune A için $2,8 \pm 1,68$ ve Numune B için $2,1 \pm 0,74$ olarak bulunmuştur. Deney sonuçlarına bakıldığında Na-Bentonitine göre Numune A %36,36, Numune B ise %52,27 oranında bir plastik viskozite (AV) azalımı görülmüştür.

75 mikron boyutundaki Na-Bentonit numunesi, 25 mikron boyutundaki Numune A ve 1 mikron altı nano tanecik boyutundaki Numune B kullanılarak laboratuvar şartlarında hazırlanan sondaj çamurları için Akma Noktası (YP) değerleri Çizelge 6.8’de verilmiştir.

Çizelge 6.8. Sondaj çamurlarının Akma Noktası (YP) değerleri

Akma Noktası (YP) (cP)							
	Deney I	Deney II	Deney III	Deney IV	Deney V	S.Sapma	Ortalama
Na- Bentonit	2,25	1,00	0,50	1,25	1,00	0,65	1,20
Numune A	1,9	1,5	0,7	2,1	1,5	1,18	1,54
Numune B	1,6	2	1,5	2,2	1,8	0,33	1,82



Şekil 6.9. Sondaj çamurlarının Akma Noktası (YP) değerleri

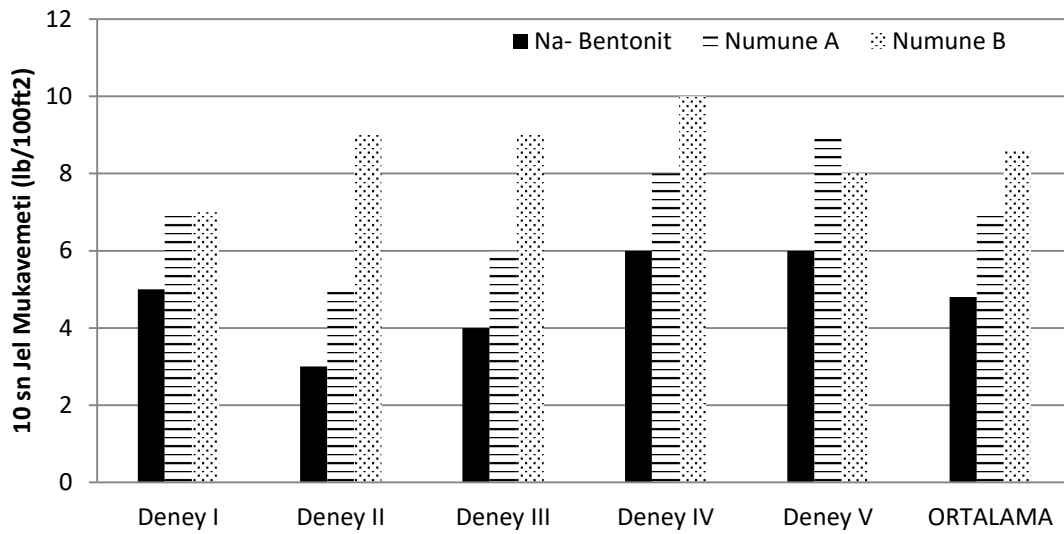
Elde edilen deney sonuçlarına göre Görünür Viskozite (AV) değerleri Na- Bentonit için ortalama $1,2 \pm 0,65$, Numune A için $1,54 \pm 1,18$ ve Numune B için $1,82 \pm 0,33$ olarak bulunmuştur. Deney sonuçlarına bakıldığında Na-Bentonitine göre Numune A %28,33, Numune B ise %51,66 oranında bir akma noktası (YP) artışı sağladığı görülmüştür.

6.3.3. Jel mukavemeti

Yapılan çalışmalarda 75 mikron boyutundaki Na-Bentonit numunesi, 25 mikron boyutundaki Numune A ve 1 mikron altı nano tanecik boyutundaki Numune B kullanılarak laboratuvar şartlarında hazırlanan sondaj çamurları için Ofite-Model 800 marka viskozimetre kullanılarak elde edilen 10 saniye Jel Mukavemeti değerleri Çizelge 6.9'de verilmiştir.

Çizelge 6.9. Sondaj çamurlarının 10 sn Jel Mukavemeti değerleri

10 sn Jel Mukavemeti (lb/100ft ²)							
	Deney I	Deney II	Deney III	Deney IV	Deney V	S.Sapma	Ortalama
Na-Bentonit	5	3	4	6	6	1,30	4,80
Numune A	7	5	6	8	9	1,58	7,00
Numune B	7	9	9	10	8	3,03	8,60



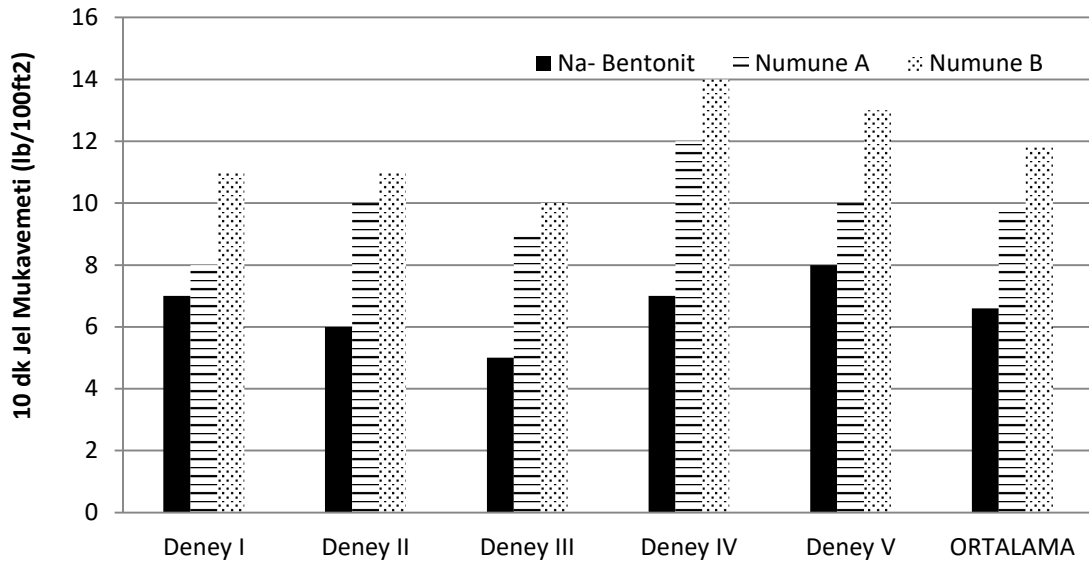
Şekil 6.10. Sondaj çamurlarının 10 sn Jel Mukavemeti değerleri

Elde edilen deney sonuçlarına göre 10 sn Jel Mukavemeti değerleri Na- Bentonit için ortalama $4,8 \pm 1,30$, Numune A için $7,0 \pm 1,58$ ve Numune B için $8,6 \pm 3,03$ olarak bulunmuştur. Deney sonuçlarına bakıldığında Na-Bentonitine göre Numune A %45,83, Numune B ise %79,16 oranında 10sn Jel Mukavemeti değerinde artış sağladığı görülmüştür.

75 mikron boyutundaki Na-Bentonit numunesi, 25 mikron boyutundaki Numune A ve 1 mikron altı nano tanecik boyutundaki Numune B kullanılarak laboratuvar şartlarında hazırlanan sondaj çamurları için 10 sn Jel Mukavemeti değerleri Çizelge 6.10'de verilmiştir

Çizelge 6.10. Sondaj çamurlarının 10 dk Jel Mukavemeti değerleri

10 dk Jel Mukavemeti (lb/100ft ²)							
	Deney I	Deney II	Deney III	Deney IV	Deney V	S.Sapma	Ortalama
Na- Bentonit	7	6	5	7	8	1,14	6,6
Numune A	8	10	9	12	10	1,58	9,8
Numune B	11	11	10	14	13	2,39	11,8



