



İSKENDERUN TEKNİK
ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

**YÜKSEK
LİSANS
TEZİ**

**NANOPARTİKÜL MADDELERLE
FONKSİYONELLEŞTİRİLMİŞ
GRAFEN OKSİDİN SONDAJ ÇAMURU
KATKI MALZEMESİ OLARAK
KULLANILMASI**

Semih TIKNAS

**PETROL VE DOĞALGAZ MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI**





**NANOPARTİKÜL MADDELERLE FONKSİYONELLEŞTİRİLMİŞ GRAFEN
OKSİDİN SONDAJ ÇAMURU KATKI MALZEMESİ OLARAK KULLANILMASI**

Semih TIKNAS

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

**İSKENDERUN TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**

TEMMUZ 2022

Semih TIKNAS tarafından hazırlanan “NANOPARTİKÜL MADDELERLE FONKSİYONELLEŞTİRİLMİŞ GRAFEN OKSİDİN SONDAJ ÇAMURU KATKI MALZEMESİ OLARAK KULLANILMASI ”adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından OY BİRLİĞİ ile İskenderun Teknik Üniversitesi Petrol ve Doğalgaz Mühendisliği Anabilim Dalında YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Danışman: Doç. Dr. Abdullah ÖZKAN

Petrol ve Doğalgaz Mühendisliği Anabilim Dalı, İskenderun Teknik Üniversitesi

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

.....
.....

Başkan: Prof. Dr. Şana SUNGUR

Analitik Kimya Anabilim Dalı, Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi

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

.....
.....

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.

.....
.....

Tez Savunma Tarihi: 19/07/2022

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

.....

Doç. Dr. Ersin BAHÇECİ

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Müdürü

ETİK BEYAN

İskenderun Teknik Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- Tez üzerinde Yükseköğretim Kurulu tarafından hiçbir değişiklik yapılamayacağı için tezin bilgisayar ekranında görüntülediğinde 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.

İmza

Semih TIKNAS

19/07/2022

NANOPARTİKÜL MADDELERLE FONKSİYONELLEŞTİRİLMİŞ GRAFEN OKSİDİN SONDAJ ÇAMURU KATKI MALZEMESİ OLARAK KULLANILMASI

(Yüksek Lisans Tezi)

Semih TIKNAS

İSKENDERUN TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

Temmuz 2022

ÖZET

Bu tez çalışmasında; Hummers metodu ve kimyasal yöntem kullanılarak nanopartikül maddeler üretilmiş, SEM, XPS, XRD ve Raman spektroskopisi ile karakterize edilmiştir. Daha sonra nano malzemelerin sondaj çamuruna farklı konsantrasyonlarda (0,0005-0,001-0,005-0,01 % k/h) ilave edilmesi ile sondaj çamurları hazırlanmıştır. Nanopartikül maddelerin sondaj çamuruna katılmasının ardından PV, AV, YP, jel mukavemeti, filtrasyon kaybı, kek kalınlığı, pH ve yoğunluk analizleri Amerikan Petrol Enstitüsü (API) standartlarına göre analiz edilmiştir.

Çalışma sonucunda sondaj çamuruna farklı oranlarda katılan grafen ve AgNPs/GO'in spud (katkısız) çamura kıyasla PV değerlerinde herhangi etkiye neden olduğu görülmemiş, ancak GO ve AgNPs@AuNPs/GO ilavesi sonucunda sırasıyla; % 67, % 33 oranında pozitif yönde etki ettiği tespit edilmiştir. Ayrıca; grafen, GO, AgNPs/GO ve AgNPs@AuNPs/GO ilavesi sonucunda, AV değerlerinin sırasıyla; % 17,6, % 44, % 18,75, % 26 oranlarında arttığı, YP değerlerinin sırasıyla; % 44,4, % 44, % 30, % 22 oranlarında arttığı, 10 saniye değerlerinin sırasıyla; % 55,5, % 33, %30, % 66,6 oranlarında arttığı, 10 dakika değerlerinin sırasıyla; % 30,7, % 43, % 42, % 46 oranında arttığı, sıvı kaybı değerlerinin sırasıyla; % 10, % 9,52, % 8,4, % 3,84 oranında azaldığı, kek kalınlıklarının sırasıyla; % 10, % 10, % 33,3, % 27,2 oranlarında arttığı görülmektedir. Tüm nano malzemeler kendi aralarında mukayese edildiğinde sondaj çamuruna en iyi katkılama oranının % 0,001 olduğu tespit edilmiştir.

AnahtarKelimeler : Su bazlı sondaj çamuru, Grafen, Grafen oksit (GO), AgNPs/GO, AgNPs@AuNPs/GO, Reolojik ve filtrasyon özellikler

SayfaAdedi : 58

Danışman : Doç. Dr. Abdullah ÖZKAN

USING GRAPHEN OXIDE FUNCTIONALIZED WITH NANOPARTICLE
MATERIALS AS DRILLING MUD ADDITIVE MATERIAL
(M. Sc. Thesis)

Semih TIKNAS

ISKENDERUN TECHNICAL UNIVERSITY
GRADUATE EDUCATION INSTITUTE

July 2022

ABSTRACT

In this thesis study; Nanoparticles were produced using Hummers method and chemical method and characterized by SEM, XPS, XRD and Raman spectroscopy. Then, drilling muds were prepared by adding nanomaterials to the drilling mud at different concentrations (0.0005-0.001-0.005-0.01 % k/v). After the nanoparticles were added to the drilling mud, PV, AV, YP, gel strength, filtration loss, cake thickness, pH and density analyzes were analyzed according to the American Petroleum Institute (API) standards.

As a result of the study, it was not seen that graphene and AgNPs/GO added to the drilling mud at different rates caused any effect on PV values compared to spud mud, but as a result of the addition of GO and AgNPs@AuNPs/GO; It has been determined that it has a positive effect of 67% and 33%. Moreover; as a result of the addition of graphene, GO, AgNPs/GO and AgNPs@AuNPs/GO, the AV values were respectively; increased by 17.6%, 44%, 18.75%, 26%, YP values; increased by 44.4%, 44%, 30%, 22%, 10 second values; increased by 55.5%, 33%, 30%, 66.6%, 10 minutes values; increased by 30.7%, 43%, 42%, 46%, filtration loss values; decreased by 10%, 9.52%, 8.4%, 3.84%, cake thickness; increased by 10%, 10%, 33.3%, 27.2%. When all nanomaterials were compared among themselves, it was determined that the best addition ratio to the drilling mud was 0.001%.

KeyWords : Water-based drilling mud, Graphene, Graphene oxide (GO), AgNPs/GO, AgNPs@AuNPs/GO, Nanomaterial, Rheological and filtration properties
PageNumber : 58
Supervisor : Assoc. Prof. Dr. Abdullah ÖZKAN

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans tez konusunun belirlenmesinden bitimine kadar beni engin tecrübeleri ile yönlendiren, gerekli çalışma ortamını sağlayan, moral ve motivasyon olarak her zaman yanımda duran danışmanım Sayın Doç. Dr. Abdullah ÖZKAN' a namütenahi teşekkürlerimi sunarım.

Laboratuvar çalışmalarımnda bana yardımcı olan saygı değer Dr. Öğr. Üyesi Vildan ÖZKAN ve değerli dostum Petrol ve Doğalgaz Yüksek Mühendisi Çağlar EKER' e sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Ayrıca nano malzemelerin üretim ve karakterizasyonu sürecinde her türlü katkı ve desteklerini esirgemeyen Prof. Dr. Necip ATAR ve Prof. Dr. Mehmet Lütfi YOLA hocalarıma müteşekkirim.

Hayatım boyunca maddi ve manevi olarak arkamda duran, çalışmalarımnda motivasyonumun yüksek kalmasını sağlayan, duaları ile önümü aydınlatan aileme hayatım boyunca şükranlarımı sunarım.

Psikolojik olarak tez çalışmamda desteklerini esirgemeyen herkese teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	iv
ABSTRACT	v
TEŞEKKÜR	vi
İÇİNDEKİLER	vii
ÇİZELGELERİN LİSTESİ	x
ŞEKİLLERİN LİSTESİ	xi
RESİMLERİN LİSTESİ	xiii
SİMGELER VE KISALTMALAR	xiv
1.GİRİŞ	1
2. KAVRAMSAL ÇERÇEVE	5
2.1. Sondaj Akışkanları (Çamuru)	5
2.2. Sondaj Akışkanlarının Sınıflandırılması	6
2.3. Sondaj Akışkanlarının Görevleri	7
2.4. Sondaj Akışkanının Değerlendirilmesi	7
2.4.1. Formasyon değerlendirilmesi	8
2.4.2. Matkap ilerleme hızı	8
2.4.3. Üretim zonunun kirlenmesi	8
2.4.4. Kuyu stabilitesi	8
2.4.5. Korozyon	8
2.4.6. Maliyet	9
2.5. Sondaj Akışkanının Özellikleri	9
2.5.1. Çamur ağırlığı (Yoğunluk)	9
2.5.2. Sıvı kaybı (Filtrasyon)	9
2.5.3. Reolojik özellikler	10
2.6. Sondaj Akış Testlerinin Tahlili	18
2.6.1. Fiziksel özelliklerin tahlili	19
2.6.2. Kimyasal özelliklerin tahlili	22
2.7. Karbon ve Allotropları	22
2.7.1. Grafen oksit (GO)	25
2.8. Nanopartikül Malzeme	28

	Sayfa
2.9. Sondaj Akışkanlarının Karakterizasyon Yöntemleri	28
2.9.1. X-ışını floresans spektrometresi (XRF)	28
2.9.2. Taramalı elektron mikroskobu (SEM)	29
2.9.3. X-ışını fotoelektron spektroskopisi (XPS)	29
2.9.4. Geçirimli elektron mikroskobu (TEM)	29
2.9.5. Raman spektroskopisi	30
2.9.6. X ışını kristalografisi	30
3. MATERYAL VE METOD	31
3.1. Grafen Oksit (GO) Üretimi	31
3.2. Grafen Üretimi	31
3.3. Altın Nanopartiküllerin Üretimi (AuNPs)	31
3.4. Gümüş Nanopartiküllerin Üretimi (AgNPs)	32
3.5. AgNPs/GO Üretimi	32
3.6. AgNPs@AuNPs/GO Üretimi	32
3.7. Su Bazlı Sondaj Çamurunun Hazırlanması	33
4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA	36
4.1. X Işını Fotoelektron Spektroskopi (XPS) Analizi	36
4.2. Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM)	37
4.3. X Işını Kristalografisi (XRD)	38
4.4. Raman Spektroskopisi	39
4.5. Grafen, GO, AgNPs/GO ve AgNPs@AuNPs/GO'nun Su Bazlı Sondaj Çamurunun Reolojik Özelliklere Etkisi	39
4.6. Grafen, GO, AgNPs/GO ve AgNPs@AuNPs/GO'nun Su Bazlı Sondaj Çamurunun Jel Mukavemet Değerine Etkisi	43
4.7. Grafen, GO, AgNPs/GO ve AgNPs@AuNPs/GO'nun Su Bazlı Sondaj Çamurunun Filtrasyon ve Kek Kalınlığı Etkisi	46
4.8. Grafen, GO, AgNPs/GO ve AgNPs@AuNPs/GO'nun Su Bazlı Sondaj Çamurunun Yoğunluk Etkisi	48
4.9. Grafen, GO, AgNPs/GO ve AgNPs@AuNPs/GO'nun Su Bazlı Sondaj Çamurunun pH Etkisi	48
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	50

Sayfa

KAYNAKLAR	53
DİZİN	58



ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 1.1. Sondaj akışkanlarının sınıflandırılması	1
Çizelge 2.1. Karbon allotropların özellikleri	23
Çizelge 3.1. Hazırlanan sondaj çamur numuneleri	34
Çizelge 3.2. Na- Bentonitin kimyasal bileşimi	35



ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 2.1. Akış modeli	11
Şekil 2.2. Newtoniyen akışkanlar	12
Şekil 2.3. Newtoniyen olmayan akış için kayma gerilme-kesme hız diyagramı	13
Şekil 2.4. Newton olmayan akış için viskozite-kayma hız diyagramı	13
Şekil 2.5. Kayma hızı	16
Şekil 2.6. Newton tipi olmayan akışkanlarda sabit kayma gerilmesi hızında kayma gerilmesinin değişimi	17
Şekil 2.7. Görünür viskozitenin kayma gerilmesi ile değişimi	17
Şekil 2.8. Newtoniyen ve newtoniyen olmayan akışkanların akış eğrileri	18
Şekil 2.9. Karbon allotroplarının görünümü a) elmas, b) grafit, c) fulleren, d) karbon nanotüp	25
Şekil 2.10. Grafen levhasının rulo olmasıyla oluşan ÇKKNT ve TKKNT	25
Şekil 2.11. Grafen oksitin yapısal modeli	26
Şekil 4.1. Grafen katkılı sondaj çamurlarının PV, AV ve YP değerleri	39
Şekil 4.2. GO katkılı sondaj çamurlarının PV, AV ve YP değerleri	40
Şekil 4.3. AgNPs/GO katkılı sondaj çamurlarının PV, AV ve YP değerleri	40
Şekil 4.4. AgNPs@AuNPs/GO katkılı sondaj çamurlarının PV, AV ve YP değerleri	40
Şekil 4.5. Grafen, GO, AgNPs/GO ve AgNPs@AuNPs/GO'in sondaj çamurundaki PV değerleri	41
Şekil 4.6. Grafen, GO, AgNPs/GO ve AgNPs@AuNPs/GO'in sondaj çamurundaki AV değerleri	41
Şekil 4.7. Grafen, GO, AgNPs/GO ve AgNPs@AuNPs/GO'in sondaj çamurundaki YP değerleri	42
Şekil 4.8. Grafen katkılı çamurun jel mukavemet değeri	44
Şekil 4.9. GO katkılı çamurun jel mukavemet değeri	44
Şekil 4.10. AgNPs/GO katkılı çamurun jel mukavemet değeri	44
Şekil 4.11. AgNPs@AuNPs/GO katkılı çamurun jel mukavemet değeri	45
Şekil 4.12. Grafen, GO, AgNPs/GO ve AgNPs@AuNPs/GO'in sondaj çamurundaki 10 saniye değerleri	45

Sayfa

Şekil 4.13. Grafen, GO, AgNPs/GO ve AgNPs@AuNPs/GO'in sondaj çamurundaki 10 dakika değerleri	46
Şekil 4.14. Grafen, GO, AgNPs/GO ve AgNPs@AuNPs/GO'in sondaj çamurundaki filtrasyon değerleri	47
Şekil 4. 15. Grafen, GO, AgNPs/GO ve AgNPs@AuNPs/GO'in sondaj çamurundaki kek kalınlığı değerleri	47
Şekil 4. 16. Grafen, GO, AgNPs/GO ve AgNPs@AuNPs/GO'in sondaj çamurundaki yoğunluk değerleri	48
Şekil 4. 17. Grafen, GO, AgNPs/GO ve AgNPs@AuNPs/GO'in sondaj çamurundaki pH değerleri	49

RESİMLERİN LİSTESİ

Resim	Sayfa
Resim 2.1. Çamur terazisi	19
Resim 2.2. FANN35 döner viskozimetre	21
Resim 2.3. Filtre keki	21
Resim 2.4. API filtre press	21
Resim 2.5. pH metre	22
Resim 3.1. 16 saat yaşlandırılan çamurlarlar	34
Resim 3.2. Sondaj katkı malzemeleri a) bentonit b) barit	34
Resim 3.3. Sondaj çamurunda kullanılan NP'ler a) AgNPs@AuNPs/GO b) AgNPs/GO c) GO d) Grafen	34
Resim 4.1. Grafen/Grafen Oksitin XPS görüntüleri	36
Resim 4.2. AgNPs/GO'un XPS görüntüleri	36
Resim 4.3. AgNPs@AuNPs/GO'un XPS görüntüleri	37
Resim 4.4. Sentezlenen GO, AgNPs@AuNPs/GO SEM görüntüleri a) GO b) AgNPs@AuNPs/GO	38
Resim 4.5. Spud (katkısız) çamura ait SEM görüntüleri	38
Resim 4.6. AgNPs@AuNPs/GO'in X ışın kristalografisi	38
Resim 4.7. GO'un raman spektroskopisi görüntüsü	39

SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Simgeler

A

Açıklamalar

Alan

cP

Santi poise

eV

Elektron volt

Nm

Nanometre

μ

Viskozite

μ_a

Görünür Viskozite

μ_p

Plastik Viskozite

ρ_m

Çamur Ağırlığı

γ

Kayma hızı

Kısaltmalar

API

Açıklamalar

Amerikan Petrol Enstitüsü

AV

Görünür viskozite

CMC

Karbonsi metil selüloz

GNP

Grafen nano trombositler

GO

Grafen oksit

M.Ö

Milattan

MWCNT

Çok duvarlı karbon nanotüp

PV

Plastik viskozite

SEM

Taramalı electron mikroskobu

TPAO

Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı

YP

Akma Noktası

1. GİRİŞ

Sondaj operasyonunun amacı, sismik verilerle belirlenen yeraltı rezervlerinin jeolojik yapısının ve boyutunun doğru bir şekilde analiz edilmesi ve planlanan işlemleri yerine getirmesidir. Eski çağlara dayanan sondaj işlemi 3500-5000 yıllık köklü bir geçmişe sahiptir. M.Ö. 2000 yılında, Çinliler içme suyu bulabilmek için perküsyon matkabına benzerlik gösteren bir sistem tasarlayarak sondaj kuyusu açmışlardır.

Günümüzde sondaj işlemleri petrol, doğalgaz, su, jeotermal, taş ve maden ocakları, karot çıkarmak, havalandırmalar açmak, drenaj işlemleri, düzlemsel ve eğik delikler açarak su veya gaz aktarma, baraj zemin etütleri dâhil birçok alanda kullanılmaktadır. Sondaj işlemleri ile istenilen derinlikteki hidrokarbon yataklarına ulaşılarak üretimin verimli olması istenmektedir. Petrol, doğalgaz ve jeotermal kuyularındaki derinlikler sıcaklık ve basınç farklılıklarını beraberinde getirmiş ve yeni keşiflerinin yolunu açmıştır. Yapılan araştırmalar sonucunda sondaj kuyularındaki sıcaklık ve basınç farklılıkları sondaj çamuru ile dengelendiği tespit edilmiştir. Sondaj çamuru, sondaj devamlılığı için gerekli olan birçok işlevi gerçekleştirmek ve farklı katkı maddeleri ile takviye edilmiş, su, organik ve gaz bazlı bir sirkülasyon sıvılarından oluşmaktadır [1-2].

Çizelge 1.1. Sondaj akışkanlarının sınıflandırılması

Su Bazlı Akışkanları		Organik Bazlı Akışkanlar	Hava Bazlı Akışkanlar
İnhibitiv Olmayan Akışkanlar	İnhibitiv Akışkanlar		
Bentonit çamuru, Ligno sülfat çamuru, Düşük katı maddeli çamurlar	Kireç çamuru, Tuzlu Su çamuru, Potasyum/polimer çamuru	Petrol çamuru, Sentetik çamurlar	Hava, Gaz, Köpük, Mist

Sondaj çamuru petrol, gaz ve jeotermal sondaj endüstrisi için önemlidir. Çünkü kesilen kırıntıların yüzeye taşınması, matkap ucunun yağlanması, kuyu cidarına hidrostatik basınç uygulayarak kuyu güvenliğini sağlanması, kuyu deliğinde bir filtre keki oluşturarak sıvı kaybını en aza indirmek gibi görevleri üstlenmektedir.

Sondaj kuyularında formasyon ile kuyu arasındaki geçişleri önlemek amacı ile sondaj çamuruna bentonit eklenmektedir. Derin kuyularda bentonit haricinde kuyunun basınç farklılıklarını dengelemek için çamur içerisinde kalsiyum karbonat ve barit gibi ağırlaştırıcı malzemeler de katılmaktadır. Ancak jips ve kalsiyum sülfat açısından fazla olan formasyonlarda ilerleme hızının sağlıklı gerçekleşmesi için doymuş tuzlu su çamuru ve kireç çamuru kullanılmaktadır. CMC ve nişasta gibi çamur ağırlığını etkileyen maddelerde sondaj çamurunda kullanılmaktadır [3]. Fakat sondaj sahalarında kuyu veya formasyon kaynaklı sorunları önlemek için, sondaj çamurunun esnek bir yapıya sahip olması gerekmektedir. Dolayısıyla derin sondajlarda istenilen sondaj çamurlarının sondaj işlemlerini daha verimli hale getirerek beklentileri karşılaması istenmektedir.

Sondaj çamurlarına son zamanlarda nano ve mikro boyutlu malzemeler eklenerek kuyu içerisinde formasyona çamur geçişleri veya formasyonun kuyu içine akması gibi sorunlar önlenmeye çalışılmıştır. Aynı zamanda filtrat kayıplarının azaltılması amaçlanarak, güvenlik ve maliyet açısından pratik çözüm üretilmiştir [4].

Metre cinsinden milyarda bir anlamına gelen nano sözcüğü geniş yelpazesi sayesinde bilim ve mühendislik sektörü için önemli bir anlam ifade etmektedir. Petrol ve doğalgaz endüstrisi ve diğer endüstrilerde nanoteknolojiden büyük faydalar sağlamaktadır. Petrol ve doğalgaz mühendisliğinde sondaj çamurları başta olmak üzere kuleler ile platform için korozyon önleyici nano kaplamalar ve rezervuar sıcaklığı ölçümleri için de nano şeritler kullanılmaktadır [5].

Son araştırmalar nanopartiküllerin sondaj çamurlarına eklenmesiyle iyi bir jel oluşumu, sıvı kaybında azalma, kum için bağlanma kabiliyeti ve aşınmayı kontrol altında tutma gibi özelliklerine katkı sağladığı tespit edilmiştir [6].

Su bazlı sondaj çamurlarına katkılanan nanopartikül maddelerin kuyularda yaşanan sorunları azaltıcı yönde olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca, sondaj sıvılarında nanopartiküllerin kullanımı teknik ve ekonomik faydalar da sağlamaktadır. Teknik olarak nano akışkanlar, kullanıldıkları üretim tekniklerinde ve ağır sondajlarda üstün başarı sağlamaktadır. Ekonomik olarak kullanıldığında da sondaj sıvılarının maliyetini düşürmektedir [7].

Araştırmacılar nanomalzemeler ile yaptıkları çalışmalarda daha çok plastik viskozite (PV), kopma noktası (YP), görünür viskozite (AV), jel mukavemeti gibi reolojik özelliklerinin geliştirilmesine, filtrasyon kayıplarının önlenmesine ve kuyu sorunlarının çözümlenmesine odaklanmışlardır.

İsmail ve diğerleri (2014), çok duvarlı karbon nanotüplerin (MWCNT) ve alüminyum oksidin su bazlı sondaj çamuru üzerindeki etkilerini araştırmışlardır. Sonuç olarak bu iki katkı maddesinin, sondaj çamurunun yüksek sıcaklık ve basınçlarda (HPHT) viskoziteyi artırabileceğini, sıvı kaybını ve çamur keki kalınlığını azaltabileceğini tespit etmişlerdir.

Özkan ve arkadaşları (2020), Al_2O_3 nanopartiküller içeren çok duvarlı karbon nanotüpler kullanılarak deneysel bir araştırma yapmışlardır. Araştırmanın sonucunda olası nanomalzeme ilavesiyle sondaj çamurunun reolojik ve filtrasyon özelliklerin iyileştiğini tespit etmişlerdir.

Mostofi ve arkadaşları (2018)' de yaptıkları çalışmada yeni bir kil/silika nanokompozit sentezlemiş ve sentezledikleri nanokompozitin su bazlı sondaj sıvıları üzerindeki etkisi araştırmışlardır. Yüksek sıcaklıklarda sondaj çamurunun reolojik ve filtrasyon kaybını önemli ölçüde iyileştirdiğini tespit etmişlerdir.

Amanullah ve Ashaf (2009), nitelikli fonksiyonel özelliklere sahip nano akışkanların sondaj problemlerini ortadan kaldırarak veya azaltarak, dizi yapışmasını en aza indirerek, kuyu temizleme, ekipman aşınması vb. sorunlardan kaynaklı milyonlarca dolar tasarruf sağlayabileceklerini belirtmişlerdir.

Kosynkin ve arkadaşları (2011), su bazlı sondaj çamurlarına grafen oksit katkılayarak reolojik ve filtrasyon özelliklerini incelemişlerdir. Grafen oksit içeren çamurların

reolojik özelliklerinde artışlar olduğunu tespit etmişlerdir. Filtrasyon kaybı değerinin 6,1 mL olduğunu ve 20 mm kalınlığında bir filtre keki bıraktığını tespit etmişlerdir.

Rashid ve arkadaşları (2018), su bazlı sondaj sıvısının sürtünme katsayısını azaltmak için çok duvarlı karbon nanotüpler (MWCNT) ve grafen nanotrombositler (GNP) ekleyerek sondaj sıvılarının fiziksel ve kimyasal özelliklerinin araştırmışlardır. Su bazlı sondaj sıvısındaki nanomalzeme davranışı, sondaj sıvısının kayganlığının artırılmasını desteklemiş ve sondaj sıvısının plastik viskozitesi, görünür viskozite, akma noktası ve filtrat kaybı gibi sondaj sıvısının reolojik özelliklerini marjinal olarak iyileştirdiğini tespit etmişlerdir.

Özkan ve diğerleri (2022), grafen oksit katkılı su bazlı sondaj çamurunu incelemişlerdir. Grafen oksit katkısının çamurda; 10 saniye ve 10 dakika değerlerinde % 33 ve % 43, PV'de % 67, AV'de % 44 ve YP'de % 30 artış saptamışlardır. Sıvı (filtrasyon) kaybı değerinin de % 9,52 oranında azaldığını tespit etmişlerdir.

Mohideen ve arkadaşları (2019), çok duvarlı karbon nanotüp (MWCNT) ve grafen oksitin (GO) çeşitli kombinasyonlarını kullanarak, su bazlı sondaj sıvısına katkılanmışlardır. Sentezlenen çok duvarlı karbon nanotüplerün hidrofobik özelliklerinin bir sonucu olarak su bazlı sondaj sıvısının filtrasyon kaybını azalttığı ve jel mukavemetini arttırdığını tespit etmişlerdir.

Bu tez çalışmasında grafen, grafen oksit (GO), AgNPs/GO ve AgNPs@AuNPs/GO'un sondaj çamurundaki reolojik özelliklere etkisi araştırılmıştır. Bu kapsamda yaygın olarak kullanılan çamur türü olan su bazlı sondaj çamurları hazırlanmış ve bu sondaj çamurlarına farklı oranlarda (0,0005-0,001-0,005-0,01 % k/h) sentezlenen nanomalzemeler eklenmiştir.

Sondaj çamurunu analiz etmek için FANN35 viskozitesi kullanılarak; plastik viskozite, görünür viskozite ve jel mukavemeti bakımından reolojik özellikleri ayrıntılı olarak analiz edilmiştir. Ayrıca API sıvı kaybı test cihazları kullanılarak sondaj çamurunun sıvı kaybı testi de yapılmıştır [8].

2. KAVRAMSAL ÇERÇEVE

2.1. Sondaj Akışkanları (Çamuru)

Sondaj akışkanları, sondaj operasyonlarındaki formasyonlarda daha hızlı ve etkili bir biçimde ilerlemeye ve problemleri ortadan kaldırmaya yardımcı olarak gerekli katkı maddeleri ile ihtiyaç duyulan sirkülasyonu sağlamak için geliştirilen organik, su ve gaz bazlı sıvı olarak tanımlanmaktadır. Bu akışkanlar, içerisine katıldığı maddelerden dolayı maliyet veya çevre kirliliğine sebebiyet vermektedir. Aynı zamanda farklı konsantrasyonlarda birçok katkı malzemesinin sondaj akışkanlarına katılarak akışkanın karmaşık bir yapıya bürünmesine ve kuyu terkine sebebiyet vermektedir.

Sondaj devam ederken çamur yoğunluğu, formasyon farklılıklarına göre değişiklik göstermektedir. Sirkülasyon devamlılığı, tij ve matkap sıkışmalarını önlemek amacı ile akışkan (çamur), sıklıkla kontrol edilir. Kontrol esnasında çamuru istenilen özelliğe getirmek için bir dizi işlem uygulanır [9]. Bu durum kimi zaman maliyet sınırlarının aşılmasına yol açar.

Sondaj çamurunun istenilen kuyu şartlarında ve yüksek performanslı tasarlanmış olması gerekmektedir. Sondaj sistemleri için tasarlanmış olan çamurların teknolojik gelişmeleri takip etmesi her koşul için maliyeti beraberinde getirmektedir. Sondaj çamurunun hazırlanmasında katkı malzemesi olarak en çok kullanılan malzemeler; pH'ı belirli kontrol seviyesinde tutması için asidite ve alkalinite maddeleri, korozyon önleyici inhibitörler, köpüklenme gidericiler, formasyondan kuyu içine veya dışına sıvı kayıplarını önleyici malzemeler ve belirli bir tork ile dönen sondaj malzemelerin soğutulması ve yağlanması açısından gerekli maddeler olarak özetlenebilmektedir.

Jips ve kalsiyum sülfatça zengin olan bölgelerde ilerleme hızının sağlıklı gerçekleşmesi için doymuş tuzlu su çamuru ve kireç çamuru tercih edilmelidir. CMC ve nişasta gibi çamur ağırlığını etkileyen maddeler de sondaj çamuru için sıklıkla kullanılmaktadır [3]. Fakat bu malzemeler sondaj çamurunda ani viskozite artışlarına, çamurda toplaşmalara ve ilave kimyasal kullanımına ve hatta kuyunun terk edilmesi gibi problemlere yol açmaktadır.

Sondaj operasyonlarında, sondaj çamurunda kullanılan malzemelerin, çamuru sistematik olarak etkilediği akademik çalışmalar ve sondaj sahalarındaki gözlemler ile tespit edilmiştir. Örneğin; maliyet, kuyu devamlılığı ve çevre etkisi yönünden incelendiğinde nano boyutlu katkı maddelerin sondaj çamuruna ilavesi sondaj operasyonunun hızını arttırmaktadır.

2.2. Sondaj Akışkanlarının Sınıflandırılması

Sondaj devam ederken formasyon farklılıkları, kuyuda sorunları beraberinde getirebilmektedir. Bu tür problemlerde, olası formasyon çeşitliğine göre farklı çamur tiplerinin kullanılmasına yol açmaktadır. Dış fazın geçirgenliğine ve kimyasal yapılarına göre çamur tipleri; organik, hava ve su bazlı akışkanlar olarak üç ana gruba ayrılmaktadır.

Organik bazlı sondaj akışkanlar

Organik bazlı sondaj sıvıları kil hidrasyonunu azaltma, yüksek kayganlık ve direnç özelliğine sahiptir. Bu tür sondaj sıvıları, sıcaklığı ve basıncı yüksek kuyularda oluşabilecek doğal sertlikleri ve hasarı minimize etmek için tercih edilmektedir. Aynı zamanda çok kirli formasyonlarda ve çamur kaçaklarının olduğu sondaj sahalarında da organik bazlı sondaj çamurları tercih edilmektedir. Bu çamur türü, tercihen yüksek sıcaklık oluşumlarında, suyu seven şeylerde, düşük gözenekli basınçlı formasyonlarda ve kalın tuz oluşumlarında kullanılmaktadır. Fakat çevre ve güvenlik açısından dikkatli kullanılması gerekmektedir [11].

Hava bazlı sondaj akışkanlar

Hava bazlı sondaj çamur tiplerinde, sondaj çamurunun kuyu içerisinde dolaşımını sağlamak ve formasyonlardan kesilen kırıntıları yüzeye çıkartarak kuyu dibi temizlenmesi istenmektedir. Böylelikle kuyu içerisindeki sirkülasyon ile takım sıkışma riski azalmaktadır. Hava bazlı sondaj çamurları, delinmesi zor formasyonlarda tercih edilmektedir. Bu çamurlar kolonun yoğunluk farkını düşürür ve kuyu ile formasyon arasında hidrolik basınç oluşturur. Hidrostatik basıncın arttığı durumlarda hava bileşenleri kuyu tabanında sıvının yoğunluğundan kaynaklı sıkışıp kalır, hidrostatik

basınç ve kuyuya basılan sıvının yoğunluğu en yüksek seviyeye çıkar. Bu durumda su ve hava geçirgenliği düşük olan bölgede geri basınç oranı ve kuyu tabanından pompalanacak basıncı dengelemek için formasyon basınç oluşumuna izin verilebilir. Avantajlarının yanında birtakım dezavantajları da görülmektedir. Kuyu yüzeyine kırıntıları getirmek için gereken hava miktarı çok yüksek olabilir bu nedenle yüksek donanım kapasitesi gerektirmektedir [10].

Su bazlı sondaj akışkanlar

Su bazlı sondaj çamurları diğer iki sondaj çamur tipine göre daha az maliyetli ve çevre açısından kullanışlı, pratik ve her türlü su ile sondaj devamlılığı gösterebilen çamurlardır. Bu çamur türü yüksek taşıma kapasitesine, iyi sıvı kaybı kontrolüne sahiptir. Üretim formasyonunu kirletmez ve özellikle yatay kuyu sondajı için uygun özelliklere sahiptir. Su bazlı sondaj çamuru, İnhibitiv ve İnhibitiv olmayan çamur olarak ikiye ayrılmaktadır. [12].

- İnhibitiv akışkanlar: Kimyasal reaksiyona giren ve kuyu stabilite sorunlarına neden olan tuz, alçı anhidrit ve şeyll gibi sondaj devamlılığının etkilememesi için derin sondajlarda kullanılmaktadır [3].
- İnhibitiv olmayan akışkanlar: Doğal kil veya ticari bentonitten oluşur. Ayrıca kilin şişmesini önlemek için genellikle kostik soda veya kireç de içermektedir. İnhibitiv olmayan akışkanlar genellikle spud çamurları olarak kullanılmaktadır [13].

2.3. Sondaj Akışkanlarının Görevleri

- Sondaj esnasında oluşan kırıntıları yeryüzüne çıkartmak ve kırıntıların askıda tutulmasına yardımcı olmak,
- Sondaj dizisinin soğutulmasına ve yağlanmasına yardımcı olmak,
- Formasyon basınç kontrolünü sağlamak,
- Sondaj dizi ağırlığının taşınmasına yardımcı olmak,
- Aşınmaya karşı yardımcı olmak,
- Geçirimsiz bir kek oluşmasına yardımcı olmak.

2.4. Sondaj Akışkanının Değerlendirilmesi

Bir sondaj işleminde, sondaj çamurunun özelliklerinin değerlendirilmesi ileride oluşabilecek problemleri çözebilmek açısından önemlidir. Bu nedenle sondaj

akışkanının hazırlanması hususunda aşağıda açıklanan hususlara dikkat etmek yarar sağlayacaktır.

2.4.1. Formasyon değerlendirilmesi

Sondaj işlemi devam ederken, matkabın kestiği kırıntılar yüzeye çıktığı andan itibaren, jeologlar tarafından alınan kuyu logları sayesinde formasyon çeşitlerine bakılarak çamur-formasyon uyum değerlendirmesi göz önüne alınmalıdır.

2.4.2. Matkap ilerleme hızı

Matkap ilerleme hızı çamur tipi ve özelliğine göre değişim göstermektedir. İlerleme hızının belirli düzende tutulması için reolojik özelliklerin optimal seviyede olması gerekmektedir.

2.4.3. Üretim zonunun kirlenmesi

Sondaj işlemlerinde kullanılan çamur özelliklerinin formasyonun litolojik yapısı ile benzer olmalıdır. Çamur benzer olmazsa üretim alanını kirletir ve geçirgenliğini azaltır. Böylece üretim zonunun üretken özelliği azalır [3].

2.4.4. Kuyu stabilitesi

Kuyu stabilitesindeki dengesizlik, sondaj çamuru ile oluşum arasındaki reaksiyondan ve aralarındaki kimyasal uyumsuzluktan kaynaklanmaktadır. Kuyu dengesizliğini önlemek için çamura kimyasallar katılır ve sondaj dizisinin sıkışma riskini azaltarak kuyu stabilitesi sağlanabilir [15, 16].

2.4.5. Korozyon

Sondaj işlemi devam ederken sondaj dizisini aşındırmamak için çamurun içerisine katılan malzemeler iyi analiz edilmelidir. Korozyonu önlemek için, çamur belirli aralıklarda kontrol edilmelidir. Kontrol esnasında çamur, alkalitesini korumuş ve pH'ı

9.5-12.5 arasında ise korozyon önemli ölçüde azalmış olmaktadır [17-18].

2.4.6. Maliyet

Sondaj sirkülasyonunu sağlayan sondaj sıvısındaki kayıplar, sondaj dizisinde sıkışmaya neden olabilmekte ve sıkışma ile beraberinde zaman kayıpları yaşanılarak maliyeti arttırmaktadır. Sondaj çamuru değerlendirilirken, sondaj operasyonunun sürekli olarak performansı ve rezervuar verimliliğinin iyileştirilmesi göz önüne alındığında, maliyetin makul bir aralıkta olması gerekmektedir [3].