Şekil 6.11. Sondaj çamurlarının 10 dk Jel Mukavemeti değerleri

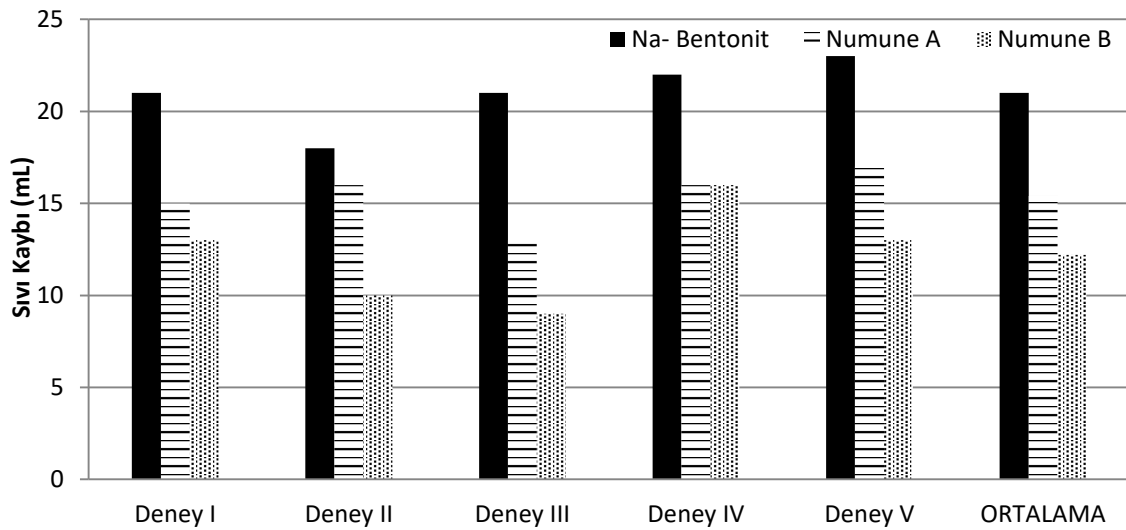
Elde edilen deney sonuçlarına göre 10 dk Jel Mukavemeti değerleri Na- Bentonit için ortalama $6,6 \pm 1,14$, Numune A için $9,8 \pm 1,58$ ve Numune B için $11,8 \pm 2,39$ olarak bulunmuştur. Deney sonuçlarına bakıldığında Na-Bentonitine göre Numune A %48,48, Numune B ise %78,78 oranında 10dk Jel Mukavemeti değerinde artış sağladığı görülmüştür.

6.3.4. Sıvı kaybı

Yapılan çalışmalarda 75 mikron boyutundaki Na-Bentonit numunesi, 25 mikron boyutundaki Numune A ve 1 mikron altı nano tanecik boyutundaki Numune B kullanılarak laboratuvar şartlarında hazırlanan sondaj çamurları için ölçülen Sıvı Kaybı değerleri Çizelge 6.11'de verilmiştir.

Çizelge 6.11. Sondaj çamurlarının Sıvı Kaybı değerleri

Sıvı Kaybı (ml)							
	Deney I	Deney II	Deney III	Deney IV	Deney V	S.Sapma	Ortalama
Na- Bentonit	21	18	21	22	23	1,87	21,00
Numune A	15	16	13	16	17	1,52	15,40
Numune B	13	10	9	16	13	2,77	12,20



Şekil 6.12. Sondaj çamurlarının Sıvı Kaybı değerleri

Elde edilen deney sonuçlarına göre Sıvı Kaybı değerleri Na- Bentonit için ortalama $21 \pm 1,87$, Numune A için $15,4 \pm 1,52$ ve Numune B için $12,2 \pm 2,77$ olarak bulunmuştur. Deney sonuçlarına bakıldığında Na-Bentonitine göre Numune A %26,67, Numune B ise %41,90 oranında sıvı kaybı değerinde azalma meydana gelmiştir.

6.4. Kimyasal Analizler

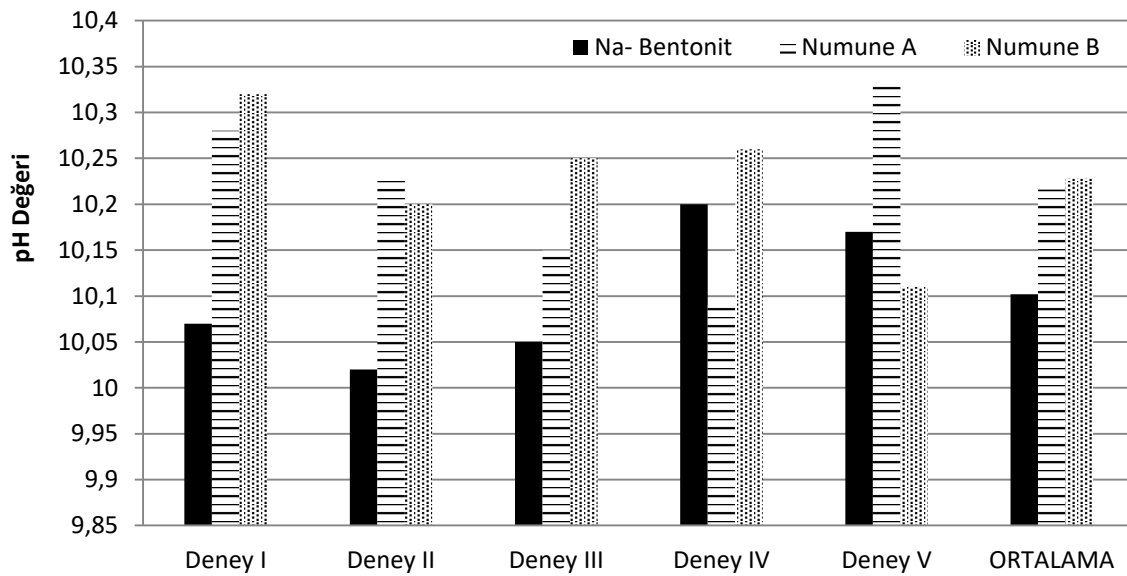
Na- Bentonit, Numune A ve Numune B için pH ölçümü, filtrat-çamur alkalinitesinin ve kireç miktarının belirlenmesi, klor (Cl^- iyonu) miktarının belirlenmesi, toplam sertliğin belirlenmesi, kalsiyum miktarının belirlenmesi, magnezyum miktarının belirlenmesi, metilen mavisi kapasitesinin belirlenmesi (MBT mud), potasyum (K^+ iyonu) testi, depo jips testi, glikol yüzdesi deneyleri beşer defa yapılmış olup aritmetik ortalamaları kabul edilmiştir.

6.4.1. pH ölçümü

Yapılan çalışmalarda 75 mikron boyutundaki Na-Bentonit numunesi, 25 mikron boyutundaki Numune A ve 1 mikron altı nano tanecik boyutundaki Numune B kullanılarak laboratuvar şartlarında hazırlanan sondaj çamurları için ölçülen pH değerleri Çizelge 6.12'de verilmiştir.

Çizelge 6.12. Sondaj çamurlarının ölçülen pH değerleri

pH Ölçümü							
	Deney I	Deney II	Deney III	Deney IV	Deney V	S.Sapma	Ortalama
Na- Bentonit	10,07	10,02	10,05	10,20	10,17	0,08	10,10
Numune A	10,28	10,23	10,15	10,09	10,33	0,10	10,22
Numune B	10,32	10,20	10,25	10,26	10,11	0,08	10,23



Şekil 6.13. Sondaj çamurlarının pH değerleri

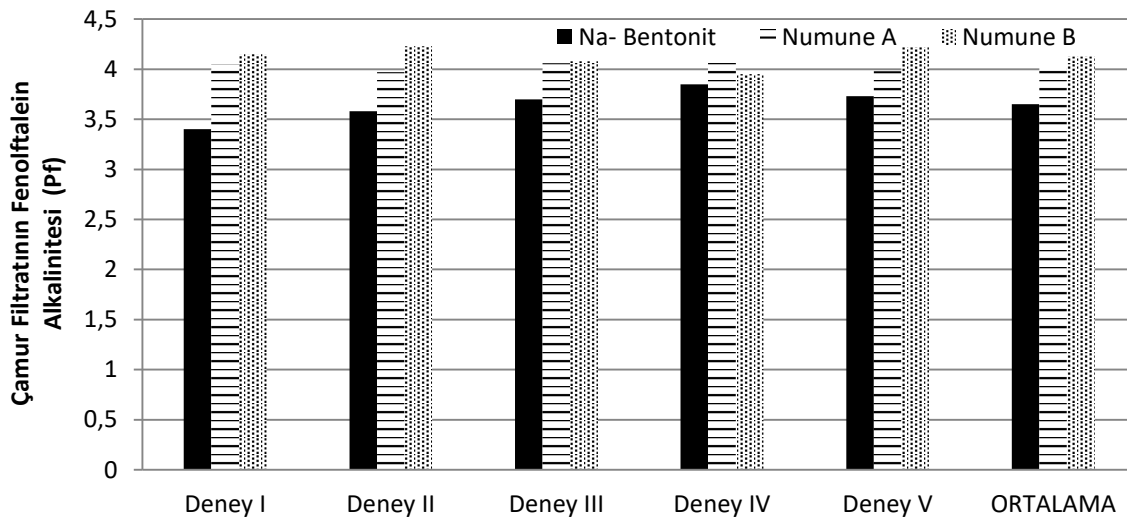
Elde edilen deney sonuçlarına göre pH değerleri Na- Bentonit için ortalama $10,10 \pm 0,08$, Numune A için $10,22 \pm 0,10$ ve Numune B için $10,23 \pm 0,08$ olarak bulunmuştur. Deney sonuçlarına bakıldığında Na-Bentonitine göre Numune A %1,12, Numune B ise %1,24 oranında pH değerinde artış sağladığı görülmüştür.