2.5. Sondaj Akışkanının Özellikleri

Derin kuyuların başarılı sonuçlanması sondaj akışkanlarının özelliklerine bağlıdır. Bu özellikler kuyuya üstün performans özelliği sağlanmaktadır.

2.5.1. Çamur ağırlığı (Yoğunluk)

Çamur ağırlığı operasyonun devamı için ilk kontrol edilen parametrelerden biridir. Genellikle çamur ağırlığı ölçü birimi olarak gr/cm^3 , lb/gal, psi/100ft kullanılmaktadır. Sondaj işleminin ilerleme hızını etkileyen parametrelerden olan çamur ağırlığı hidrostatik ve formasyon basınçları arasındaki basınç farklarından oluşabilecek problemlerin çözülmesinde önemli ölçüde görev üstlenmektedir [17].

Sondajın kontrol edilmesi ve kuyunun çökmesini önlemek için yeterli hidrostatik basıncın gerekli olması, kuyuya formasyon sıvılarının girmesini önlemektedir. Formasyon kesintisinden daha yüksek yoğunluklu sondaj çamuru, sondaj duvarını daha hızlı ve daha kolay temizleyebilir [19]. Çamur konsantrasyonunu azaltmak için su ilave edilebilir veya arttırmak için de barit, hematit, kalsiyum gibi maddeler ilave edilebilir.

2.5.2. Sıvı kaybı (Filtrasyon)

Devam eden sondaj işlemlerinde genellikle formasyondan kuyu içine akış girdisi veya çıktısı istenmez. Kuyu duvarı ile formasyon arasında geçirimsiz kek oluşması istenerek

sıvı kaybını azaltmak hedeflenmektedir. Sondaj kuyusunda formasyon ile kuyu arasında geçirimsiz bir kek oluşturmak, kuyu dizaynı için önemlidir. Geçirimsiz kek oluşumu; sondaj dizisinin sıkışması, kuyu stabilitesi, kuyu loglarının doğru değerlendirilmesi, üretken zonların kirlenmesi gibi etkenler açısından önemlidir. Sıvı kaybı olan kuyularda; zaman, maliyet, basınç ve sıcaklık önemli derecede kuyu devamlılığını etkilemektedir.

2.5.3. Reolojik özellikler

Maddelerin akış özelliklerini ve akışkanların deformasyonunu inceleyen bilim dalına reoloji denilmektedir [20]. Reolojik özellikler sondaj işlemlerini kontrol altında tutabilmek, zamana bağlı maliyet problemlerini ortadan kaldırmak, aksi durumlar ile karşılaşıldığında kuyunun terk edilebilme süreçleri veya alternatif yollara gidilebilmesi bakımından önemlidir.

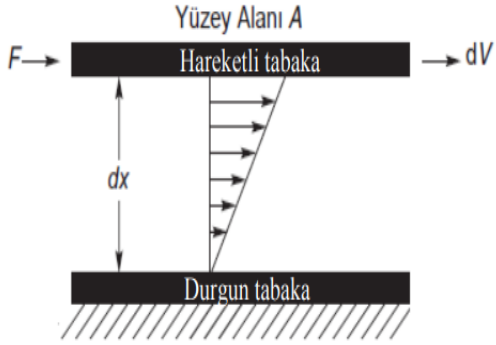
Reolojik özellikler, çamur sisteminin fonksiyonlarını gerçekleştirmesinde ve kuyu hidrolik hesaplamalarının temeli oluşturmaktadır. Sondaj çamurunun reolojik karakteristiği kopma noktası ve jel mukavemeti gibi sondajı doğrudan etkileyen parametreleri de kapsamaktadır [20].

Viskozite, akışkan bir maddenin akmaya karşı direncine denir. İki sıvı tabakası arasındaki mesafenin dy olduğunu varsayarsak, üst tabakanın hızı dv ile değişiyorsa buna dv/dy hız gradyanı veya kayma hızı denir [21].

İki plaka arasında belirli bir mesafe aralıkla sıvı olduğunu varsayarsak, plakalardan birinin belirli bir alanına kuvvet uygulandığında kuvvetin bulunduğu plaka kayar. Aynı zamanda kuvvete zıt yönde direnç ve sürtünme oluşmaktadır. Oluşan bu karşı kuvvete kayma gerilimi denilmektedir.

$$YP = \theta 300 - PV$$

(2.1)



Şekil 2.1. Akış modeli [23]

$$\tau = \frac{F}{A} \quad (2.2)$$

τ : Kayma Gerilmesi (N/m²)

F: Kuvvet (N)

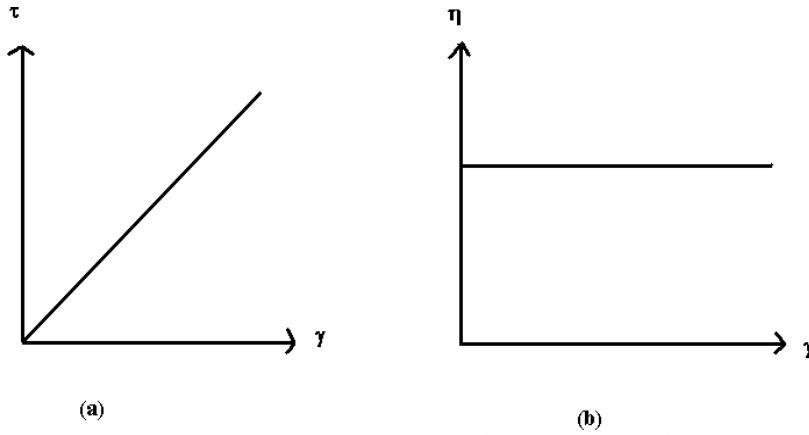
A: Alan (m²)

Newtoniyen akışkanlar:

Kayma hızının kesme gerilimine oranı sabit olan bir akışkan türüdür. Newton akışkanlarına örnek olarak su, yüksek yer çekimli petrol ve gaz verilebilmektedir [22]. Matematiksel olarak şöyle ifade edilir;

$$\tau = \eta \dot{\gamma} \quad (2.3)$$

τ kayma gerilmesi ve γ kayma hızı olduğu eğrinin eğimi viskoziteyi vermektedir. Viskozite kayma oranı ile değişiklik göstermez.

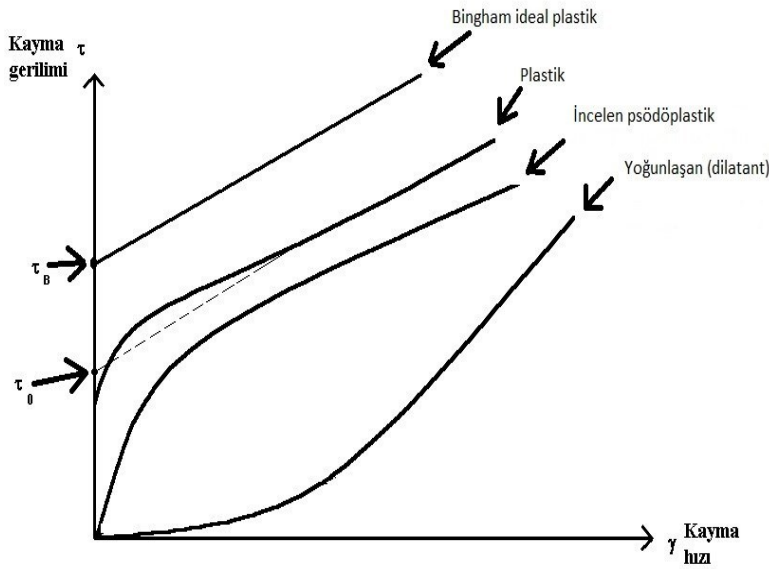


Şekil 2.2. Newtoniyen akışkanlar [2]

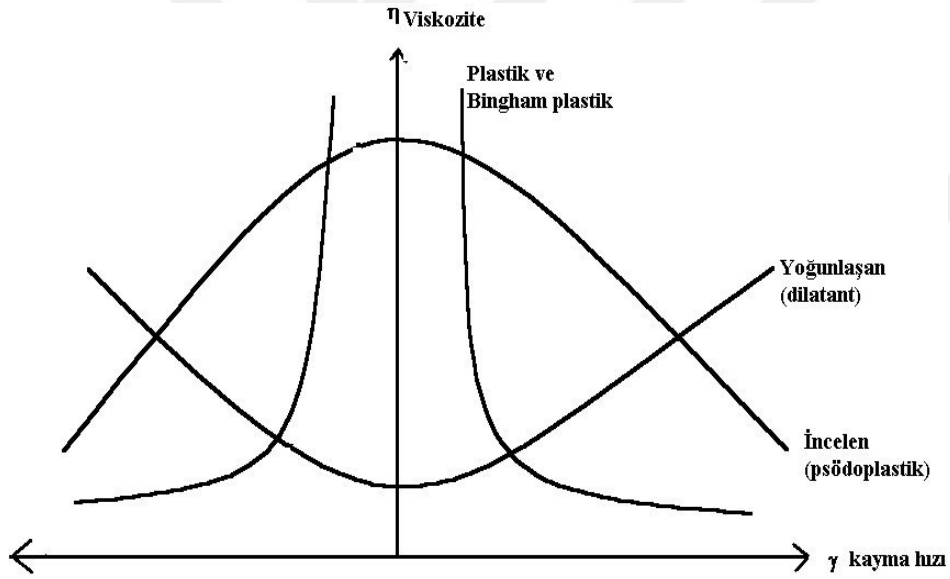
Newtoniyen olmayan akışkanlar

Newton tipi olmayan akışkanlarda kesme gerilimi ve kesme hızı arasındaki matematiksel ilişki doğrusal değildir. Matematiksel ilişkilerin eksikliğinden dolayı Newton olmayan akışkanlar için birçok reolojik model ortaya konulmuştur. Sondaj çamuru yapısı nedeniyle Newtoniyen olmayan bir akışkan olarak sınıflandırılır. Kayma hızına sahip olmasına rağmen, genellikle doğrusal olmayan bir akış eğrisi sergilemektedir. Kesme hızı ve kesme gerilimi, sondajcılık alanında çok fazla tercih edilen iki unsurdur ve aralarındaki ilişki, sıvı akış türünü tanımlamaktadır. Kuyu hidroliğini doğru bir şekilde değerlendirmek için reolojik modeller her zaman gereklidir. Reolojik model, dolaşım sistemindeki sürtünme basınç kaybını hesaplamak için çok önemlidir. Sondaj sıvısının dairesel akış performansı, kuyu problemlerini azaltmada önemli bir husustur. Herhangi bir dairesel hesaplamada ilk adım, sondaj sıvısının kesme gerilimi ile kesme hızı arasındaki ilişkiyi tanımlamaktadır [12, 23-24].

Newtoniyen olmayan akışkanlar; Herschel-Bulkley, Power Law, Robertson-Stiff, Bingham (İdeal Plastik), dört farklı grupta incelenmektedir.



Şekil 2.3. Newtoniyen olmayan akış için kayma gerilme- kesme hız diyagramı [27]



Şekil 2.4. Newton olmayan akış için viskozite- kayma hız diyagramı [23]

Herschel-Bulkley Modeli: Herschel-Bulkley (1926), bu model düşük kayma hızlarını çözmek için geliştirilmiştir. Herschel-Bulkley modeline genelleştirilmiş plastisite modelide denir. $n=1$ ve k plastik viskozite olduğunda model, Bingham plastik modeline basitleştirilir veya $\tau_y = 0$ olduğunda denklem, kuvvet yasası modeline basitleştirilir. Bu modeli kullanmak için bir viskozimetre ile ölçülen üç tip viskozimetre değeri gerekir. Bu değerler; θ_{600} , θ_{300} ve θ_3 [23].

$$\tau_y = 1,068 * \theta_3 \quad (2.4)$$

$$n = \log \left(\frac{\theta_{600} - \tau y}{\theta_{300} - \tau y} \right) * 3,32 \quad (2.5)$$

$$K = (1,068 * (\theta_{300} - \tau y)) / 511^n \quad (2.6)$$

$$\mu_a = (\tau y / \gamma) + (K * \gamma^{n-1}) \quad (2.7)$$

θ_{600} : Viskozimetre 600 rpm okumasıdır.

θ_{300} : Viskozimetre 300 rpm okumasıdır.

θ_3 : Viskozimetre 3 rpm okumasıdır.

n: Akış davranışı indeksi, boyutsuz

K: Kıvam faktörü, lb-sn / (100 ft²)

τy : Kopma gerilmesi, lb / (100 ft²)

μ_a : Görünür viskozite, c

Robertson-Stiff Modeli: Psödoplastik akışkanlarda, kayma hızı arttığında viskozite bir sınır değerine ulaşana kadar azalır. Bu davranış, artan kesme hızından kaynaklanmaktadır. Sıvı içinde asılı olan moleküller akış yönünü takip etmektedir. Belirli bir kesme hızında, sıvı yapısı deforme olur ve aglomeraların kırılmasına neden olarak viskozite sınırlamalarına yol açmaktadır. Bu akışkanlar akıllı olmayan malzemeler olduklarından, yapıları kuvvet uygulanarak değiştirildiğinde orijinal yapılarını eski haline getiremezler [25].

$$\tau = A * (\gamma + C)^B \quad (2.8)$$

τ : Kayma gerilmesi, lb / 100 ft²

γ : Kayma gerinme hızı, s⁻¹

A, B, C değerlerinin bulunması için viskometre verilerinin bilinmesi ve minimum, maksimum kayma gerilimlerinin geometrik ortalamalarına karşılık gelen kayma gerilmesi bulunur.

$$\tau' = \sqrt{\tau \min} - \sqrt{\tau \max} \quad (2.9)$$

$$C = \frac{(\gamma')^2 - (\gamma \min. * \gamma \max.)}{(2\gamma') - \gamma \min. - \gamma \max.} \quad (2.10)$$

$\tau \min$: Minimum kayma gerilmesi, lb / (100 ft²)

$\tau \max$: Maksimum kayma gerilmesi, lb / (100 ft²)

$\gamma \min$: Minimum kayma gerilmesi hızı, s⁻¹

$\gamma \max$: Maksimum kayma gerilmesi hızı, s⁻¹

γ' : Ortalama kayma gerilmesi hızı, s⁻¹

τ' : Mak. ve min. kayma gerilmelerinin geometrik ortalaması, lb / (100 ft²)

Bulunan değer eğim ve kesişme denkleminde $x = \ln(\gamma + C)$ ve $y = \ln \tau$, logaritmik kâğıtta B = Eğim ve A = e^{intersept} bulunur [23].

$$Eğim = \frac{(\sum y \sum x) - (\sum xy)}{(\sum x)^2 - (N * (\sum x^2))} \quad (2.11)$$

$$intersept = \frac{(\sum yx \sum x) - (\sum y \sum x^2)}{(\sum x)^2 - (N * (\sum x^2))} \quad (2.12)$$

$$\mu a = \frac{(y + C)^B}{y} * A \quad (2.13)$$

μa : Görünür viskozite, cp

Power Law Modeli: Power Law modeli aşağıdaki formül ile ifade edilir.

$$\tau = K \gamma^n \quad (2.14)$$

K parametresi sabit, n değeri ise akış davranış indeksidir. Power Law modeli ile düşük kesme hızlarında viskozite alt değerlerde hesaplanmaktadır. Bu modelde sıfır kayma hızında (γ) kayma gerilim (τ) değeri her zaman sıfırdır [26].

Bu değerlerin kabul edilip olması için ilk olarak 0600 ve 0300 değerleri Fann35 viskozimetresi ile ölçülüp aşağıda gösterildiği gibi hesaplanmaktadır.

$$n = 3,32 * \log\left(\frac{\theta_{600}}{\theta_{300}}\right) \quad (2.15)$$

$$K = \frac{1,068 * \theta_{300}}{511^n} \quad (2.16)$$

$$\mu_a = K * \gamma^{n-1} \quad (2.17)$$

θ_{600} : Viskozimetredeki 600 rpm okuması

θ_{300} : Viskozimetredeki 300 rpm okuması

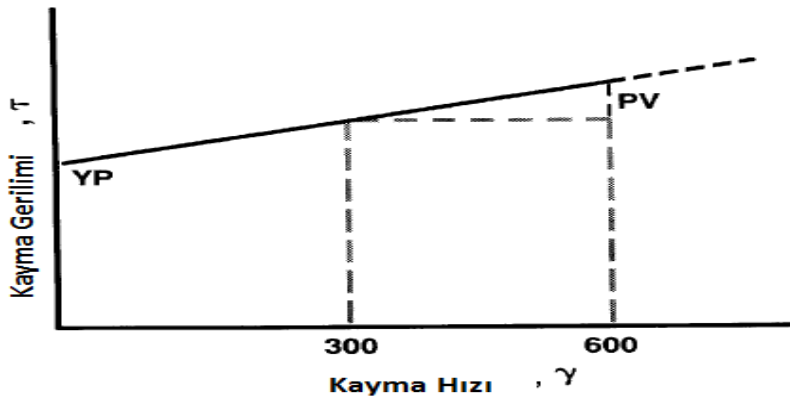
n: Akış davranış indeksi, boyutsuz

K: Kıvam faktörü, lb-sn / (100 ft²)

γ : Kayma gerinmesi hızı, s⁻¹

μ_a : Görünür viskozite, cp

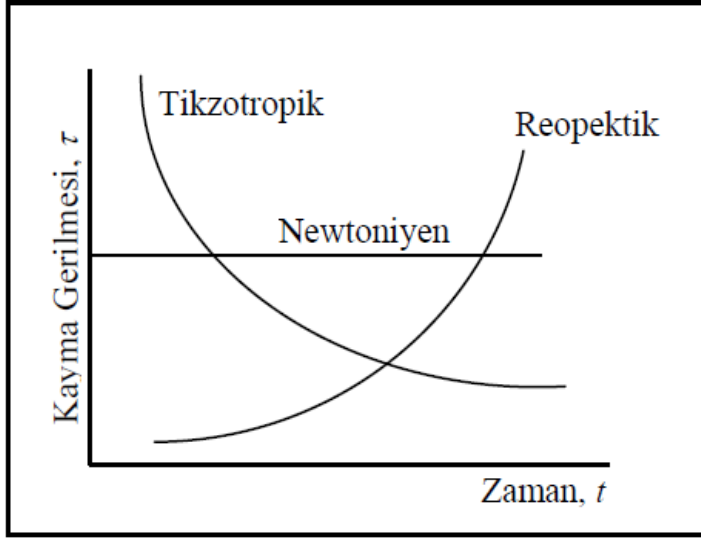
Bingham Plastik Modeli: Belirli bir kesme gerilimi aşıldığında, kesme geriliminin kesme hızına oranı doğrusal olduğu bir sıvı tercih edilmektedir. Bu modelde, akışkan yalnızca kesme gerilimi, kırılma noktası olarak bilinen minimum değeri aştığında akar. Yenilme derecesi aşıldığında, kayma gerilimi ile kayma gerilimi oranı arasındaki ilişki lineer hale gelmektedir [11].



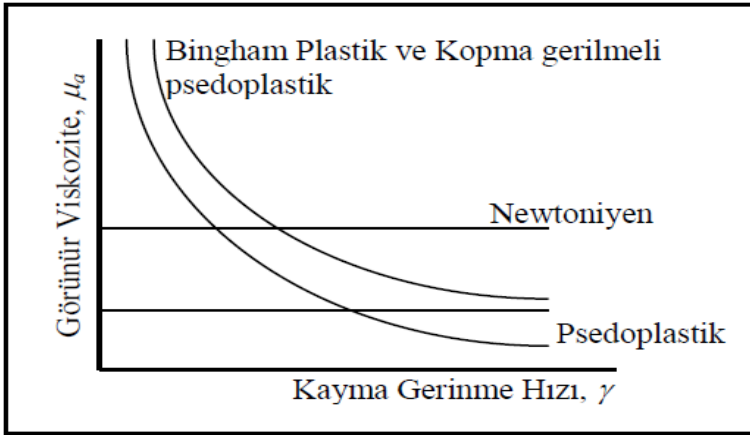
Şekil 2.5. Kayma hızı [3]

Kayma hızı arttıkça görünür viskozite artarsa, Newtonyen olmayan sıvıya şişme ajanı (kesme kalınlaşması) denir. Kayma hızı artar ve görünür viskozite azalırsa buna psödoplastik sıvı (kesme incelmesi) denir. Görünür viskozite zamanla azalırsa Newtonyen olmayan sıvılara tiksotropik sıvılar, görünür viskozite zamanla artıyorsa bu

sıvılara reolojik sıvılar denir. Genel olarak sondaj sıvıları, kesme hızı ve zaman açısından psödoplastisite ve tiksotropi özellik göstermektedir [22].



Şekil 2.6. Newton tipi olmayan akışkanlarda sabit kayma gerilmesi hızında kayma gerilmesinin değişimi [2]



Şekil 2.7. Görünür viskozitenin kayma gerilmesi ile değişimi [2]

Sondaj çamurunun kayma gerilmesi altındaki sıvı parçacıkların biçimsizleşmesinden kaynaklı akmaya karşı gösterilen dirence plastik viskozite denir. Akışkanın elektrokimyasal kuvvetlerden kaynaklanarak akışkan içindeki direnci etkilemesine kopma noktası denir. Bu modelleme ile viskometre cihazıda 300 ve 600 devir okumaları bulunarak plastik viskozite, ve kopma noktası teşhis edilir.

$$PV = 0600 - 0300 \quad (2.18)$$

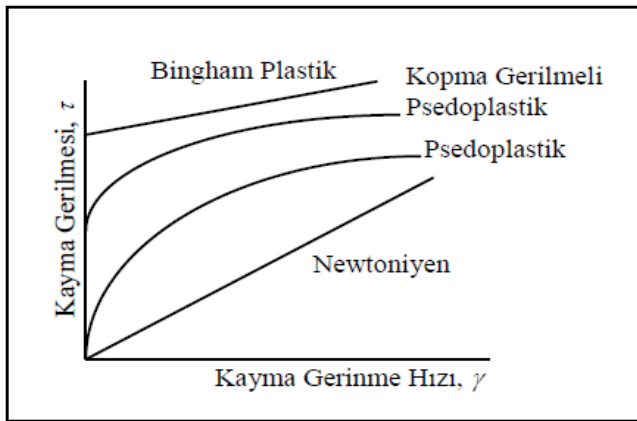
$$YP = \theta 300 - PV \quad (2.19)$$

$\theta 600$: Viskozimetre 600 rpm okuması

$\theta 300$: Viskozimetre 300 rpm okuması

PV: Plastik viskozite, cp

YP: Kopma noktası, lb/(100 ft²)



Şekil 2.8. Newtoniyen ve newtoniyen olmayan akışkanların akış eğrileri [23]

Sondaj işlemi durduğu zaman kesilen kırıntıların askıda tutulması jel mukavemeti olarak tanımlanmaktadır. Jel kuvveti ölçülürken çamur, yaklaşık 15 saniye viskozimetrede kalır. Karıştırılarak, ardından viskozimetreyi durdurulur. Çamur 10 saniye ve 10 dakikada sabitlenir böylelikle 10 saniye ve 10 dakika jel kuvveti kontrol edilmiş olur [27].

2.6. Sondaj Akış Testlerinin Tahlili

Sondaj çamurunun büyük çoğunluğu hazırlanmadan önce numunelik olarak bir miktar çamur hazırlanarak formasyonda nasıl bir etki bırakacağına ilişkin yapılan fiziksel ve kimyasal testler zaman, maliyet ve verimlilik için son derece önemlidir [32].

2.6.1. Fiziksel özelliklerin tahlili

Çamur ağırlığı: Sondaj çamuru devam ederken formasyondan kuyu içine devamlı akış sağlanarak çamurun yoğunluğunu etkileyebilmektedir. Bu etkilenme ile çamurun ağırlığı artar veya düşebilir bunu önlemek içinde çamur içerisine incelticiler veya ağırlaştırıcılar konulmaktadır [17].



Resim 2.1. Çamur terazisi

Çamur ağırlığı çamur terazisi ile şu şekilde ölçülür:

- 1) Çamur terazisinin temiz olup olmadığına bakılır; eğer temiz değilse temizlenir ve yoğunluğu ölçmek için hazne içerisine taşıncaya kadar çamur ilave edilir.
- 2) Çamurun üst kısımlarında hava kabarcıkları varsa çamur haznesine hafif bir şekilde sallayarak hava kabarcıkları giderilir ve haznenin kapağı yavaş bir şekilde kapatılır. Hazne deliğinden bir miktar çamurun dışarı çıkması istenir böylelikle haznenin dolu olduğu anlaşılır.
- 3) Kapaktaki delik parmak ile kapatılarak dışarı akan çamur temizlenir ve terazinin dayandığı noktaya yerleştirilerek terazinin üzerinde bulunan kol hareket ettirilir ve denge sağlanmaya çalışılır.
- 4) Denge sağlandıktan sonra değer okunarak lb /gal, lb/ft³ cinsinden not edilir.
- 5) Çamur terazisi ile işlem bittikten sonra terazi temizlenir.

Viskozite testi: Sondaj akışkanlarında viskozite marsh hunisi veya viskozimetre cihazıyla iki şekilde ölçülmektedir. Fakat vizkozimetre ile akış parametrelili ölçüldüğü için daha kalıcı sonuç verdiği gözükmektedir. Akış Parametrelili görünür viskozite,

plastik viskozite ve kopma noktası gibi akış parapetlerini ölçmek için viskozimetre kullanılır [19].

- 1) Viskozimetre 6 hızlı ve 600, 300, 200, 100, 6, 3 rpm okumalarını gösteren modern bir cihazdır. Viskozimetre ile 600, 300 rpm çamur okumaları akış parametrelerini vermektedir.
- 2) Karıştırılan sondaj çamuru viskozimetre kabının içine işaretli yere kadar dökülür ve rotor üzerindeki işarete kadar kâseye daldırılır.
- 3) Viskozimetre 600 rpm de çalıştırılır ve katrandaki ibre sabitlendiğinde 600 rpm okuması not edilir.
- 4) Viskozimetre 300 rpm hıza ayarlanarak rotor döner ve ibre sabitlendiğinde 300 rpm okuması not edilir.

Bu işlemler yapıldıktan sonra not edilen değerler sayesinde akış parametreleri yukarıda verilen formülde yerine yazılarak bulunur.

Jel mukavemeti testi: Statik koşullar ve bağlantılar sırasındaki delme kesme esnasında yük taşıyan malzemeler askıda kalmaktadır. Gövdeyi indirirken, boruları ve bağlantıları bükerken, jel kuvveti doğrudan temizleme ve taşma basıncını etkilemektedir. Aynı zamanda, sürüklenen hava veya gazı serbest bırakmak için gereken basıncı da etkiler [29].

- 1) Jel mukavemet yönteminde 600 rpm devirde dönen çamur durdurulur ve çamur hareketsiz kaldığı andan itibaren 10 saniye hareketsiz bırakılır. 3 rpm hızla çalıştırılan viskozimetrenin katranındaki ilk değer 10 saniye jel mukavemeti olarak bilinir.
- 2) Jel mukavemet yönteminde 600 rpm devirde dönen çamur durdurulur ve çamur hareketsiz kaldığı andan itibaren 10 dakika hareketsiz bırakılır. 3 rpm hızla çalıştırılan viskozimetrenin katranındaki ilk değer 10 dakika jel mukavemetini gösterir.

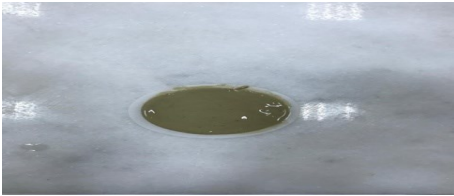


Resim 2.2. FANN35 döner viskozimetre

Çamura filtrasyon testi yapılarak çamurun sıvı kaybı ve kekleşme özelliği bulunur.

Filtre testleri pres cihazı yardımı ile yapılmaktadır.

- 1) Sondaj çamur haznesindeki işaretli yere kadar çamur konulur. Filtrasyonun ne kadar olduğunu bulması için örnek kabının altındaki deliğe gelecek şekilde mezür konulur.
- 2) Regülatör yardımı ile çamurun içerisine 30 dakika 100 psi basınç verilir.
- 3) 30 dakika sonra tüm vanalar kapatılır, iç basınç serbest bırakılır ve biriken sıvı miktarı filtre kaybı olarak kaydedilir.
- 4) Çamur haznedan boşaltılır ve kek alınarak kalınlığı ölçülüp, yapısal özelliklerine göre değerlendirilir [30].



Resim 2.3. Filtre keki



Resim 2.4. API filtre press [27]

2.6.2. Kimyasal özelliklerin tahlili

Sondaj çamurlarında kimyasal analizler ürün kalitesini arttırmak ve daha kullanılabilir çamur performansı için yapılması gereken işlemlerdir.

pH ölçümleri: Sondaj çamuru akış özelliklerini, çamur performansını, hidrojen iyon konsantrasyonunu ve korozif etki yaratıcılığında kaynaklı tercih edilen iki özellikten biri ile pH ölçülmektedir [31]. pH metre ile ölçüm sondaj sahalarında çamur konsantrasyonu için kullanılan en yaygın ölçümdür. pH metrenin prob ucunun temiz olduğuna bakılarak kap içerisindeki durgun haldeki çamura prob ucu konulur ve değerlerin sabitlenmesi beklenir akabinde değer okunur ve not edilir.



Resim 2.5. pH metre [27]

2.7. Karbon ve Allotropları

Karbon, periyodik tablonun altıncı elementidir. Atomlar arasında bağ oluşturma özelliğine sahiptir. Karbon elementi zincir, dallı zincir ve halka yapılar gibi kararlı bileşikler oluşturur. Karbon, anizotropik moleküler veya kristal bir forma sahiptir. Karbon atomunun sp^2 hibridizasyonu sonucu oluşan allotropları Çizelge 2.3'te verilmiştir [33].

Çizelge 2.1. Karbon allotroplarının özellikleri

Özellikler	Grafen	Karbon Nanotüp	Grafit	Fulleren
Yüzey alanı (m ² /g)	2630	1315	10	5
Termal iletkenlik (W/mK)	500	>3000	3000	0,4
Mobility (cm ² /Vs)	15000	100000	13000	0,56
Young modülü (TPa)	1	0,64	1.Haz	0,001
Optik geçirgenlik (%)	97,7	-	-	-

Karbonun sp² hibridizasyonunun bir sonucu olarak, fulleren, karbon nanotüp, grafit ve grafen olarak dört allotropu vardır [6].

Fullerenler: 1985 yılında İngiliz kimyager Kyoto ve ekibi nanobilim alanında karbon allotropu olan bu malzemeye büyük ilgi göstererek çalışmalarında kullanmışlardır. Fulleren çeşitli altıgenlerden oluşan simetrik kapalı dışbükey grafit kabuklarından oluşmaktadır. Fulleren molekülleri içi boş küreler, elipsoitler veya tüplerdir. Doğada çok nadir bulunan şungit olarak bilinen kaya yapılarında çok küçük oranlarda bulunur. Yani çoğunlukla yapay olarak üretilir. Futbol topuna benzer bir kafes yapısına sahiptir. Fulleren, anizotropik karbon değişiklikleridir. n (n > 20) karbon atomu içerirler. Yapılarındaki karbon atomları aralarında sp² bağları oluştururlar [6, 27].

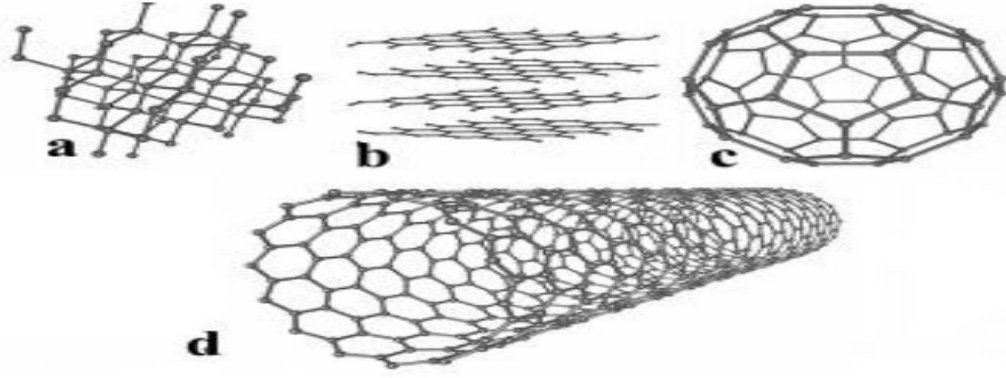
Karbon Nanotüpler (CNT): Sp² hibrit yapıya bağlı karbon atomlarından oluşan grafen levhalarını birbirine bağlayarak boru şeklinde bir yapı oluşturan malzemeye karbon nanotüp (CNT) denmektedir. Eşsiz elektriksel özelliklerinden dolayı kimyasal, mekanik ve yapısal özellikleri ile endüstriyel alanda tercih edilmektedir. Kaplanmış grafen

tabakasının yapısına bağı olarak, tek duvarlı (SWNT), çift duvarlı (DWNT) ve çok duvarlı (MWNT) CNT'ler olmak üzere üç gruba ayrılabilir [27].

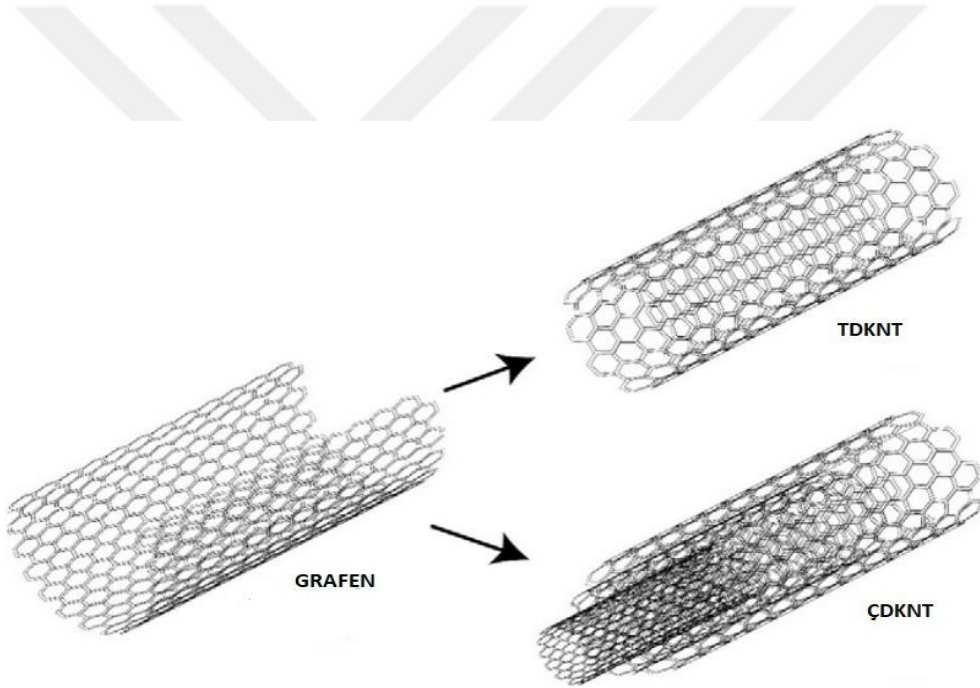
Grafit: İki boyutlu bir düzlemde birbiri üzerine yığılmış katmanlar şeklinde olup, kovalent bağların oluşturduğu altıgen karbon atomu halkaları içeren katmanlardan oluşmaktadır. Hibrit modele göre, grafit içindeki karbon atomlarının sigma bağları ve sp^2 hibritlerinin üst üste binmesiyle oluşur. Grafit katmanları, Van Der Waals bağları ile birbirine bağlanmaktadır. Bu bağ o kadar zayıftır ki, grafit yüzeyle temas ettiğinde bu tabakalar birbirine doğru kayar. Bu özelliğinden dolayı kalem imalatında grafit kullanılmaktadır. Kalem kâğıda sürtündüğünde, bu zayıf bağlar kopar ve kâğıdın üzerine bir grafen ve grafit tabakası yayılarak bir yazma işlemi oluşturur. Grafit, elektriği iletme özelliğinden dolayı piller ve endüstriyel elektrolitler için elektrot olarak kullanılmaktadır. Yağlı ve yumuşak olup esneyip bükülebilen bir yapıya sahiptir. Sertliği 1 ve yoğunluğu 2 g/cm^3 'tür. Siyahtan griye kadar çeşitli tonlarda mevcuttur [33-34].

Grafen: İki boyutlu olduğu düşünülen altıgen petek örgüsüne kovalent olarak bağlı karbon atomlarının tamamen düzenlenmesi nedeniyle mükemmel özelliklere sahip bir nanomalzeme olarak kabul edilmektedir. Bir katmanda kovalent bağlarla bağlanmış karbon atomlarından oluşan bir sp^2 hibritleşmesi yapar ve boşta kalan pz yörüngesi, grafen malzemesine olağanüstü özellikler kazandırır. Grafenin serüveni 2004 yılında bir grup araştırmacının incelenen ince malzemelerin elektriksel özelliklerini incelemeleri sonucunda başlamıştır. Araştırmada çok tabakalı grafitten tek bir tabaka koparmayı hedeflenmiştir. Grafen elde etmek için kolay bir yöntem olan mekanik kopartma yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntemle yapıştırmacı özelliğine sahip bir grafit yüzey üzerine yapıştırılıp hızla çekilmiş ve grafen tabakaları grafit malzemesinden koparılmıştır [4-6-35].