6.4.2. Filtrat- çamur alkalitesi

Yapılan çalışmalarda 75 mikron boyutundaki Na-Bentonit numunesi, 25 mikron boyutundaki Numune A ve 1 mikron altı nano tanecik boyutundaki Numune B kullanılarak laboratuvar şartlarında hazırlanan sondaj çamurlarından elde edilen filtratın Fenolftalein Alkalitesi (Pf) değerleri Çizelge 6.13'de verilmiştir.

Çizelge 6.13. Sondaj çamurlarından elde edilen filtratın Fenolftalein Alkalinitesi (Pf) değerleri

Çamur Filtratının Fenolftalein Alkalinitesi (Pf)							
	Deney I	Deney II	Deney III	Deney IV	Deney V	S.Sapma	Ortalama
Na- Bentonit	3,4	3,58	3,7	3,85	3,73	0,17	3,65
Numune A	4,05	3,97	4,06	4,1	3,98	0,06	4,03
Numune B	4,15	4,23	4,08	3,95	4,22	0,12	4,13



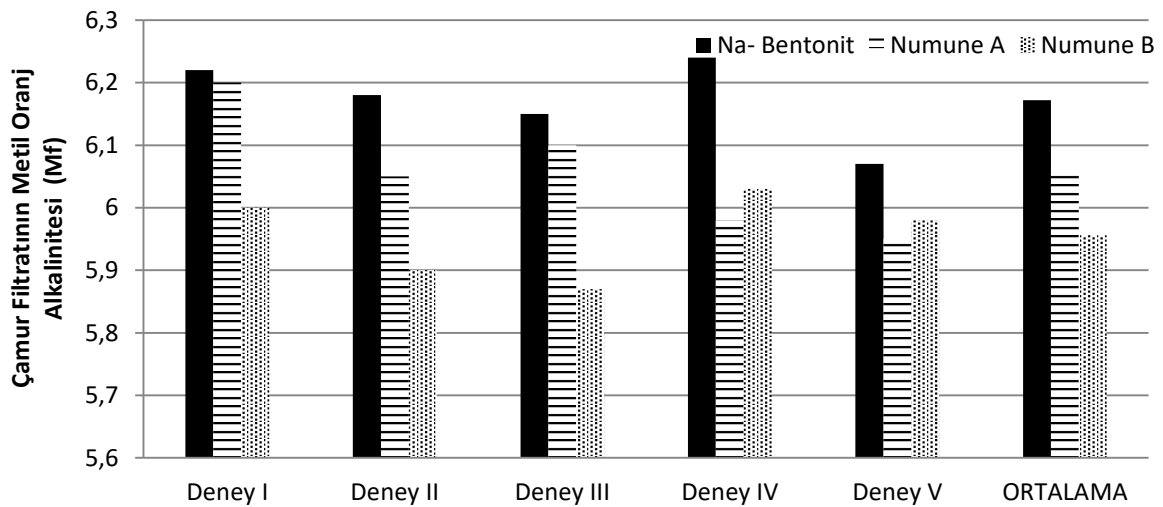
Şekil 6.14. Sondaj çamurlarından elde edilen filtratın Fenolftalein Alkalinitesi (Pf) değerleri

Elde edilen deney sonuçlarına göre sondaj çamurlarından elde edilen filtratın Fenolftalein Alkalinitesi (Pf) değerleri Na- Bentonit için ortalama $3,65 \pm 0,17$, Numune A için $4,03 \pm 0,06$ ve Numune B için $4,13 \pm 0,12$ olarak bulunmuştur. Deney sonuçlarına bakıldığında Na-Bentonitine göre Numune A %10,41, Numune B ise %12,80 oranında çamur filtratının fenolftalein alkalinitesi (Pf) değerinde artış sağladığı görülmüştür.

75 mikron boyutundaki Na-Bentonit numunesi, 25 mikron boyutundaki Numune A ve 1 mikron altı nano tanecik boyutundaki Numune B kullanılarak laboratuvar şartlarında hazırlanan sondaj çamurları için elde edilen filtratın Metil Oranj Alkalinitesi (Mf) değerleri Çizelge 6.14’de verilmiştir.

Çizelge 6.14. Sondaj çamurlarından elde edilen filtratın Metil Oranj Alkalinitesi (Mf) değerleri

Çamur Filtratının Metil Oranj Alkalinitesi (Mf)							
	Deney I	Deney II	Deney III	Deney IV	Deney V	S.Sapma	Ortalama
Na- Bentonit	6,22	6,18	6,15	6,24	6,07	0,07	6,17
Numune A	6,20	6,05	6,10	5,98	5,95	0,10	6,06
Numune B	6,00	5,90	5,87	6,03	5,98	0,07	5,96



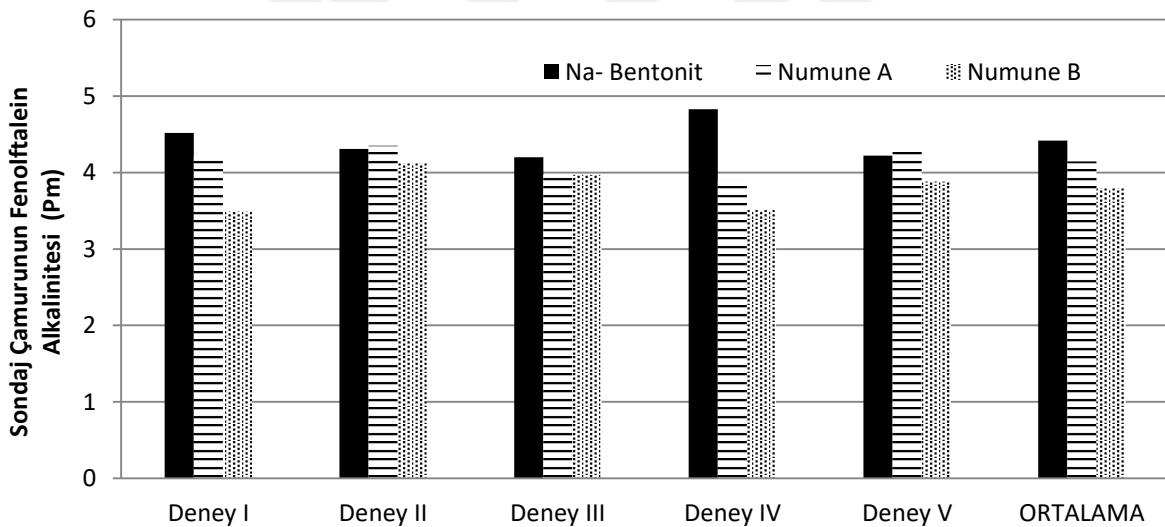
Şekil 6.15. Sondaj çamurlarından elde edilen filtratın Metil Oranj Alkalinitesi (Mf) değerleri

Elde edilen deney sonuçlarına göre sondaj çamurlarından elde edilen filtratın Metil Oranj Alkalinitesi (Mf) değerleri Na- Bentonit için ortalama $6,17 \pm 0,07$, Numune A için $6,06 \pm 0,10$ ve Numune B için $5,96 \pm 0,07$ olarak bulunmuştur. Deney sonuçlarına bakıldığında Na-Bentonitine göre Numune A %1,88, Numune B ise %3,5 oranında metil oranı alkalinitesi (Mf) değerinde azalma görülmüştür.

75 mikron boyutundaki Na-Bentonit numunesi, 25 mikron boyutundaki Numune A ve 1 mikron altı nano tanecik boyutundaki Numune B kullanılarak laboratuvar şartlarında hazırlanan sondaj çamurları için elde edilen filtratın Fenolftalein Alkalinitesi (Pm) değerleri Çizelge 6.15’de verilmiştir.