Yüksek esneklik, mekanik mukavemet, termal iletkenlik, yüksek elektriksel iletkenlik ve şeffaflık gibi benzersiz özellikleri grafeni çekici bir malzeme haline getirmiştir [1, 6].



Şekil 2.9. Karbon allotroplarının görünümü a) elmas, b) grafit, c) fulleren, d) karbon nanotüp [6]



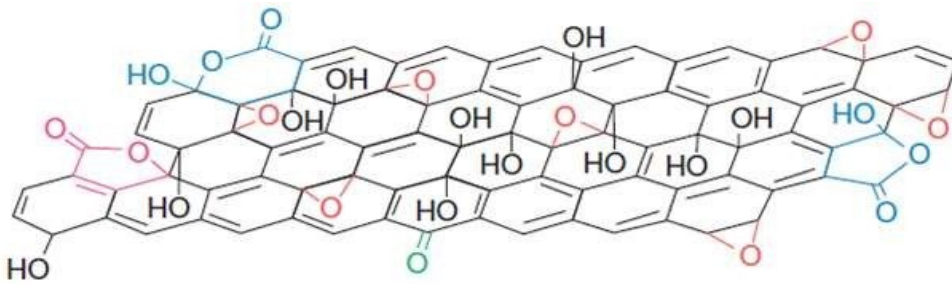
Şekil 2.10. Grafen levhasının rulo olmasıyla oluşan ÇKKNT ve TKKNT [6]

2.7.1. Grafen oksit (GO)

Grafite fonksiyonel grupların eklenmesiyle elde edilen hidrofilik bir malzemenin adına grafen oksit denir. Grafen şeffaf bir yapıya sahiptir ve aynı zamanda kimyasal olarak inert bir malzemedir [36]. Kimyasal olarak inert olması metal ve metal alaşımları oksidasyonundan korunması açısından önemli bir malzemedir [35].

Grafit oksit ilk olarak 1859 yılında Benjamin C. Brodie tarafından potasyum klorat ve

nitrik asidin grafit ile reaksiyona sokulmasıyla elde edilmiştir. 1859'dan sonra yeni keşifler ortaya çıkana kadar bu sürece " Brodie methodu' " adı verilmiştir. Ancak $KClO_3$ güçlü bir oksidan olduğu için sağlık açısından daha güvenilir bir yaklaşıma ihtiyaç duyulmuştur. 1957'de Hummers ve Offeman, H_2SO_4 , $NaNO_3$ ve $KMnO_4$ karışımı kullanarak daha verimli ve güvenilir bir yöntem geliştirmiştir. Özellikle 2007 yılından itibaren Hummers yöntemi, çeşitli modifikasyonlarla modifiye edilmiş Hummers yöntemi olarak tanımlanmakta ve grafen oksit üretiminde yaygın olarak kullanılmaktadır [6, 36-37].



Şekil 2.11. Grafen oksitin yapısal modeli [6]

Yapısal özellikleri

Grafen oksit (GO), bozulmamış grafen tabakalarından çeşitli oksijen işlevlerine tabi tutularak elde edilen iki boyutlu (2D) bir malzemedir. Grafen oksidin kimyasal formülü $C_{140}H_{42}O_{20}$, moleküler ağırlığı 2043.856 g / mol dür. Grafen oksit yapısında oksijene bağlı karbon atomlarının sayısı, sp^2 hibrit yörüngesindeki karbon atomlarının sayısını aşmaktadır. Böylece, oksijen işlevi nedeniyle grafen oksit ana grafikte bulunmayan birçok benzersiz özellikler taşımaktadır [36, 38-39].

Yapısında epoksi (yapıştırıcı bir kimyasal reçine), hidroksil (kovalent bağlar ile bağlanmış H ve O atomları), karbonil (C ve O nun çift bağ yapması ile oluşan grup) ve karbonsil grupları (organik asitler) içermektedir. Suda ve bazı düşük moleküler ağırlıklı alkollerde çözülerek stabil bir kolloidal çözelti oluşturabilirler [37]. Grafen oksit (GO), grafene kıyasla yapısında daha fazla fonksiyonel grup içerir. Bu fonksiyonel gruplar, ara yüzdeki etkileşimi artırarak matristeki yük dağılımını geliştirebilir. Bu oksijen içeren fonksiyonel grupların varlığı, GO'yu yalıtkan yapmaktadır. Grafen oksit, hidroksil,

epoksi ve karboksilik asit fonksiyonel gruplarından oluşmaktadır [36, 40].

Kullanım alanları

GO, birçok alanda araştırmacıları kendine çeken çok yönlü bir materyaldir. Bilim ve teknoloji alanında, 3B ağlar gibi kendi yüzey kimyasına ve mimarisine sahiptir. Çok geniş yüzey alanı, ayarlanabilir elektrik iletkenliği, mükemmel kimyasal/elektrokimyasal kararlılık, yüksek esneklik ve büyük esneklik sergilemesi gözleri üzerine toplamıştır. Gaz sensörleri ve depolama gibi çeşitli uygulamalar, kompozit membranlar, elektrokimyasal uygulamalar, enerji cihazları ve alan etkili transistörler gibi alanlarda yüksek performanslı fiberlerde kullanılmaktadır [40-41]. Petrol ve gaz endüstrisinde, sondaj kuleleri ve platformları için korozyonunun önlenmesi açısından nanokaplamalar, sondaj ekipmanları için termal nanokaplamalar ve rezervuar sıcaklıkları için nanoşeritler gibi alanlarda kullanılmaktadır.

Fiziksel, mekanik, termal, elektronik ve optik özellikleri

GO genellikle OH, COOH ve epoksit grupları gibi oksijen gruplarına sahiptir. Bu fiziksel özellik, grafen oksidin polar bir çözücü içinde dağılmasına izin verir. Tamamen oksitlenmiş grafen oksit, C:O oranı 2,1 ila 2,9 olan ten renkli katı bir tozudur. Bu özellikler, efsanevi çözünürlük ve mükemmel dağılım özelliklerine sahip grafen oksite anlam yüklemektedir [39]. GO bükülme altında çok esnektir. GO'nun esnekliği grafenden yaklaşık 100 kat daha yüksek olabilmektedir. Tek katmanlı GO, Young modülü yaklaşık 1 TPa ve kopma mukavemeti yaklaşık 1 olan "saf" grafen için bildirilenlerden daha düşük ve etkin Young modülüne (0,7 nm kalınlık kullanıldığında 207,6 ~ 23,4 GPa) sahiptir [41]. Tek katmanlı grafen yüksek ısı iletkenliğine sahiptir. Ancak veriler bir katman eklemenin ısı iletme yeteneğini önemli ölçüde azalttığını göstermektedir. Katmanlar arasındaki mesafenin termal iletkenlik üzerinde büyük etkisi vardır. Katmanların sayısı ve aralarındaki mesafe, genel termal iletkenliği azaltabilir. Grafen oksidin termal iletkenliği, benzer ara katman aralığına sahip dökme grafitten daha büyüktür. Katmanlar arası mesafenin artması ve oksijen gruplarının varlığı foton saçılışını artırır. Yüksek termal iletkenliği, oksijen atomları tarafından sağlanan kovalent etkileşimler nedeniyle ara katman bağlarındaki artışa bağlanabilir [36-37, 40]. Grafen oksidin elektronik özellikleri, sp^2 bağlanma ağını bozan oksidatif yapısal

kusurlar nedeniyle saf grafenin elektronik özellikleriyle karşılaştırılmaz [35]. Grafen oksit optik özelliği sayesinde şeffaflığa yakın bir malzemedir. Tamamen şeffaf olmasa da, 5 kattan daha az kalınlıktaki GO filmleri ile optik şeffaflığın üzerinde bir başarı elde edilebilir [6].

2.8. Nanopartikül Malzeme

Nanoteknoloji 1-100 nanometrelik malzemelerin işlenmesi, ölçülmesi, tasarımı, modellenmesi ve üretilmesi konusunda çalışılmasını sağlayan bir bilim alanıdır. Atomik ve moleküler düzeyde fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklere sahip, teknolojik olarak gelişmiş veya tamamen yeni maddeler yaratmayı amaçlayan, hızla büyüyen bir teknoloji alanıdır. Kullanım ve uygulama alanlarının artması nanomalzemelerin çevre ile etkileşimini büyük ölçüde arttırmıştır. Nanopartiküllerin yüksek yüzey-hacim oranı, elektronik yapı, ara yüz reaktivitesi gibi belirgin derecede farklı fizikokimyasal özelliklerinin son derece farklı çevresel davranışlara ve etkilere sebep olabileceği düşünülmektedir. Nano ölçekli malzeme olarak tanımlanan nanokristaller, nanopartiküller, nanotüpler, nanoteller, nanoçubuklar veya nano-ince filmler gibi farklı sınıfları vardır. Bu konuya ilginin artmasının temel nedeni, belirli bir boyut aralığındaki maddelerin hacimsel yapılarının aksine sıra dışı özellikler ve işlevler sergilemesidir [42-44].

2.9. Sondaj Akışkanlarının Karakterizasyon Yöntemleri

2.9.1. X-ışını floresans spektrometresi (XRF)

XRF spektroskopisi, çevre, jeoloji, biyoloji, kimya, fizik ve endüstri alanlarında örnek elementlerin nicel ve nitel analizinde yaygın olarak kullanılmaktadır. X-ışını floresan tekniği tahribatsız ve çok elemanlı analiz kabiliyeti, kısa analiz süresi, farklı formlarda numunelerin kolay görüntülenmesi gibi avantajları nedeniyle bilim ve teknolojiye geniş bir kullanım alanına sahiptir. Yüksek hızlı elektronlar anottaki metale çarptığında, elektronları anot yörüngesinden dışarı iter. Sonuç olarak atomlar kararlılıklarını kaybederler. Kararlılığını yeniden sağlamak için dış yörüngedeki elektronlar, iç yörüngedeki elektron boşluklarını doldurmaya çalışır. Bu iki yörünge arasındaki enerji farkına eşit radyasyon X-ışınları şeklinde oluşur [45-46].

2.9.2. Taramalı elektron mikroskobu (SEM)

Taramalı elektron mikroskobu (SEM), odaklanmış bir elektron ışını ile bir numunenin yüzeyini tarayarak görüntüleri yakalayan elektron mikroskobudur. Elektronlar, numune yüzeyinin topografyası ve bileşimi hakkında bilgi içeren çeşitli sinyaller üretmek için numunedeki atomlarla etkileşime girer. Elektron ışını bir tarama ile yüzeyi tarar ve bir görüntü oluşturmak için elektron ışınının konumunu tespit edilen sinyalle karşılaştırır. SEM ile 1 nanometrenin üzerinde çözünürlükler elde edilebilir. Standart SEM ekipmanı, yüksek vakum koşulları altında kuru iletken yüzeylerin muayenesi için uygundur. Numunedeki atomlar tarafından yayılan ikincil elektronlar (SE), elektron ışını tarafından uyarılır ve SEM görüntülemesi yapılır. Numunenin farklı bölümlerinden yayılan ikincil elektronların sayısındaki sıcaklık değişimi, elektron ışınının yüzeyle etkileştiği açığa bağlıdır. İkincil ve geri saçılan elektronlar (BSE), karakteristik X ışınları, numune akımları ve iletilen elektronlar dâhil olmak üzere numuneden çeşitli sinyaller alınır ve uygun topografik birleşimsel analiz yapılır [47-48].

2.9.3. X-Işını fotoelektron spektroskopisi (XPS)

X-ışını fotoelektron spektroskopisi (XPS), malzemelerde bulunan veya bir malzemenin yüzeyini kaplayan elementlerin ve kimyasal durumlarının belirlenmesini sağlayan fotoelektrik etkiye dayanan kantitatif bir yüzeye duyarlı spektroskopi tekniğidir. XPS yalnızca malzemenin unsurlarını değil, hangi faktörlere bağlı olduklarını da gösterdiği için güçlü bir elektron yöntemidir. Bu teknik, iyon demeti litografisi ile birleştirildiğinde yüzeylerde element bileşiminin doğrudan profilini çıkarmak için kullanılmaktadır. XPS, ahşap, tıbbi implantlar, biyomalzemeler, kaplamalar, viskoz yağlar, yapıştırıcılar, iyon değiştirici malzemeler, inorganik bileşikler, metal alaşımlar, yarı iletkenler, polimerler, elementler, katalizörler, cam, seramik, boyalarda yaygın olarak kullanılmaktadır. Daha az sıklıkla, XPS hidrojeller ve biyolojik numuneler gibi hidratlı malzemelerin formlarını ultra saf bir ortamda hidratlı halde dondurarak ve analiz ederken önce çok katmanlı buzun süblimleşmesine izin vererek analiz etmek için kullanılmaktadır [48-50].

2.9.4. Geçirimli elektron mikroskobu (TEM)

TEM, yüksek enerjili elektronları bir numuneden geçirerek içyapıyı inceleyebilir ve özelliklerini atomik düzeyinde analiz edilebilir. TEM ile numuneye 60350 keV gibi yüksek güçlü bir elektron ışını gönderilir. Numuneden geçen ışık ışınları ve numune yüzeyinde kırılan ışık ışınları numunenin altında toplanır ve ölçülür [50].

2.9.5. Raman spektroskopisi

Raman spektroskopisi, genel olarak moleküllerin titreşim modlarını belirlemek için kullanılan spektroskopik bir tekniktir. Raman spektroskopisi, kimyada moleküllerin tanımlanmasında yaygın olarak kullanılmaktadır. Bir numune lazer ışını ile aydınlatılır. Aydınlatılmış noktadan gelen elektromanyetik radyasyon bir mercekle toplanır. Lazer çizgisine karşılık gelen dalga boyundaki elastik saçılan radyasyon bir bant içeren filtre tarafından filtrelenirken, toplanan ışığın geri kalanı bir dedektör üzerine dağıtılır. Böylece bir görüntü elde edilir.

2.9.6. X ışını kristalografisi

X ışını kristalografisi bir kristalin atomik ve moleküler yapısını incelemek için kullanılan ve kristalleşmiş atomların bir X-ışını demetindeki ışınların kristale özel çeşitli yönlerde kırınımı olayına dayanan bir yöntemdir. Kırınımına uğrayan bu demetlerin açılarını ve genliklerini ölçerek bir kristalografi uzmanı kristaldeki elektronların yoğunluğunun üç boyutlu bir görüntüsünü elde edebilir. Bu elektron yoğunluğundan kristaldeki atomların kimyasal bağları, kristal yapıdaki düzensizlikler ve bazı başka bilgilerle birlikte ortalama konumları tespit edilebilir.

3. MATERYAL VE METOD

3.1. Grafen Oksit (GO) Üretimi

GO, grafitten Hummers yöntemi kullanılarak üretilmiştir. Bir beher içerisine 5 g $K_2S_2O_8$, 5 g P_2O_5 , 5 g grafit içeren 25 mL H_2SO_4 içeren malzemeler konularak altı saat boyunca 80 °C' de tutularak 20 °C' e kadar soğutulmuştur. 1 litre saf su ile seyreltilerek 12 saat bekletilmiş olup önceden oksitlenmiş karbon malzemesi filtrelenerek ultra saf su ile yıkanmıştır. İşlenmiş grafit, 0 °C'de 250 mL H_2SO_4 seyreltilerek süspansiyona 30 g $KMnO_4$ ilave edilmiştir. 20 °C'ye soğutulurak $KMnO_4$ beslemesi bittikten sonra, karışım yaklaşık 35 °C'ye ısıtılarak bu sıcaklıkta 30 dakika daha tutulmuştur. Karışım bu sıcaklıkta 4 saat karıştırılarak buz banyosunda ultra saf su ile 500 mL seyreltilmiştir. Süspansiyon 40 mL H_2O_2 (% 30) ile muamele edilerek süspansiyonun rengi kahverengimsi sarıya dönmüş olup köpürme duruncaya kadar karıştırılmıştır. Böylece sentezlenen GO filtrelenmiş ve sırasıyla üç kez 0,1 M HCl ve damıtılmış su ile yıkanmıştır. GO, bir ultrasantrifüj ile çökeltilerek atmosferik hava koşulları altında kurutulmuştur. [6, 51-53].

3.2. Grafen Üretimi

Hummers yöntemi ile sentezlenen GO bir beher içinde su ile seyreltilmiştir. Seyreltilen çözeltiliye hidrazin mono hidrat (her 3 mg GO için 1 µl hidrazin mono hidrat) eklenerek, 80°C de 1 gün indirgenmiştir. Elde edilen çözelti filtrelenerek iyice yıkanıp etüvde 90°C de kurutulmuştur [6, 51-54].

3.3. Altın Nanopartiküllerin Üretimi (AuNPs)

50 mL'lik beher içerisine 1 M $HAuCl_4$ (Kloroaurik asit) çözeltisi karıştırılarak eklenmiştir. Karıştırma belli bir sıcaklıkta devam ederken 2 mL $Na_3C_6H_5O_7 \cdot 2H_2O$ (Sodyum Sitrat) 65 °C'de çözeltilisine yavaş yavaş ilave edilmiştir. Solüsyonun rengi kırmızı olana kadar aynı sıcaklıkta iyice karıştırılarak 20 dakika kaynatılmıştır. Böylece AuNP'lerin oluşumu görülmüş ve ortalama çapları 20-25 nm' olduğu tespit edilmiştir. Son olarak AuNP'ler etanol ile stabilize edilmiştir [51].

3.4. Gümüş Nanopartiküllerin Üretimi (AgNPs)

AgNPs sentezinde; m-PDA(m-phenylenediamine) pulları (Aldrich, %99+; 0.40 g, 3.70 mmol), gliserol (Junsei, Japonya, %99+; 24 mL) içinde 160°C'da 30 dakika yeşil bir çözelti oluşana kadar karıştırılmıştır. AgNO₃ (Aldrich, %99.98; 1.0 g, 5.89 mmol), 100 °C'de 15 dakika gliserol (8 mL) içinde çözündürülmüştür. Ag(0)'ın sıcak koloidal çözeltisi daha sonra sürekli olarak PDA çözeltisine damla damla ilave edilmiştir. Reaksiyon karışımının ısıtılması 170 °C'de 45 dakika sürmüştür. Daha sonra reaksiyon karışım 0-2 °C'de su (yaklaşık 500 mL) içinde söndürülmüştür. Kolloidal karışımın elde edilen sıcaklığı 12 °C' ye düşerek bir kaç saat sonra oda sıcaklığına 27 °C'a ulaşmıştır. Gümüş nanopartiküller, santrifüjleme ile gliserol/su çözeltisinden ayrılmıştır. Ürün birkaç kez suyla yıkanarak reaksiyona girmemiş m-PDA ve gliserolü çıkarmak için santrifüjlenmiştir. Elde edilen gümüş nanoparçacıklar, çözelti fazlarını korumak için etanol ve su içinde saklanmıştır [53-54].

3.5. AgNPs/GO Üretimi

Sentezlenen GO beher içinde etanol yardımı ile çözündürülmüştür. Karışım 1 saat boyunca ultrasonik yardımı ile karıştırılmıştır. GO' nun karboksilat gruplarının yüzey aktivasyonunu sağlaması için 8 saat boyunca 0.2 M EDC¹ solüsyonu ile reaksiyona sokulmuştur. Reaksiyonun devamında AgNPs karışıma eklenerek 15 dakika karıştırılmaya devam edilmiştir. Karışım 6 saat normal koşullar altında bozulmadan tutulmuştur [46].

3.6. AgNPs@AuNPs/GO Üretimi

Sentezlenen GO beher içinde etanol yardımı ile çözündürülmüştür. Karışım 1 saat boyunca ultrasonik yardımı ile karıştırılmıştır. GO' nun karboksilat gruplarının yüzey aktivasyonunu sağlaması için 8 saat boyunca 0,2 M EDC solüsyonu ile reaksiyona sokulmuştur. Reaksiyonun devamında AgNPs@AuNPs eklenmiştir. 15 dakika karıştırılıp sonikasyona tabi tutularak GO fonksiyonelleştirilmiştir.

¹ Karboksil grupları primer aminlere birleştirmek üzere kullanılan, suda çözünebilir, biyo uyumlu ve toksik olmayan bir çapraz bağlama ajanıdır.

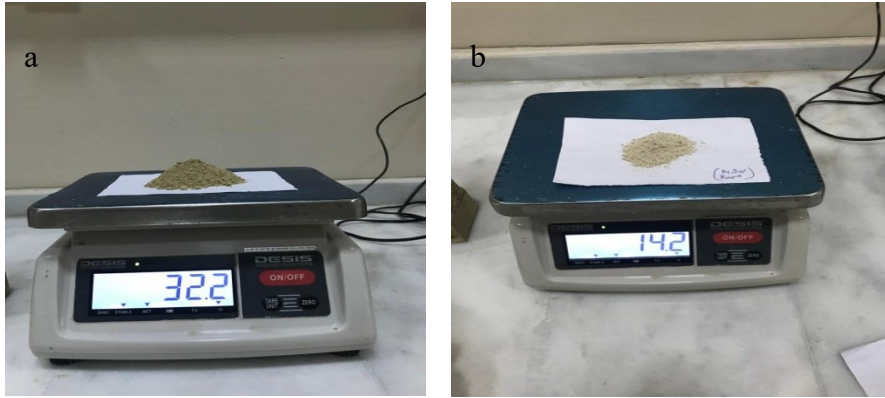
Fonksiyonelleştirilen karışım 12 saat normal koşullar altında bozulmadan tutulmuştur [46].

3.7. Su Bazlı Sondaj Çamurunun Hazırlanması

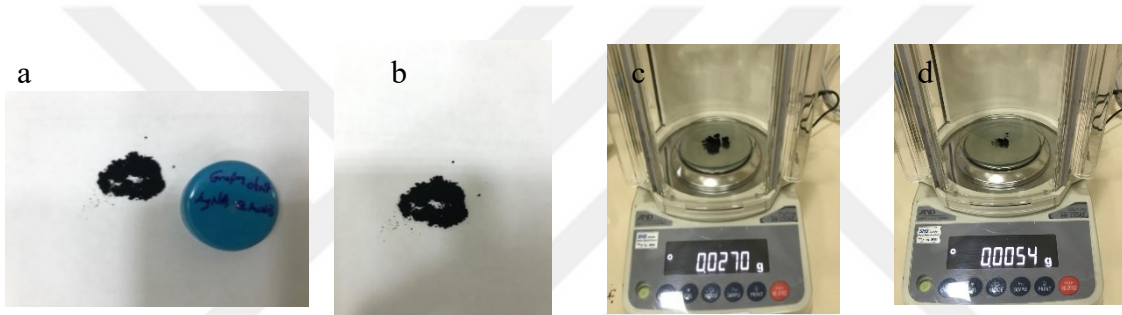
TSE ISO EN 13500 ve API standartlarına uygun sondaj çamuru için 500 gr suya 32.25 gr bentonit eklenmiştir ve her numune için 10 dakika karıştırma süresi belirlenerek karıştırılmıştır. Çamurun yoğunluğunun ayarlanması için her numuneye 14,25 g barit eklenerek yüksek devirli bir karıştırıcı ile 15 dakika sürekli karıştırılmıştır. Daha sonra grafen, grafen oksit, AgNPs/GO ve AgNPs@AuNPs/GO sırasıyla 0,0005, 0,001 0,005 ve 0,01 oranlarında (% k/v) sondaj çamuruna ilave edilerek tüm numuneler 15 dakika homojenize edilmiştir. Bu işlem bittikten sonra su bazlı sondaj çamuru 16 saat oda sıcaklığında atmosfer basıncında tutularak yaşlandırılmıştır. 16 saat sonunda su bazlı sondaj çamurlarının reolojik özelliklerini tahin etmek için FANN 35 viskozimetre cihazı kullanılmıştır. Kullanılan cihaz ile görünür viskozite, plastik viskozite, kopma noktası ve jel mukavemeti belirlenmiştir. Sıvı kaybı ve çamur keki kalınlığı için, American Petroleum Institute (API) sıvı kaybı test ekipmanı kullanılarak API standartlarına göre analiz edilmiştir [27].



Resim 3.1. 16 saat yaşlandırılan çamurlar



Resim 3.2. Sondaj Katkı Malzemeleri a) bentonit b) barit



Resim 3.3. Sondaj çamurunda kullanılan NP'ler a) AgNPs@AuNPs/GO b) AgNPS/GO c) GO d) Grafen

Çizelge 3.1. Hazırlanan sondaj çamur numuneleri

Katkı Malzemeleri	Spud çamur	% 0,0005	% 0,001	% 0,005	% 0,01
Deiyonize su (ml)	500	500	500	500	500
Bentonit (g)	32,2	32,2	32,2	32,2	32,2
Barit (g)	14,2	14,2	14,2	14,2	14,2
Grafen (g)	-	0,0027	0,0054	0,027	0,054
Grafen Oksit (g)	-	0,0027	0,0054	0,027	0,054
AgNPs/GO (g)	-	0,0027	0,0054	0,027	0,054
AgNPs@AuNPs/GO (g)	-	0,0027	0,0054	0,027	0,054

Su bazlı çamuru hazırlanırken kullanılan bentonit yüksek kaliteli sodyum saf bentonit olduğu tespit edilmiştir. Yüksek montmorilonit yüzdesine sahiptir. Elementel kompozisyonu Çizelge 3.2 de verilmiştir.

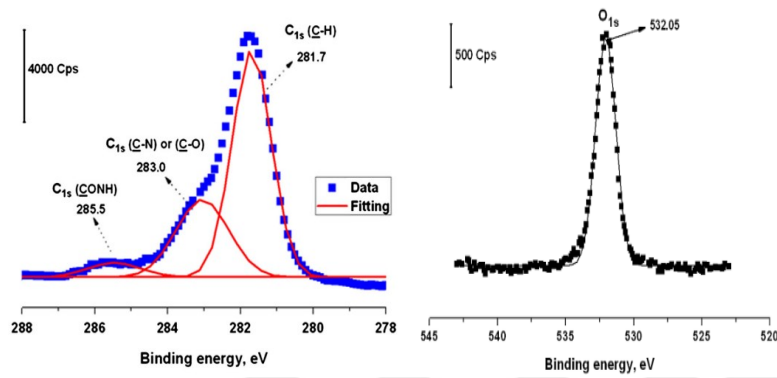
Çizelge 3.2. Na- Bentonitin kimyasal bileşimi

Örnek	% SiO₂	% Al₂O₃	% K₂O	% Fe₂O₃	% Na₂O
Na- Bentonit	59 - 61	2,5 - 3,5	0,5 – 1,5	4 - 6	2 - 3

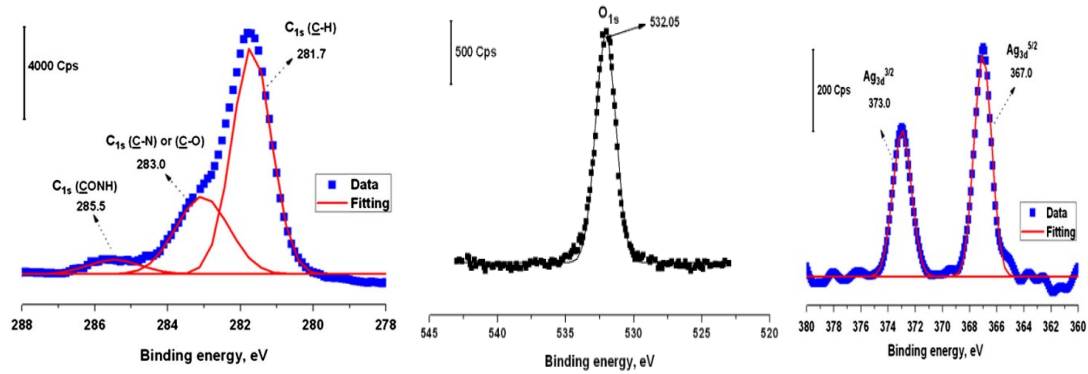
4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

4.1. X Işını Fotoelektron Spektroskopi (XPS) Analizi

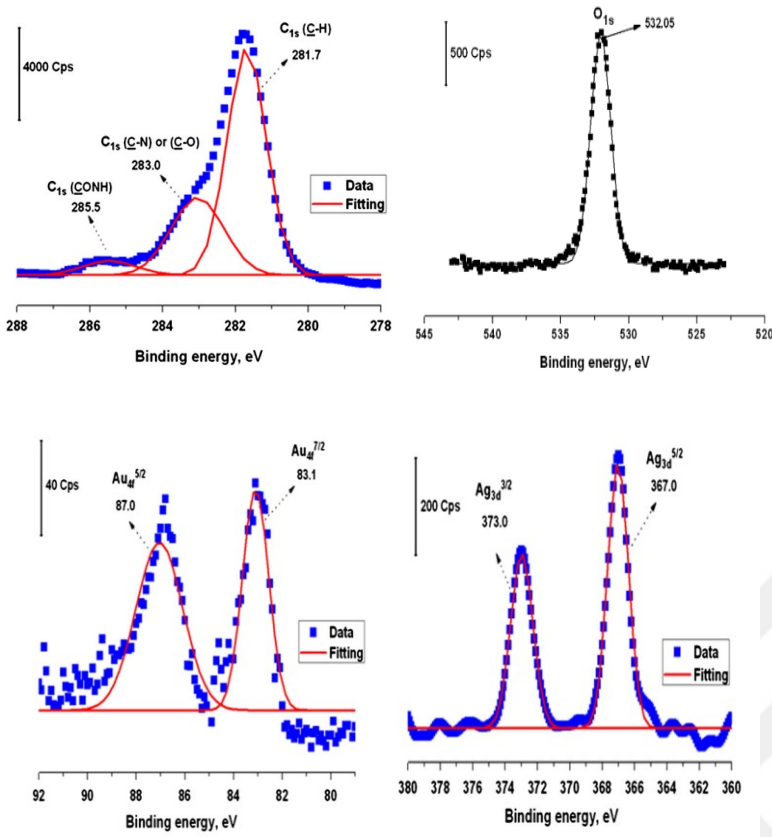
Deneysel kapsamında sentezlenen grafen, grafen oksit (GO), AgNPs/GO, AgNPs@AuNPs/GO'in XPS görüntülemeleri Resim 4.1, Resim 4.2, Resim 4.3'de verilmiştir.



Resim 4.1. Grafen/Grafen Oksitin XPS görüntüsü



Resim 4.2. AgNPs/GO'un XPS görüntüsü [36, 46]

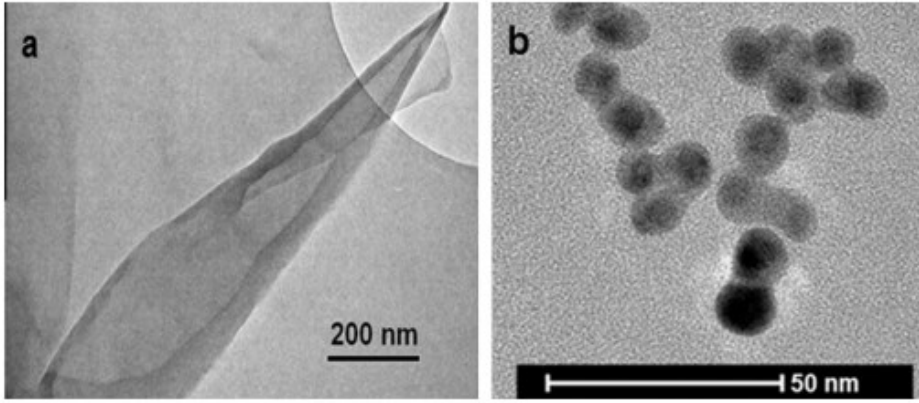


Resim 4.3. AgNPs@AuNPs/GO'un XPS görüntüsü [51, 54]

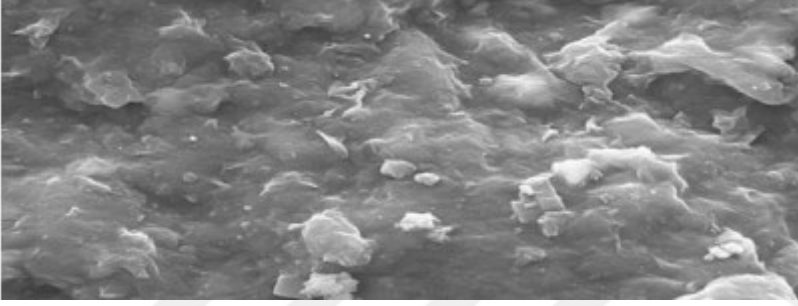
Resim 4.1, Resim 4.2 ve Resim 4.3'de XPS görüntüleri bulunan malzemelerin bağlanma enerjileri görülmektedir. Bağlanma enerjileri karbon için 281,7 eV, oksijen için 532,05 eV, altın için 83,1 eV, gümüş için 367eV olduğu görülmektedir. Akademik çalışmalara bakıldığında oksijenin bağlanma enerjisi 532 eV, karbonun bağlanma enerjisi 284 eV, gümüş ve altın nanopartikülerin bağlanma enerjisi sırasıyla; 81-84, 366-368 aralığında olduğu görülmektedir. Buna bağlı olarak sentezlenen malzemelerin doğru şekilde sentezlendiği tespit edilmiştir [36, 51, 54].

4.2. Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM)

Sentezlenen grafen oksit, AgNPs@AuNPs/GO ve spud(katkısız) çamura ait SEM görüntüleri Resim 4.4' de verilmiştir. GO'nun SEM görüntüsü Şekil 4.4a'da şeffaf ve kırışık görülmektedir. Şekil 4.4b'de Ag@AuNPs/GO daha açık bir gölgede ortalama 10-20 nm çapında koyu noktalar halinde görülmektedir.



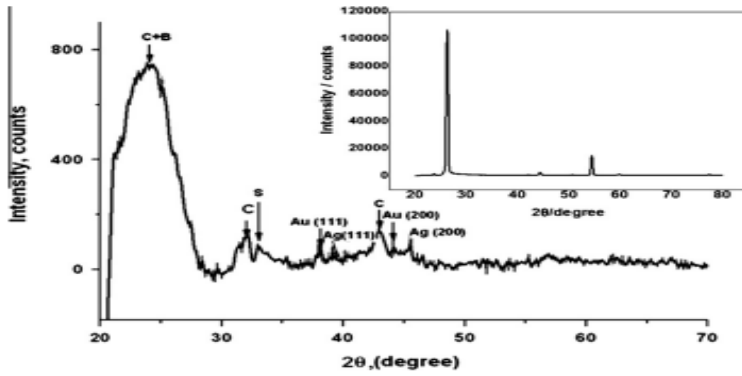
Resim 4.4. Sentezlenen GO ve AgNPs@AuNPs/GO'in SEM görüntüleri a) GO b) AgNPs@AuNPs/GO [46]



Resim 4.5. Spud (katkısız) çamura ait SEM görüntüleri [27]

4.3. X Işını Kristalografisi (XRD)

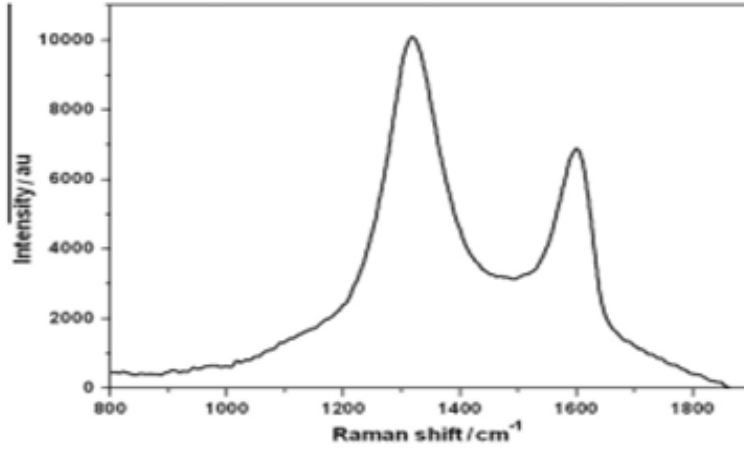
AgNPs@AuNPs/GO'in X ışın kristalografisi Resim 4.1 'de verilmiştir.