Çizelge 6.15. Sondaj çamurlarının Fenolftalein Alkalinitesi (Pm) değerleri

Sondaj Çamurunun Fenolftalein Alkalinitesi (Pm)							
	Deney I	Deney II	Deney III	Deney IV	Deney V	S.Sapma	Ortalama
Na- Bentonit	4,52	4,31	4,2	4,83	4,22	0,26	4,42
Numune A	4,21	4,35	3,97	3,89	4,31	0,21	4,15
Numune B	3,49	4,12	3,97	3,51	3,88	0,28	3,79



Şekil 6.16. Sondaj çamurlarının Fenolftalein Alkalinitesi (Pm) değerleri

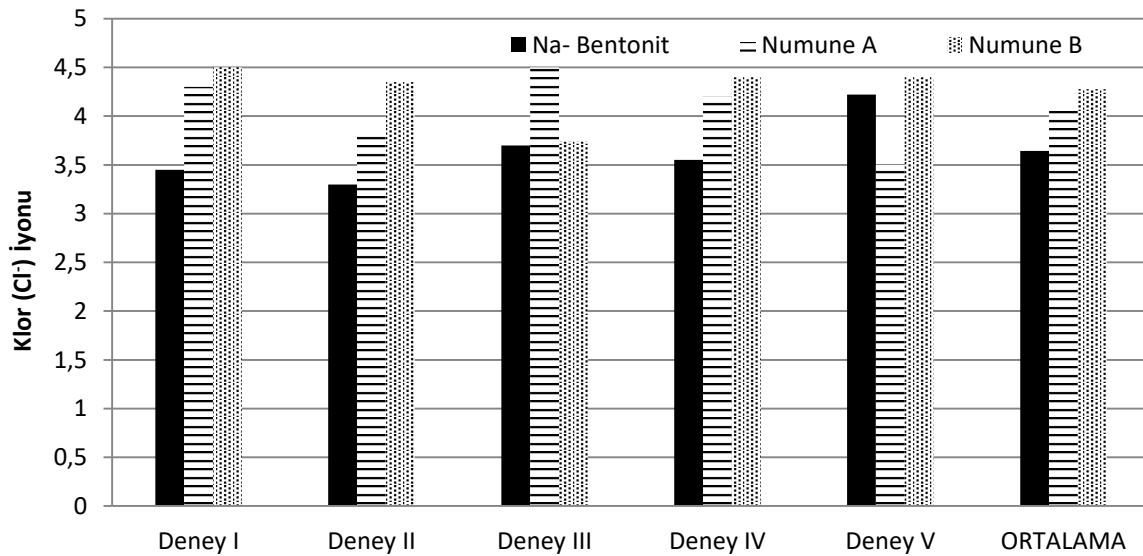
Elde edilen deney sonuçlarına göre sondaj çamurlarının Fenolftalein Alkalinitesi (Pm) değerleri Na- Bentonit için ortalama $4,42 \pm 0,26$, Numune A için $4,15 \pm 0,21$ ve Numune B için $3,79 \pm 0,28$ olarak bulunmuştur. Deney sonuçlarına bakıldığında Na-Bentonitine göre Numune A %6,11, Numune B ise %14,08 oranında fenolftalein alkalinitesi (Pm) değerinde azalma görülmüştür.

6.4.3. Klor (Cl⁻) iyonunun belirlenmesi

Yapılan çalışmalarda 75 mikron boyutundaki Na-Bentonit numunesi, 25 mikron boyutundaki Numune A ve 1 mikron altı nano tanecik boyutundaki Numune B kullanılarak laboratuvar şartlarında hazırlanan sondaj çamurlarının içerdikleri Klor (Cl⁻) iyonu değerleri Çizelge 6.16'de verilmiştir.

Çizelge 6.16. Sondaj çamurlarının Klor (Cl⁻) iyonu değerleri

Klor İyonu (Cl ⁻)							
	Deney I	Deney II	Deney III	Deney IV	Deney V	S.Sapma	Ortalama
Na-Bentonit	3,45	3,3	3,7	3,55	4,22	0,35	3,64
Numune A	4,3	3,8	4,5	4,2	3,5	0,40	4,06
Numune B	4,5	4,35	3,74	4,4	4,4	0,31	4,28



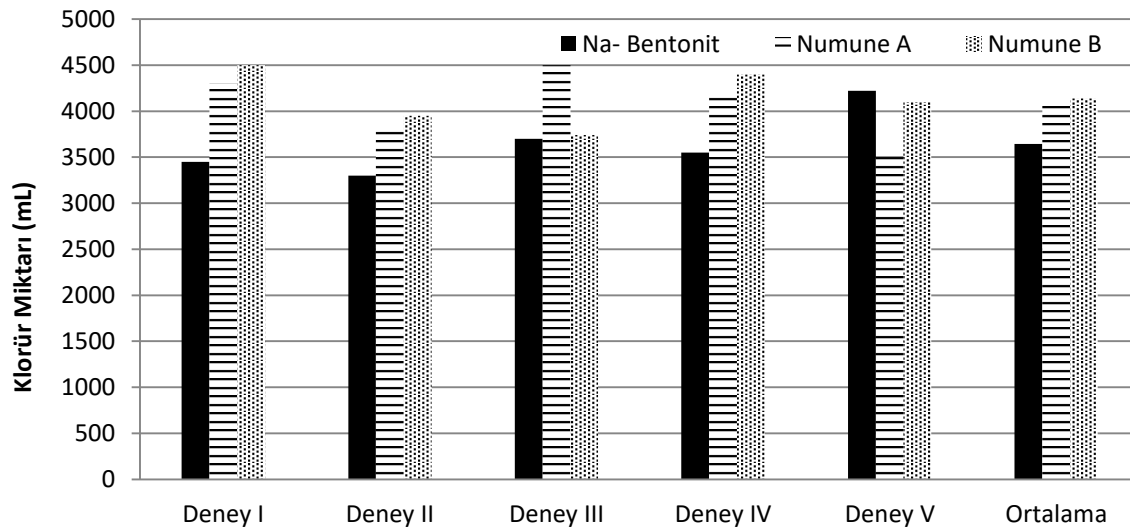
Şekil 6.17. Sondaj çamurlarının Klor (Cl⁻) iyonu değerleri

Elde edilen deney sonuçlarına göre sondaj çamurlarının Klor (Cl⁻) iyonu değerleri Na-Bentonit için ortalama $3,64 \pm 0,25$, Numune A için $4,06 \pm 0,40$ ve Numune B için $4,28 \pm 0,31$ olarak bulunmuştur. Deney sonuçlarına bakıldığında Na-Bentonitine göre Numune A %11,41, Numune B ise %17,40 oranında Klor (Cl⁻) iyonu değerinde artış görülmüştür.

75 mikron boyutundaki Na-Bentonit numunesi, 25 mikron boyutundaki Numune A ve 1 mikron altı nano tanecik boyutundaki Numune B kullanılarak laboratuvar şartlarında hazırlanan sondaj çamurlarının Klor (Cl^-) iyonu miktarları ile hesaplanan Klorür değerleri Çizelge 6.17’da verilmiştir.

Çizelge 6.17. Sondaj çamurlarının Klorür miktarı değerleri

Klorür Miktarı (mL)							
	Deney I	Deney II	Deney III	Deney IV	Deney V	Std.Sapma	Ortalama
Na- Bentonit	3450	3300	3700	3550	4220	353,45	3644,00
Numune A	4300	3800	4500	4200	3500	403,73	4060,00
Numune B	4500	3950	3740	4400	4100	314,20	4138,00



Şekil 6.18. Sondaj çamurlarının Klorür miktarı değerleri

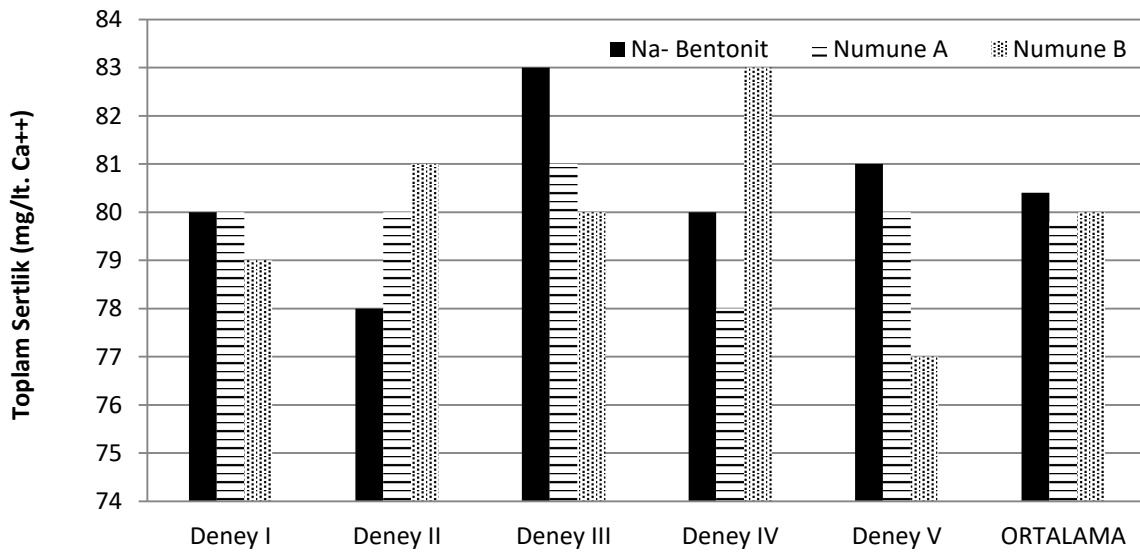
Elde edilen deney sonuçlarına göre sondaj çamurlarının Klorür miktarı değerleri Na-Bentonit için ortalama $3644 \pm 353,45$, Numune A için $4060 \pm 403,73$ ve Numune B için $4138 \pm 314,20$ olarak bulunmuştur. Deney sonuçlarına bakıldığında Na-Bentonitine göre Numune A %11,42, Numune B ise %1356 oranında Klor miktarı değerinde artış görülmüştür.