Resim 4.6. AgNPs@AuNPs/GO'in X ışın kristalografisi [36]

4.4. Raman Spektroskopisi

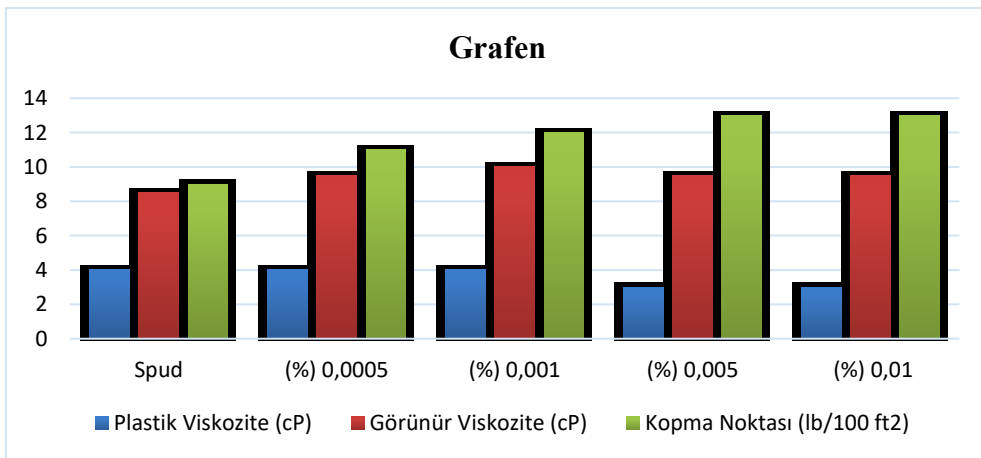
Grafen oksitidin raman spektroskopisi görüntüsü Şekil 4.1.' de verilmiştir.



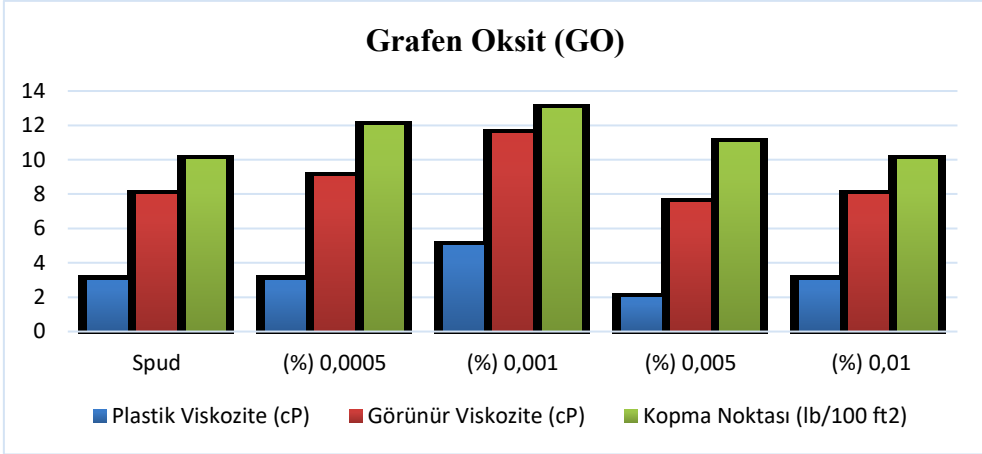
Resim 4.7. Grafen oksitidin raman spektroskopisi görüntüsü [36]

4.5. Grafen, GO, AgNPs/GO ve AgNPs@AuNPs/GO'ın Su Bazlı Sondaj Çamurunun Reolojik Özelliklere Etkisi

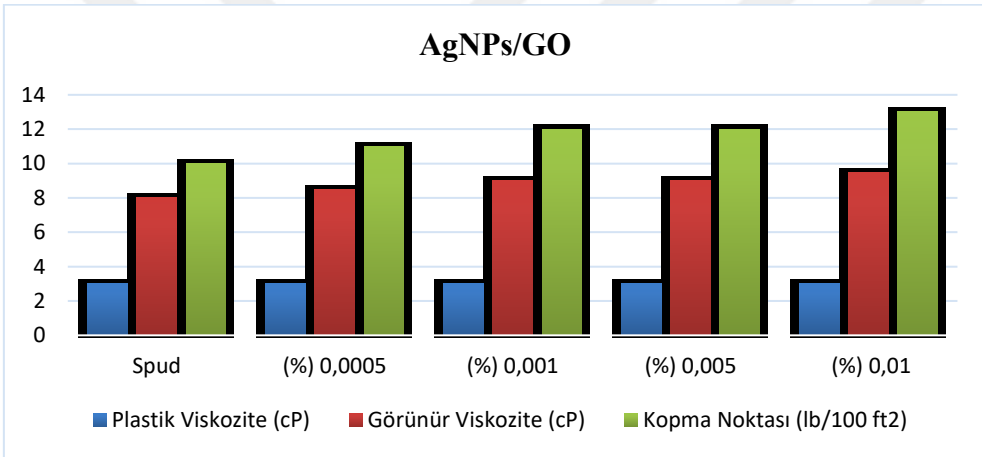
Su bazlı sondaj çamurlarına nanopartikül maddeler ile fonksiyonelleştirilmiş grafen oksitinin farklı oranlarda (0,0005, 0,001, 0,05 ve 0,01 % w/v) eklenmesiyle; plastik viskozite, görünür viskozite, kopma noktası API standartlarına göre detaylı bir şekilde analiz edilmiştir.



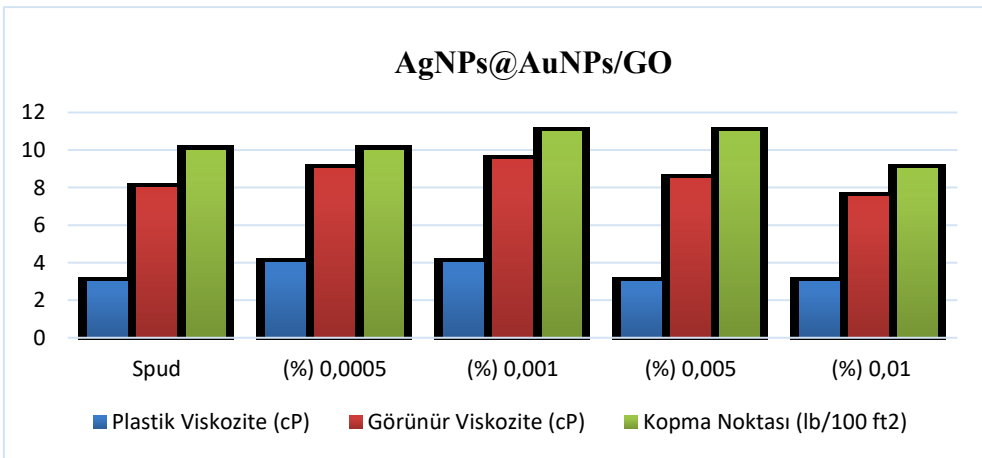
Şekil 4.1. Grafen katkılı sondaj çamurlarının PV, AV ve YP değerleri



Şekil 4.2. Grafen oksit katkılı sondaj çamurlarının PV, AV ve YP değerleri

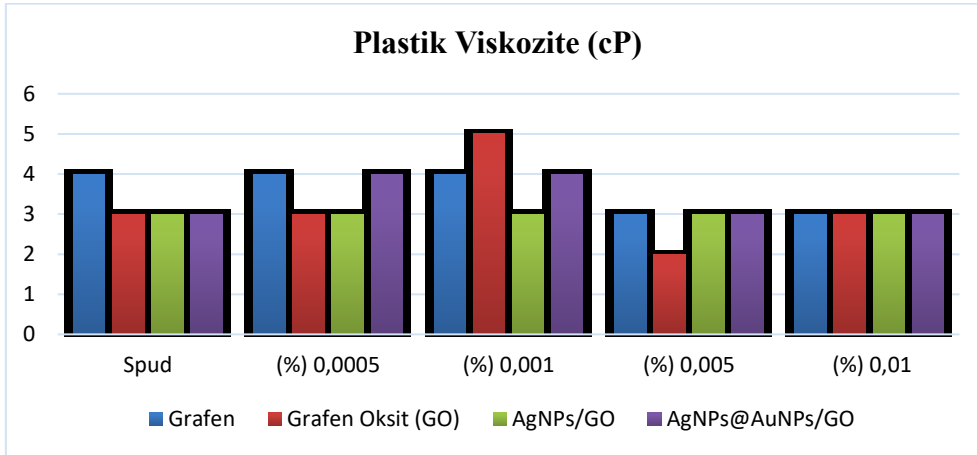


Şekil 4.3. AgNPs/GO katkılı sondaj çamurlarının PV, AV ve YP değerleri

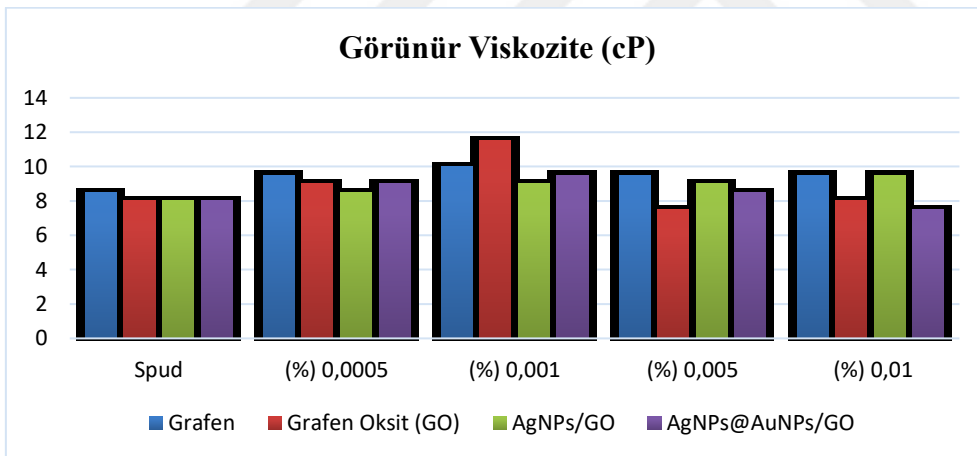


Şekil 4.4. AgNPs@AuNPs/GO katkılı sondaj çamurlarının PV, AV ve YP değerleri

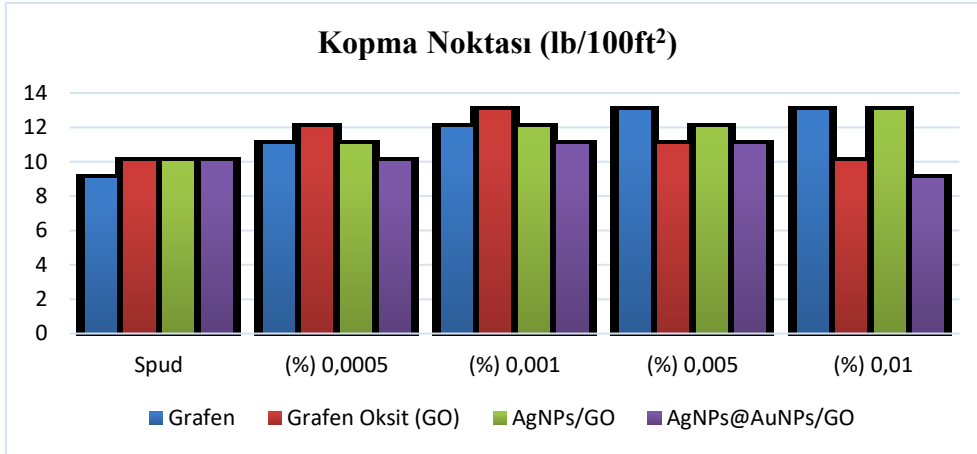
Su bazlı sondaj çamuruna katılanan nanopartiküllerin reolojik davranışlarının karşılaştırılmaları da Şekil 4.5, Şekil 4.6, Şekil 4.7’de verilmiştir.



Şekil 4.5. Grafen, GO, AgNPs/GO ve AgNPs@AuNPs/GO’in sondaj çamurundaki PV değerleri



Şekil 4.6. Grafen, GO, AgNPs/GO ve AgNPs@AuNPs/GO’in sondaj çamurundaki AV değerleri



Şekil 4.7. Grafen, GO, AgNPs/GO ve AgNPs@AuNPs/GO'in sondaj çamurundaki YP değerleri

Çamurdaki katıların miktarı, türü ve boyutuna bağlı olarak akışa karşı iç direnci ölçen plastik viskozite değerlerinin karşılaştırılması Şekil 4.5'de verilmiştir. Su bazlı sondaj çamurlarına eklenen katkı maddeleri ve çamurun sıvı faz ile çarpışması mekanik sürtünmeye neden olmuştur. İyi bir plastik viskoziteye sahip çamur üretimi, kuyunun temizlenme kabiliyetini iyileştirebilir. Sondaj çamuru için çok yüksek plastik viskozite istenmez. Çünkü yüksek viskoz çamurlar sondaja zarar vermektedir. Plastik viskozitedeki artış, akış hızını geciktirebilir ve kaldırma kapasitesindeki herhangi bir artışı dengeleyebilir. Bu nedenle plastik viskoziteyi kontrol seviyesinde tutmak, kuyunun devamlılığı için önemlidir [55, 58-59].

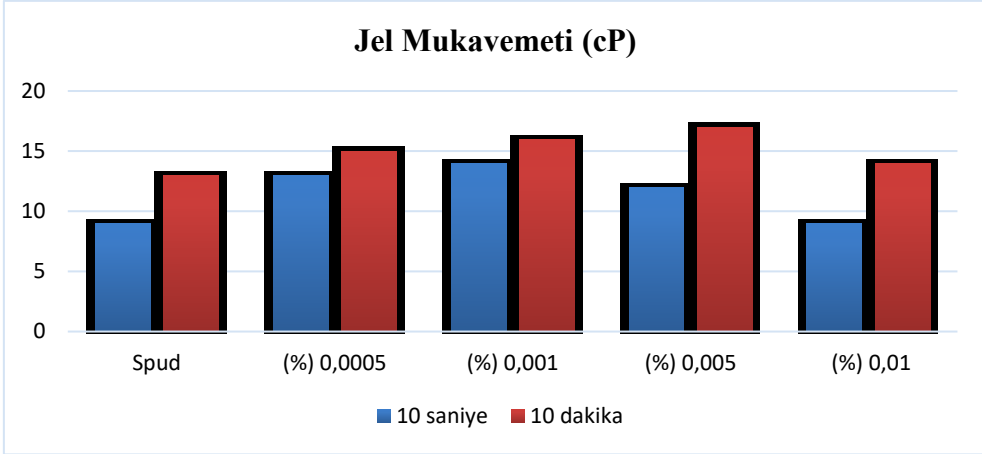
Sondaj çamuruna birçok katkı maddesi eklenerek plastik viskozite arttırılabilir. Ancak plastik viskozite arttırdığında formasyondan kaynaklı nemi emen ve genişlen katılar kuyuya girebilir. Zaman, sıcaklık ve basınç gibi faktörler de viskoziteyi arttırır, kil trombositlerini dağıtır ve hidrasyon oluşturur. Plastik viskoziteyi uygun seviyeye indirmek için çamurdaki katıların miktarı mümkün olduğunca düşük olmalıdır. Plastik viskoziteyi arttırmak için çamurdaki katıların hacim yüzdesini arttırmak kuyu sorunlarına neden olacaktır. Ancak yapılan analizde küçük boyutlu ve sağlam malzemenin kuyuda plastik viskoziteyi dengelediği görülmektedir [31, 58-59]. Spud çamura göre Şekil 4.5 incelendiğinde nanopartikül maddeler ile fonksiyonelleştirilmiş nano malzemelerin sondaj çamurundaki PV değerleri grafen ve AgNPs/GO olumlu veya olumsuz sonuç yaratmazken, GO ve AgNPs@AuNPs/GO'in sırasıyla % 68 ve % 33,3 olarak iyileşme görülmüştür.

Görünür viskozite değerleri Şekil 4.6'da verilmiştir. Şekil 4.6 incelendiğinde Grafen, GO, AgNPs/GO ve AgNPs@AuNPs/GO'in sırasıyla % 44, %17,6, %18,75, %26,6 olarak iyileştiği görülmektedir. Şekil 4.16 ve Şekil 4.17 incelendiğinde katılan nano malzemelerin sondaj çamurunu spud(katkısız) çamura göre iyileştirdiği görülmüştür. Ayrıca plastik viskozite ve akma noktası tüm konstrasyonlar için karşılaştırıldığında en iyi katkılama oranını %0,001 olduğu tespit edilmiştir.

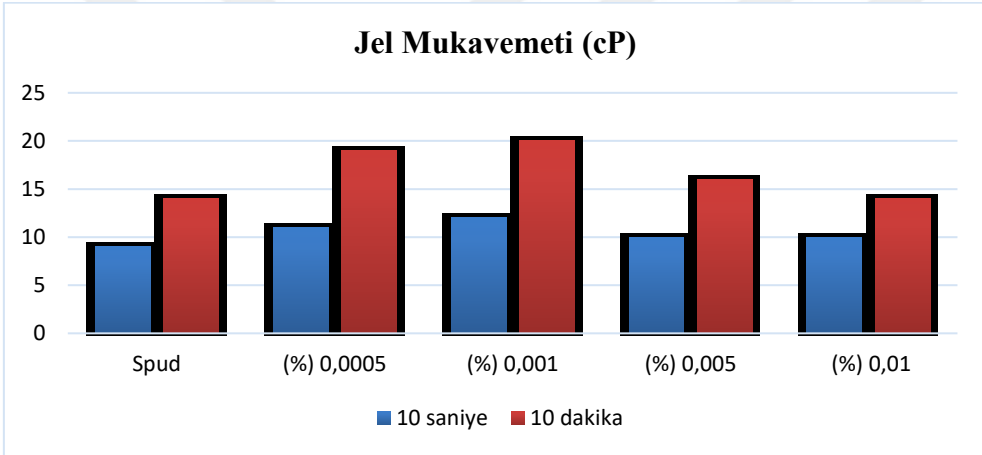
Kopma noktası çamur içindeki partiküllerin arasındaki çekim kuvvetidir. Kopma noktası değerleri Şekil 4.7'de verilmiştir. Kuyuda bulunan katıların cinsine, yüzey yüklerine, konsantrasyonlarına ve kuyuya akabilecek iyon veya tuzların türüne göre kopma noktası değerleri değişiklik göstermektedir. Çamur ağırlığı bir miktar artırılarak kuyu temizliği iyileştirilebilir. İyi kesme ve aşınma özellikleri sağlamak için yüksek ağırlıklı çamur kullanılır. Fakat çamur pompasında aşırı basınç farklılıklarına yol açabileceği için tercih edilmemektedir [56, 59]. Şekil 4.7'de gösterildiği gibi, kopma noktaları spud çamura göre Grafen, GO, AgNPs/GO ve AgNPs@AuNPs/GO'in sırasıyla %44,4, %30, %30 ve %22,2 oranında iyileştirmiştir. Yüksek yoğunluklu çamurlarda kopma noktası yüksek olmalıdır. Şekil 4.5, Şekil 4.6, Şekil 4.7'de PV, AV, YP değerleri bir biri arasında karşılaştırıldığında en iyi sonucun grafen oksit ve katkılama oranının %0,001 olduğu tespit edilmiştir.