6.4.4. Toplam sertliğin belirlenmesi

Yapılan çalışmalarda 75 mikron boyutundaki Na-Bentonit numunesi, 25 mikron boyutundaki Numune A ve 1 mikron altı nano tanecik boyutundaki Numune B kullanılarak laboratuvar şartlarında hazırlanan sondaj çamurlarının hesaplanan toplam sertliklerinin değerleri Çizelge 6.18’de verilmiştir.

Çizelge 6.18. Sondaj çamurlarının Toplam Sertlik değerleri

Toplam Sertlik (mg/lt. Ca++)							
	Deney I	Deney II	Deney III	Deney IV	Deney V	Std.Sapma	Ortalama
Na- Bentonit	80	78	83	80	81	1,82	80,40
Numune A	80	80	81	78	80	1,10	79,80
Numune B	79	81	80	81	77	2,24	79,60



Şekil 6.19. Sondaj çamurlarının Toplam Sertlik değerleri

Elde edilen deney sonuçlarına göre sondaj çamurlarının Toplam Sertlik değerleri Na-Bentonit için ortalama $80,40 \pm 1,82$, Numune A için $79,80 \pm 1,10$ ve Numune B için $80,00 \pm 2,24$ olarak bulunmuştur. Deney sonuçlarına bakıldığında Na-Bentonitine göre

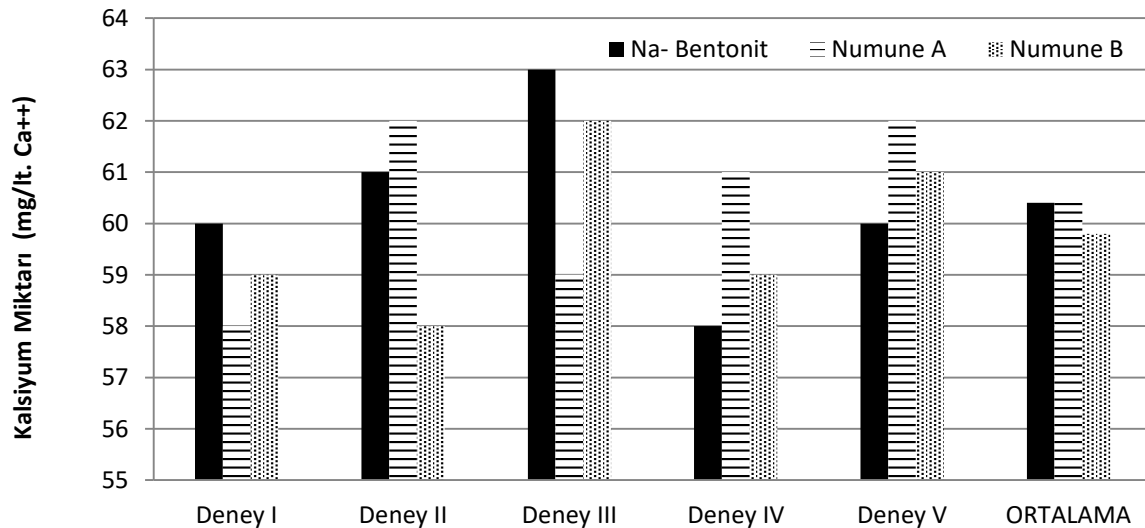
Numune A %0,75, Numune B ise %0,99 oranında toplam sertlik değerinde azalma meydana gelmiştir.

6.4.5. Kalsiyum miktarının belirlenmesi

Yapılan çalışmalarda 75 mikron boyutundaki Na-Bentonit numunesi, 25 mikron boyutundaki Numune A ve 1 mikron altı nano tanecik boyutundaki Numune B kullanılarak laboratuvar şartlarında hazırlanan sondaj çamurlarının içerdiği Kalsiyum miktarı Çizelge 6.19'de verilmiştir.

Çizelge 6.19. Sondaj çamurlarının içerdiği Kalsiyum miktarları

Kalsiyum Miktarı mg/lit. Ca ⁺⁺)							
	Deney I	Deney II	Deney III	Deney IV	Deney V	Std.Sapma	Ortalama
Na- Bentonit	60	61	63	58	60	1,82	60,40
Numune A	58	62	59	61	62	1,80	60,40
Numune B	59	58	62	59	61	1,64	59,80



Şekil 6.20. Sondaj çamurlarının içerdiği Kalsiyum miktarları

Elde edilen deney sonuçlarına göre sondaj çamurlarının Kalsiyum miktarları değerleri Na-Bentonit için ortalama $60,40 \pm 1,82$, Numune A için $60,40 \pm 1,80$ ve Numune B için $59,80 \pm 1,64$ olarak bulunmuştur. Deney sonuçlarına bakıldığında Na-Bentonitine göre

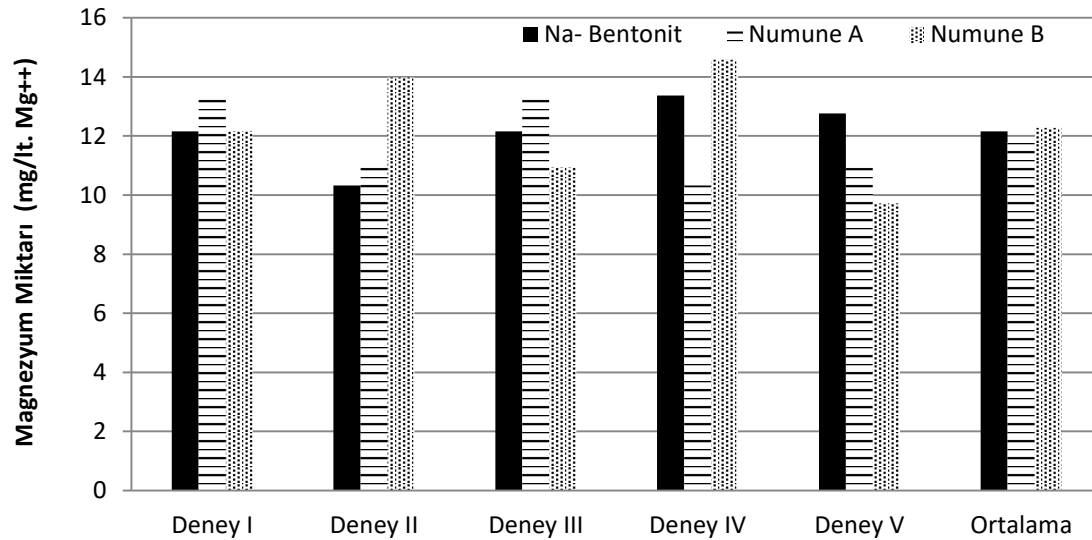
Numune A'de bir değişme olmamış, Numune B ise %0,99 oranında Kalsiyum miktarında azalma görülmüştür.

6.4.6. Magnezyum miktarının belirlenmesi

Yapılan çalışmalarda 75 mikron boyutundaki Na-Bentonit numunesi, 25 mikron boyutundaki Numune A ve 1 mikron altı nano tanecik boyutundaki Numune B kullanılarak laboratuvar şartlarında hazırlanan sondaj çamurlarının içerdiği Kalsiyum miktarı Çizelge 6.20'de verilmiştir.

Çizelge 6.20. Sondaj çamurlarının içerdiği Magnezyum miktarları

Magnezyum Miktarı (mg/lt. Mg++)							
	Deney I	Deney II	Deney III	Deney IV	Deney V	S.Sapma	Ortalama
Na- Bentonit	12,15	10,32	12,15	13,36	12,75	1,14	12,15
Numune A	13,36	10,93	13,36	10,32	10,93	1,46	11,79
Numune B	12,15	13,97	10,93	12,00	9,72	2,03	11,76



Şekil 6.21. Sondaj çamurlarının içerdiği Magnezyum miktarları

Elde edilen deney sonuçlarına göre sondaj çamurlarının Magnezyum miktarları değerleri Na- Bentonit için ortalama $12,15 \pm 1,14$, Numune A için $11,79 \pm 1,46$ ve Numune B için $12,27 \pm 2,03$ olarak bulunmuştur. Deney sonuçlarına bakıldığında Na-Bentonitine göre

Numune A %2,96, Numune B ise %3,25 oranında magnezyum miktarı değerinde azalma meydana gelmiştir.



7. SONUÇLAR

Yapılan Yüksek Lisans tez çalışmasında Tokat Reşadiye bölgesinden tedarik edilen Na-bentonit kili kullanılmıştır. Kullanılan bentonit sondaj çamurlarında kullanıma yönelik TSE EN ISO 13500 standardına uygun olarak üretilmiştir. Na-bentonit kili laboratuvar şartlarında öğütülmüştür.

Na-Bentonit kili ilk önce öğütülerek standartta belirtilen 75 mikron boyutundan 25 mikron ve 1 mikron altı nano tanecik boyutuna öğütülerek indirgenmiştir. Yapılan işlem sonucunda API Spec 13A standardında belirtilen 75 mikron boyutundaki bentonit “Na-Bentonit”, 25 mikron boyutundaki bentonit “Numune A” ve 1 mikron altındaki bentonit “Numune B” olarak adlandırılmıştır.

Elde edilen farklı tane boyutlarındaki bentonit numuneleri ile sondaj çamurları hazırlanmıştır. Bu çamur numuneleri üzerinde öncelikle yoğunluk tayini yapılmıştır. Elde edilen yoğunluk sonuçlarına göre; Na-Bentonit. 1,05 gr/cm³, Numune A: 1,04 gr/cm³, Numune B: 1,04 gr/cm³, olarak tespit edilmiştir. 75 mikron altı olan Na Bentoniti nano boyuta indirgediğimizde yoğunluk olarak çok büyük bir değişim olmadığı görülmüştür.

Sonrasında Na-Bentoniti ve nano boyuttaki bentonitlerin reolojik özellikleri (Na-Bentonitinin Marsh hunisi viskozite değeri, 600RPM, 300RPM, 200RPM, 100RPM okuması, görünür viskozite, plastik viskozite, akma noktası (YP) değeri, 10sn jel mukavemeti, 10dk Jel Mukavemeti ve sıvı kaybı sonuçları) tespit edilmiştir.

Sondaj çamurunun en temel reolojik özelliklerinden olan Marsh hunisi viskozite değeri Na-Bentonit: 36,60 sn, Numune A: 39,40 sn, Numune B: 42,60 sn, olarak bulunmuştur. Elde edilen sonuçlara bakıldığında Numune A'nın, Na-Bentonitine göre %7,65, Numune B'nin ise %16,39'luk bir viskozite değer artışı sağladığı görülmüştür. Bu durum viskozite artırıcı katkı kimyasallarına ihtiyacı azaltarak maliyet avantajı sağlayacaktır ve sondaj çamurunun mühendislik verilerinin artışı bakımından büyük bir önem arz etmektedir.

Yapılan çalışmalarda elde edilen sonuçlara bakıldığında Numune A'nın, Na- Bentonitine göre %26,667 sıvı kaybında azalma sağladığı, Numune B'nin ise %41,905 sıvı kaybında azalma sağladığı görülmüştür. Yüksek sıvı kaybı çamurun reolojik özelliklerinin bozulmasına, kuyu cidarında oluşan kek tabakasının kalınlaşmasına ve takım dizisinde kek oluşumlarının görülmesine neden olabilir. Bu nedenle tane boyutunun küçülmesi sondaj çamurunda sıvı kaybı azaltıcı kimyasalların kullanımına olan ihtiyacı da azalacaktır.

Yapılan çalışmalarda elde edilen sonuçlara bakıldığında Numune A'nın, Na- Bentonitine göre %41,071 görünür viskozite artışı sağladığı, Numune B'nin ise %68,750 görünür viskozite artışı sağladığı görülmüştür. Bununla beraber plastik viskozite üzerine etkileri incelendiğinde Numune A'nın, Na- Bentonitine göre %36,364 plastik viskozitede azalma sağladığı görülmüştür.

Elde edilen sonuçlar Numune A'nın Na- Bentonite göre Akma Noktasını % 28,333 artırdığını, Numune B'nin ise % 51,667 artırdığını göstermiştir.

Nano boyuta indirgenmiş Numune A ve Numune B bentonitlerinin diğer tüm reolojik özelliklerinde %7,65 ile %89,50 oranları arasında bir değerde mühendislik verilerinde artış olduğu görülmüştür. Bu durum sondaj çamurunda polimer ya da fazla miktarda bentonit kullanımını azaltacağı gibi maliyet konusunda da sondaj sektörüne önemli avantajlar sağlayacaktır.

Reolojik özellikleri tespit edilen bentonit numunelerinden sonra kimyasal analizler (pH Ölçümü, Filtrat-Çamur Alkalinitesinin Belirlenmesi, Klor (Cl⁻ İyonu) Miktarının Belirlenmesi, Toplam Sertliğin Belirlenmesi, Kalsiyum Miktarının Belirlenmesi, Magnezyum Miktarının Belirlenmesi) deneyleri yapılmıştır sonuçlar tespit edilmiştir.

Kimyasal analizler sonucunda ise;

Nano boyuta indirgenmiş Numune A ve Numune B bentonitlerinin Na-Bentonitine göre kimyasal özelliklerinde %0,49 ila %17,39 oranları arasında bir değerlerde artış olduğu belirlenmiştir. Nanobentonitin kimyasal özelliklerindeki bu olumlu artış, sondaj sektöründe çok daha az miktarda kimyasal malzeme kullanımına neden olacaktır. Bu durum sondaj firmaları için maliyet açısından olumlu katkılar sunarken, çevresel kirlenme ve kimyasal sondaj atıklarının daha az olmasına sebebiyet verecektir.

KAYNAKLAR

- A. Moslemizadeh, S.R. Shadizadeh, M. Moomenie. (2015). Experimental investigation of the effect of henna extract on the swelling of sodium bentonite in aqueous solution, *Appl. Clay Sci.*, 105, pp. 78-88.
- Abdou, M.I., Al-Sabagh, A.M., Dardir, M.M., (2013). Evaluation of Egyptian bentonite and nano-bentonite as drilling mud, *Egyptian Journal of Petroleum*, Vol:22/1, 53-59.
- Ahmadi M.A. , Galedarzadeh M., Shadizadeh S.R. (2015). Colloidal gas aphron drilling fluid properties generated by natural surfactants: experimental investigation *J. Nat. Gas Sci. Eng.* Vol:15 (4), pp.125-131.
- Akbulut, A., (1991). Niksar-Reşadiye (Tokat)-Koyulhisar (Sivas) yöresi bentonit ön arama raporu: *MTA Der. No. 9264*, Ankara (yayımlanmamış).
- Akbulut, A., (1992). Yazıcık (Niksar-Tokat) bentonit yatağının maden jeolojisi raporu (yayımlanmamış).
- Akbulut, A., (1995). Yazıcık (Niksar-Tokat/Türkiye) bentonitleri: İlk veriler, MTA eğitim serisi, No:32. *Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Maden Etüt Dairesi*, Ankara
- Akbulut, A., (1996). Bentonit, Bilimsel Dökümantasyon ve Tanıtma Dairesi Neşriyat Servis şefliği, Ankara.
- Akbulut, A., (1996). Bentonit, *MTA Eğitim Serisi, No.32*, Ankara
- Akıncı, Ö., (1968). Seramik Killeri ve Jeolojisi, *Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü*, Ankara, Türkiye.
- Alexander, J., (1996). Bentonite, *Industrial and Engineering Chemistry*, Vol:16, 1140-1142.
- Altun, G., Osgouei, A.E., Serpen, U., (2013). Su Bazlı Sepiolit Çamur Özelliklerinin Zorlu Sondaj Koşullarında Deneysel Olarak incelenmesi, *11. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi*, İzmir.
- Ateş, H., Bahçeci, E., (2015). Nano Malzemeler için Üretim Yöntemleri, Gazi Üniversitesi, *Fen Bilimleri Dergisi Part:C, Tasarım ve Teknoloji GU J Sci Part:C* 3(2):483-499.
- Au P.-I., Leong Y.-K.. (2013). Rheological and zeta potential behaviour of kaolin and bentonite composite slurries. *Colloids Surf. A Physicochem. Eng. Asp.*, 436, pp. 530-541.
- B. Abu-Jdayil. (2011). Rheology of sodium and calcium bentonite–water dispersions: effect of electrolytes and aging time. *Int. J. Miner. Process.*, 98 (3), pp. 208-213.
- Bakır, S., Akbulut, A., Kapkaç, F., Karahan, D.S., Çetin, C., (2012). Türkiye Bentonit

- Envanteri. *MTA Envanter Serisi No: 204*, Ankara.
- Braja Das, M., (1983). Advanced Soil Mechanics. *The University of Texas at El Paso Texas*, U.S.A.
- Boussen S., Sghaier D., Chaabani F., Jamoussi B., Messaoud S.B., Bennour A., (2015). The rheological, mineralogical and chemical characteristic of the original and the Na₂CO₃-activated Tunisian swelling clay (Aleg Formation) and their utilization as drilling mud. *Appl. Clay Sci.*, 118, pp. 344-353.
- Caenn, R., Darley H.C.H., Gray, G.R. (2017). Introduction to Drilling Fluids, *Composition and Properties of Drilling and Completion Fluids (Seventh Edition)*, 1-34.
- Chimeddorj, M., (2007). Farklı Bentonitlerin Nem Alıcı (Desikant) Özelliklerinin Belirlenmesi. İstanbul Teknik Üniversitesi, *Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi*, İstanbul.
- Choo K.Y., Bai K., (2015). Effects of bentonite concentration and solution pH on the rheological properties and long-term stabilities of bentonite suspensions. *Appl. Clay Sci.*, 108, pp. 182-190.
- Churchman, G., Askary, M., Peter, P., Wright, M., Raven, M.D., Self, P., (2002). Geotechnical properties indicating enviromental uses for an unusual Australian bentonite. *Applied Clay Science*, No:20, 199-209, Australia.
- Clarke, G., (1985). Industrial Clays: A Special Review. *Industrial Minerals Division of Metal Bulletin Plc.*, U.S.A.
- Çetinel, T., (2008). Na ve Ca Bentonitlerin Soda ve MgO ile Aktivasyonu. Dumlupınar Üniversitesi, *Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi*, Kütahya.
- Çıracı, S., (2005). Tübitak Bilim ve Teknik Dergisi, Ağustos Sayısı
- Çinku, K., (1999). Yazır (Trakya) Bentonitinin Boya Sanayinde Kıvamlaştırıcı Olarak Kullanılmak Üzere Hazırlanması Olanaklarının Araştırılması. *İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi*, İstanbul.
- Çinku, K., Bilge, Y., (2001). Bentonit Aktivasyon Yöntemleri, *10. Ulusal Kil Sempozyumu*, Konya.
- Dardir, M.M. (2005). Synthesis and Evaluation of Some Local Surfactants and Additives for Oil-Well Drilling Fluids, *Ain Shams Univ., Ph.D. Thesis*.
- Darvishi, Z., Morsali, A., (2010). Synthesis and characterization of Nano-Bentonite by sonochemical method. *Elsevier Sciences Publishing Company, Inc.*, New York.
- De Castro, C. and Mitchell, B.S. (2003). Nanoparticles from Mechanical Attrition, in Synthesis, Functionalization and Surface Treatment of Nanoparticles, *M.I. Baraton*,

- editor, *American Scientific Publishers*, p.1.
- Doğan, G., (2007). Mikro ve Nano Hızlı Prototipleme, *Y.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi*. İstanbul.
- Dumlupınar, İ., (2008). Kapıkaya (Eskişehir) Bentonit Oluşumlarının Jeolojik, Mineralojik ve Jeokimyasal Özellikleri. *Afyon Kocatepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi*, Afyonkarahisar.
- Ece, I., Yüce, E., (2002). Bentonit Türkiye Endistriyel Mineraller Envanteri. *IMMIB Yayınları 19-27*, İstanbul.
- Erdoğan, Y. ve Kök, O.E., Tanrıverdi İ. (2017). Çanakkale Tuzla Jeotermal Sondaj Sahası Çamur Maliyetinin Araştırılması, *Çukurova Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, Adana.
- Erdoğan, Y., Kök, O.E., (2017). Çanköy Formasyonundaki Jeotermal Sondaj Çamurunun Reolojik ve Kimyasal Özelliklerinin İncelenmesi, *Türkiye 25. Uluslararası Madencilik Kongresi, Bildiriler Kitabı*, Cilt 1, 763-775, Antalya.
- Erkan, İ., (2008). Reşadiye Bentonitinin Amin İle Modifikasyonu ve Epoksi Bazlı Nanokompozit Malzeme Üretimi, *KTU, Maden Mühendisliği Anabilim Dalı*, Trabzon
- Ertürk, E., (2006). Marmara Bölgesi Bentonit Bilgi Sisteminin Oluşturulması Üzerine Bir Çalışma. *İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi*, İstanbul.
- Eruslu, N., (1993). Türkiye bentonitleri ve döküm kumları araştırma projesi, *DPT Teknolojik Araştırma Projesi*.
- Esmer, K., (2013). Farklı Polimer - Na/Bentonit Nanokompozitlerin Sentezlenmesi ve Yapısal Karakteristiklerinin İncelenmesi, *Marmara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Fizik Anabilimdalı*. İstanbul.
- Dardir F.M., Mohamed A.S., Abukhadra M.R., Ahmed E.A., Soliman M.F., (2018). Cosmetic and pharmaceutical qualifications of Egyptian bentonite and its suitability as drug carrier for Praziquantel drug. *Eur. J. Pharm. Sci.*, 115, pp. 320-329.
- Gogeon, D., Soulard, M., Brendle, J., Chezeau, J., Dred, L., Jeandet, P., Marchal, R., (2003). Analysis of Two Bentonites of Enological Interest Before and After Commercial Activation by Solid Na₂CO₃. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, Vol: 51.
- Grim, R.E., Güven, N., (1978). Bentonites: Geology, Mineralogy, Properties and Uses Developments in Sedimentology. *Elsevier Sciences Publishing Company, Inc.*, New York.
- Gong Z.J., Liao L.B., Lv G.C., Wang X.Y., (2016). A simple method for physical

- purification of bentonite. *Appl. Clay Sci.*, 119, pp. 294-300.
- Gültekin, A., (2002). Bentonit Üzerine Katyon Adsorbsiyonu ve Desorbsiyonun İncelenmesi. *Trakya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi*, Edirne.
- Güven, O., (2010). Farklı Bentonit Tipleri ile Stiren Bütil Akrilat Esaslı Nanokompozitlerin Üretimi ve Karakterizasyonu. *İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi*, İstanbul.
- Huang W., Leong Y.K., Chen T., Au P.I., Liu X., Qiu Z.. (2016). Surface chemistry and rheological properties of API bentonite drilling fluid: pH effect, yield stress, zeta potential and ageing behaviour, *J. Pet. Sci. Eng.*, 146, pp. 561-569.
- İnternet a: Nanoteknolojinedir.com, 17.12.2017 tarihinde erişildi, <http://nanoteknolojinedir.com/upload/files/201303190540Nanoteknoloji-ve-uygulamalari.pdf>.
- İnternet b: Dünyada ve Türkiye’de Nanoteknoloji: 09.03.2018 tarihinde erişildi, <https://nanoteknolojimucizesi.wordpress.com/dunyada-ve-turkiyede-nanoteknoloji/> <https://en.wikipedia.org/wiki/Nanometer>.
- İnternet c: Bentonit: 05.03.2018 tarihinde erişildi, <http://www.mta.gov.tr/v3.0/bilgi-merkezi/bentonit>
- İnternet d: TRIZ-Journal, 25.04.2018 tarihinde erişildi, <http://www.triz-journal.com/archives/2005/10/05.pdf>.
- İnternet e: Tokat- Reşadiye 30.04.2018 tarihinde erişildi, <https://www.google.com/maps/place/Reşadiye>
- İnternet f: MTA 2018 tarihinde erişildi, <https://www.google.com/maps/place/Reşadiye,+Tokat/@40.3922976,37.3325821,16z/data=!3m1!4b1!4m5!3m4!1s0x407cf22b2d2c08ad:0x307bdc4c2174090f!8m2!3d40.392406!4d37.336033>
- İpekoğlu, B., Kurşun, İ., Bilge, Y., Barut, A., (1997). Türkiye Bentonit Potansiyeline Genel Bir Bakış. 2. *Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu*, İzmir, Ankara.
- İşçi, S., (2002). Bentonit Dispersiyonlarına Organik ve İnorganik Katkıların Adsorbsiyonunun Reolojik Özellikleri Üzerine Etkisi, *İ.T.Ü Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi*, İstanbul.
- Kocakuşak, S., Akçay, K., Köroğlu, H.J., Yüzer, H., Ayok, T., Savaşçı, Ö.T., Tolun, R., (1997). Bentonitlerin Silanlama Yöntemi ile Tikotropilerinin Araştırılması. 2. *Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu*, İzmir, Türkiye.

- Kök, O.E., (2017). Nanobentonit eldesi ve karakterizasyonu, *İSTE, Fen Bilimleri Enst. Petrol ve Doğal gaz Mühendisliği Anabilim dalı, Yüksek lisans tezi*, Hatay.
- Kumar R., Kumar V, Rajak D.K., Guria C., (2014). An improved estimation of shear rate using rotating coaxial-cylinder Fann viscometer: a rheological study of bentonite and fly ash suspensions. *Int. J. Min. Process*, 126, pp. 18-29.
- Kut, D., Güneşoğlu, C., (2005). Nanoteknoloji ve tekstil sektöründeki uygulamaları. *Tekstil&Teknik Dergisi*, 224-230, İstanbul.
- Küçükçelebi, H., Taşer, M., Armağan,N., (2000). Ilgıt-Harami Kömür Yatağı Kilinin Kristal Yapısı, *S.Ü. Fen Edebiyat Fakültesi Fen Dergisi*, 17, 59-66.
- Lines M.G., (2008). Nanomaterials for Practical Functional Uses, *Journal of Alloys and Compounds*, 449, 242-245
- Malayoğlu, U., Akar, A., (1995). Killerin Sınıflandırılmasında ve Kullanım Alanlarının Saptanmasında Aranılan Kriterlerin İrdelenmesi. 2. *Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu*, p. 125-133. İzmir, Türkiye.
- Mohammed S., (2017). Effect of temperature on the rheological properties with shear stress limit of iron oxide nanoparticle modified bentonite drilling muds. *Egypt. J. Petrol.*, 26, pp. 791-802.
- Nasser, A. J., Mohiuddin, T., Al Ruqeshi, M., Devi, G., Mohataram, S., (2013). Experimental Investigation of Drilling Fluid Performance as Nanoparticles, *World Journal of Nano Science and Engineering*, Vol: 3, 57-61
- Orhun, F., (2006). Lalapaşa (Edirne) Bentonitlerinin Malzeme Özelliklerinin İncelenmesi ve Rutubet Kontrolünde Kullanılabilirliğinin Araştırılması, *İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi*, İstanbul.
- Özgüven, F.E., (2011). Bir bentonitik kil içindeki simektit minerallerinin nicel olarak belirlenmesi. *Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi*, Ankara.
- Patterson, S.H., Murray, H.H., (1983). Clays, *Industrial Minerals and Rocks*, 1, 14-17
- Rheox, (1997). Rheology handbook, Catalogue.
- Seçkin, A., (2006). Poliimit-Smektit Nanokompozitlerin Hazırlanması ve Fizikokimyasal Özelliklerinin İncelenmesi. *Kil Bilimi ve Teknolojisi Dergisi*, Sayı:1, p. 7-16.
- Shah L.A., Farooq M., Carvalho M.S.F., Silva-Valenzuela M.G., Valenzuela-Díaz F.R.. (2017). Investigation of mineralogy and porosity of two Pakistani bentonites and its corresponding purified bentonites. *Arab. J. Sci. Eng.* 14 (2), pp. 90-96.
- Sharifzadeh, M., (2006). Nanotechnology sector report, Cronus ccapital Markets.

- Skalli, L. , Buckley, J.S., Zhang, Y., Morrow N.R., (2006). Surface and core wetting effects of surfactants in oil-based drilling fluids. *J. Pet. Sci. Eng.*, 52 pp. 253-260
- Sultana N., Das A., Guria C. , Hajra B. , Chitres G. , Saxena V.K. , Pathak A.K., (2017). Kinetics of bentonite nanoclay-catalyzed sal oil (*Shorea robusta*) transesterification with methanol. *Chem. Eng. Res. Des.*, 119, pp. 263-285.
- Toprakezer. F., (2009). Nanokompozit Sentezinde Kullanılacak Na-Bentonit Kilinin Saflaştırılması, *Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri, Kimya Anabilimdalı* , Adana.
- TPAO, (2007). Sondaj Akışkanları Teknolojisi, *Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı, Araştırma Merkezi Daire Başkanlığı*, Ankara.
- Tsai, W.T., (2003). Effect of Particle Size of Activated Clay On The Adsorbition of Paraquat from Aqueous Solution. *Journal of Colloid and Interface Science*, 263, 29-34.
- TÜSİAD, (2008). Nanoteknoloji ve Türkiye. *TÜSİAD rekabet stratejileri dizisi-11*. Yayın no. TÜSİAD-T/2008-11/474
- Vatansever, A., (2009). Reşadiye Bentonitinden Organofilik Bentonit Sentezi. *İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi*, İstanbul.
- Vipulanandan C., Mohammed A., (2015). Effect of nanoclay on the electrical resistivity and rheological properties of smart and sensing bentonite drilling muds. *J. Petrol. Sci. Eng.*, 130, pp. 86-95.
- Windt L. De., Deneele D., Maubec N., (2014). Kinetics of lime/bentonite pozzolanic reactions at 20 and 50 degrees C: batch tests and modeling. *Cem. Concr. Res.*, 59, pp. 34-42.
- Willinberg, V.D., Willems, D., (2005). NRM Nano road map project, Roadmap report on Nanoparticles.
- Wilson, M.,Kannangara, K.,Simmons, M., Raguse, B., (2000). Nanotechnology, Basic Sci. and Emerging Technologies. *A CRC Press Company*. Australia.
- Yaylalı, G., Değirmenci, S., Şirin, B., Akarlar, N., (2001). Türkiye’de Döküm Bentonitlerinin 2000’lerde İyileştirilmesi, *T.M.M.O.B. Metalurji Mühendisleri Odası Metalurji*, 126, 13-19.
- Yazıcı, E., (2009). Ultrasonik sprey piroliz tekniğiyle küresel gümüş nano-parçacıklarının üretimi, *İ.T.Ü. Fen bilimleri Enstitüsü, Yüksek lisans tezi*, İstanbul.
- Yıldız, N., (2004). Kütahya Bentonitinin Soda Aktivasyonu. *Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi*, Ankara.
- Yıldız, N., (2004). Süperkritik Akışkan Ortamında Adsorbantların Rejenerasyonu, *Ankara Üniversitesi, Bilimsel Araştırma Projeleri*, Ankara.

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : TANRIVERDİ, İlknur
 Uyuğu : T.C.
 Doğum tarihi ve yeri : 01.08.1993, Adıyaman
 Medeni hali : Bekar
 Telefon : 0 (507) 539 13 23
 e-mail : ilknur.tanriverdi@iste.edu.tr



Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet Tarihi
Yüksek lisans	İskenderun Teknik Üniversitesi / Petrol ve Doğalgaz Mühendisliği	Devam ediyor
Lisans	İskenderun Teknik Üniversitesi / Petrol ve Doğalgaz Mühendisliği	2016
Lise	Adıyaman Fatih Anadolu Lisesi	2011

İş Deneyimi

Yıl	Yer	Görev
2018-Halen	Turkish Petroleum International Company	Mühendis
2017-2018	İSTE-TTO	Uzman
2016-2017	Sandoz İlaç A.Ş.	Uzman

Yabancı Dil

İngilizce

Yayınlar

ERDOĞAN YASİN,KÖK ONUR ESER,TANRIVERDİ İLKNUR (2017). *Çanakkale Tuzla Jeotermal Sondaj Sahası Çamur Maliyetinin Araştırılması*. Çukurova Üniversitesi Mühendislik- Mimarlık Fakültesi Dergisi, 32(4) (Kontrol No: 3747259)

- ERDOĞAN YASİN, KÖK ONUR ESER, TANRIVERDİ İLKNUR (2017). *Bir Jeotermal Sondaj Sahasında İnsan Kaynaklı Tehlikelerin Risk Analizi*. Uluslararası Maden İşletmelerinde İşçi Sağlığı ve İş Güvenliği Sempozyumu, 1, 262-280. (Tam Metin Bildiri/Sözlü Sunum)(Yayın No:3631763)
- ERDOĞAN YASİN, KÖK ONUR ESER, Tanrıverdi İlknur (2017). *Atık Alexandrette Siyah Mermer Tozunun Sondaj Çamurlarında CaCO₃ Olarak Kullanımı*. 2nd International Mediterranean Science and Engineering Congress, 1, 172-178. (Tam Metin Bildiri/Sözlü Sunum)(Yayın No:3695786)
- ERDOĞAN YASİN, Yıldız Muhammed İkbâl, KÖK ONUR ESER, Tanrıverdi İlknur (2017). *Optimization of Petroleum Drilling Bits*. International İskenderun Bay Symposium, 1, 72 (Özet Bildiri/Sözlü Sunum)(Yayın No:363583)
- ERDOĞAN YASİN, KÖK ONUR ESER, TANRIVERDİ İLKNUR (2017). *Çanakkale Tuzla Bölgesi Jeotermal Sondaj Sahasının İş Güvenliği Açısından Değerlendirilmesi ve Risk Analizi*. 25. Uluslararası Madencilik Kongresi ve Sergisi, 1, 399-407. (Tam Metin Bildiri/Sözlü Sunum)(Yayın No:3522345)



TEKNOVERSİTE



teknoversite **AYRICALIĞINDASINIZ**

İSTE