4.6. Grafen, GO, AgNPs/GO ve AgNPs@AuNPs/GO'ın Su Bazlı Sondaj Çamurunun Jel Mukavemet Değerine Etkisi

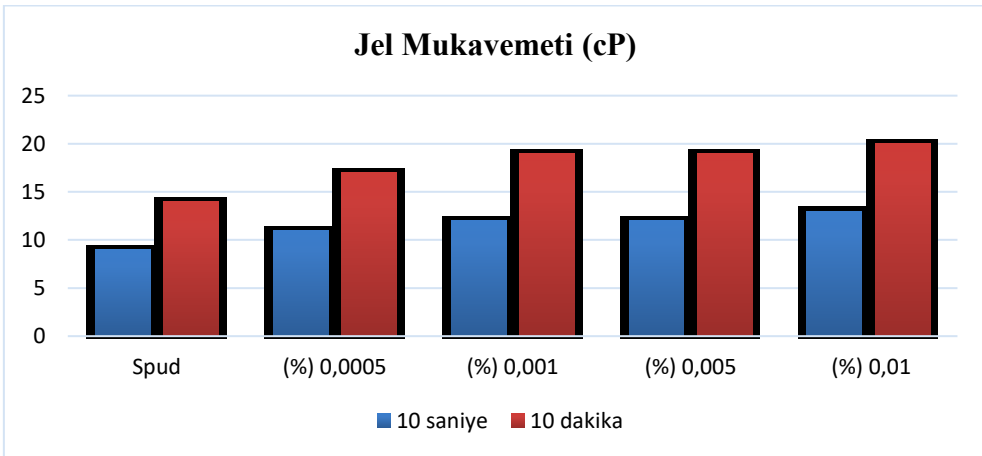
Uzun süre hareketsiz olan sondaj çamurunda sirkülasyonun başlaması için gerekli olan kayma geriliminin ölçüsüne jel mukavemeti denir. Yani sirkülasyon durduğunda matkabın kestiği kesintileri askıda tutması istenir. İyi temizlenmeyen kuyuda yüksek tork, kuyu stabilizasyonunun olmayışı, sirkülasyon kaybı ve formasyon hasarı gibi problemleri meydana getirir. Sondaj operasyonu esnasında oluşan bu problemlerin ortadan kaldırılması için iyi bir jel mukavemeti istenir [12, 57-59]. Farklı konsantrasyonlardaki Grafen, GO, AgNPs/GO ve AgNPs@AuNPs/GO'in jel kuvvetlerindeki değişimler aşağıdaki şekillerde yer almaktadır.



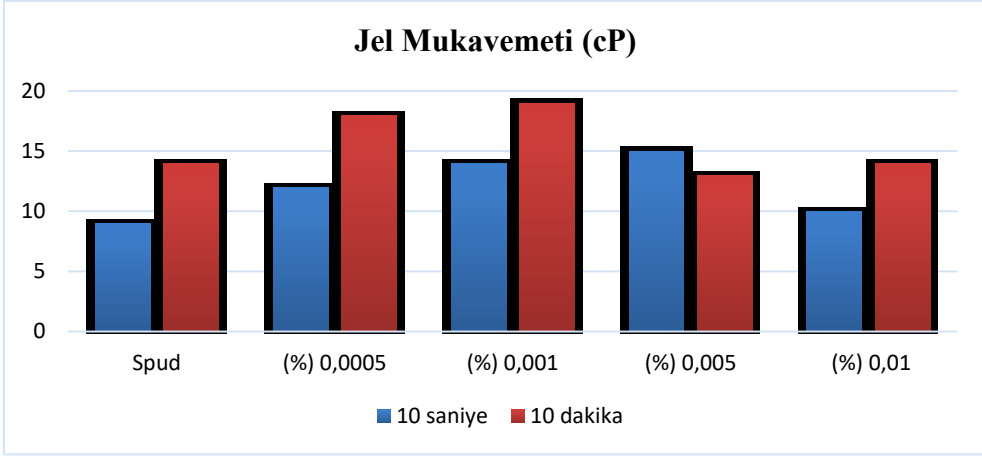
Şekil 4.8. Grafen katkılı çamurun jel mukavemet değeri



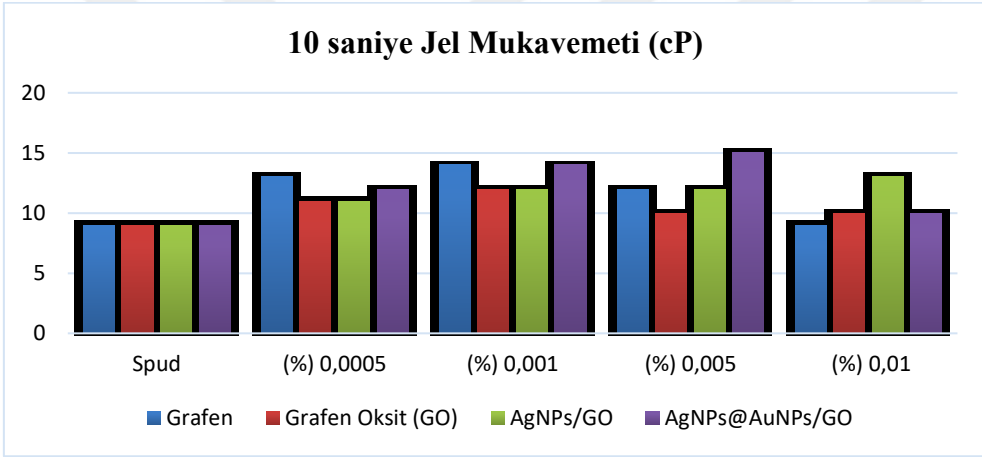
Şekil 4.9. Grafen oksit katkılı çamurun jel mukavemet değeri



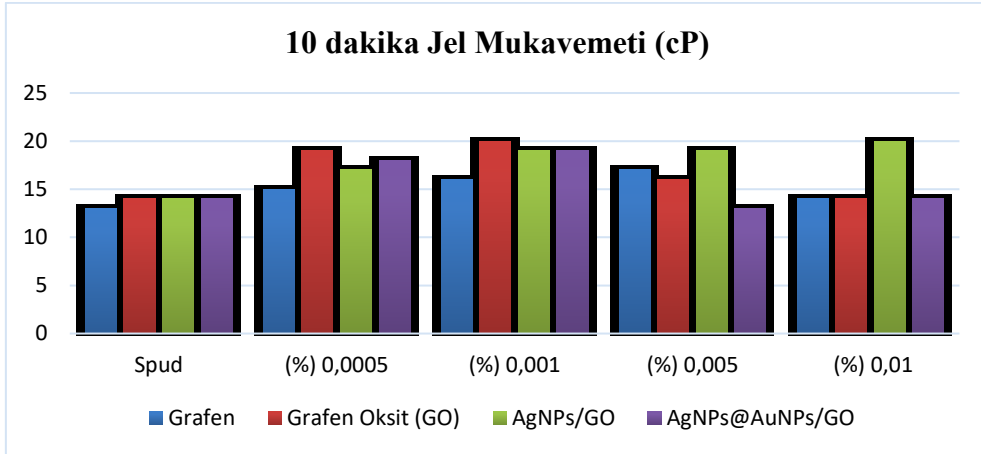
Şekil 4.10. AgNPs/GO katkılı çamurun jel mukavemet değeri



Şekil 4.11. AgNPs@AuNPs/GO katkılı çamurun jel mukavemet değeri



Şekil 4.12. Grafen, GO, AgNPs/GO ve AgNPs@AuNPs/GO'in sondaj çamurundaki 10 saniye değerleri

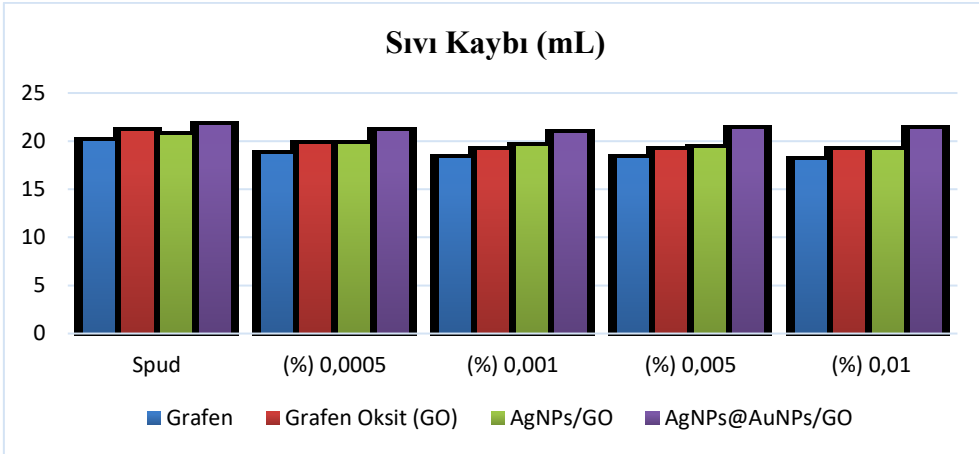


Şekil 4.13. Grafen, GO, AgNPs/GO ve AgNPs@AuNPs/GO'in sondaj çamurundaki 10 dakika değerleri

Şekil 4.12 ve Şekil 4.13 incelendiğinde Grafen, GO, AgNPs/GO ve AgNPs@AuNPs/GO'in jel 10 sn değerlerinde spud çamura göre sırasıyla; %55,5, %25, %44, %66 arttığı görülmektedir. Şekil 4.12 ve Şekil 4.13 incelendiğinde Grafen, GO, AgNPs/GO ve AgNPs@AuNPs/GO'in jel 10 dk değerlerinde spud çamura göre sırasıyla; %30, %30, %42, %35 arttığı görülmektedir.

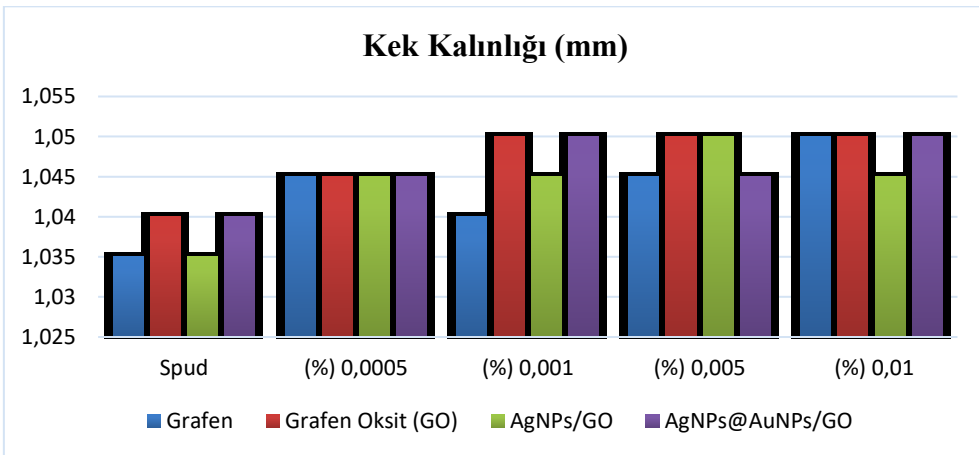
4.7. Grafen, GO, AgNPs/GO ve AgNPs@AuNPs/GO'ın Su Bazlı Sondaj Çamurunun Filtrasyon ve Kek Kalınlığı Etkisi

Hidrostatik basınç formasyon basıncından fazla olduğu zaman kuyu duvarlarında katı parçacıkların birikmesi ile sondaj çamuru formasyona akmaya zorlanır. Bu nedenle filtrasyon ile hem süzüntü istilası hem de çamur kek problemi oluşur. Sondaj çamurunda iyi bir filtreleme olmadığı zaman, sirkülasyon kaybı ve tork problemleri gibi sorunlarla karşılaşılabilir. Bu nedenle kekin kalınlığı ve geçirgenliği en aza indirilmelidir [23-27, 57].



Şekil 4.14. Grafen, GO, AgNPs/GO ve AgNPs@AuNPs/GO'in sondaj çamurundaki filtrasyon değerleri

Filtre kekinin özelliklerinden bahsedecek olursak, kekin ince olması ve geçirgenliğinin düşük olması arzu edilir. Kekin geçirgenliği, kek kalınlığı ve sıvı kaybı ile orantılıdır. Bir çamur kekinin kayganlığı, diferansiyel basınç yapışması sırasında gelişen sürtünme direnci ile ilgilidir [3, 57-59]. Kekin katı içeriği çamur yoğunluğu ile artar ve bu etkiyi en aza indirmek için bentonit veya özel yağlayıcı katkı maddeleri çamura eklenir.

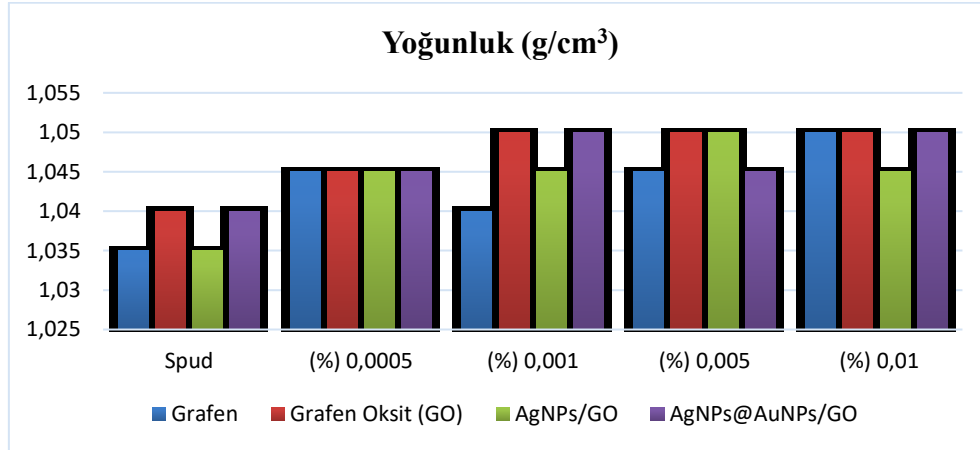


Şekil 4.15. Grafen, GO, AgNPs/GO ve AgNPs@AuNPs/GO'in sondaj çamurundaki kek kalınlığı değerleri

Şekil 4.14 incelendiğinde Grafen, GO, AgNPs/GO ve AgNPs@AuNPs/GO'in filtrasyon değerlerinde spud çamura göre sırasıyla; %10, %9,5, %7,7, %3,7 azaldığı görülmektedir. Şekil 4.15 incelendiğinde Grafen, GO, AgNPs/GO ve

AgNPs@AuNPs/GO'in kek kalınlığı değerlerinde spud çamura gore sırasıyla; %10, %10, %33,3, %27,7 arttığı gorlmektedir.

4.8. Grafen, GO, AgNPs/GO ve AgNPs@AuNPs/GO'ın Su Bazlı Sondaj amurunun Yoğunluk Etkisi

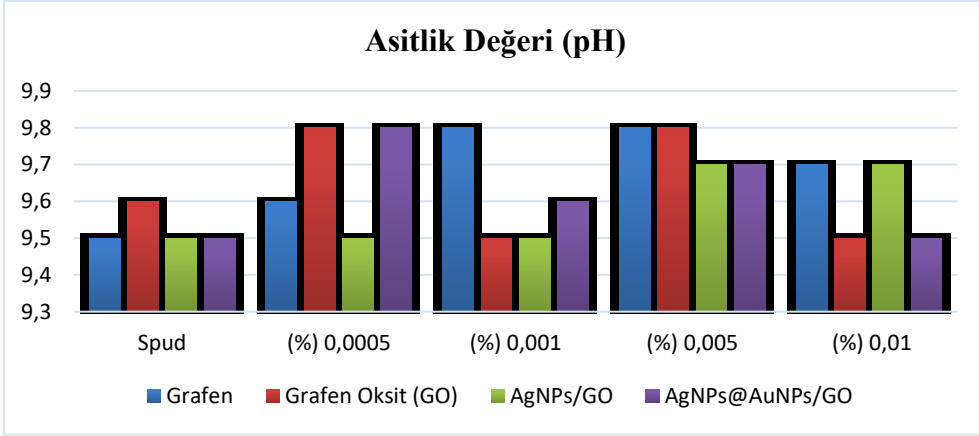


Şekil 4.16. Grafen, GO, AgNPs/GO ve AgNPs@AuNPs/GO'in sondaj çamurundaki yoğunluk değerleri

Yapılan deneyler sonucunda Grafen, GO, AgNPs/GO ve AgNPs@AuNPs/GO kullanılmış olup sondaj çamuru yoğunluğuna bir etkisi olmamıştır. lmlenen sondaj çamur yoğunluğu API referans (1,035-1,05) değerleri aralığında kaldığı için problem oluşturmamaktadır.

4.9. Grafen, GO, AgNPs/GO ve AgNPs@AuNPs/GO'ın Su Bazlı Sondaj amurunun pH Etkisi

Nanopartikül maddeler ile fonksiyonelleştirilmış grafen oksitin sondaj çamurundaki pH değerleri Şekil 4.17'de verilmiştir.



Şekil 4.17. Grafen, GO, AgNPs/GO ve AgNPs@AuNPs/GO'in sondaj çamurundaki pH değerleri

Yapılan deneyler sonucunda Grafen, GO, AgNPs/GO ve AgNPs@AuNPs/GO kullanılmış olup sondaj çamuru pH bir etkisi olmamıştır. Ölçülen sondaj çamurlarının pH değerleri API referans (9,5-12,5) değerleri aralığında kaldığı için problem oluşturmamaktadır.

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu tez çalışmasında, grafitten Hummers yöntemi kullanılarak grafen oksit, grafen oksitin hidrazin ile indirgenmesiyle grafen ve çeşitli kimyasal yöntemler kullanılarak nanopartiküller elde edilmiştir.

Elde edilen grafen, GO, AgNPs/GO ve AgNPs@AuNPs/GO'in SEM, XPS, XRD ve Raman spektroskopisi teknikleri ile karakterize edilmiştir. Daha sonra sentezlenen bu nano malzemeler, su bazlı bazlı sondaj çamurlarına 0,0005, 0,001, 0,005 ve 0,01 oranlarında ilave edilmiş ve sondaj çamurlarının PV, AV, YP, jel mukavemeti, filtrasyon kaybı gibi reolojik ve filtrasyon özelliklerinin yanı sıra pH ve yoğunluklarına olası etkileri araştırılmıştır. Yapılan tüm deneyler API standartlarına uygun bir şekilde gerçekleştirilmiştir. Çalışmanın sonucunda katkısız (spud) çamur ile nano malzeme katkılı çamurların analiz sonuçları karşılaştırıldığında elde edilen sonuçlar aşağıdaki özetlenmiştir.

1.Grafen katkılı sondaj çamuru ile Spud çamur mukayesesi;

- Plastik viskozite (PV) değerinde herhangi bir olumlu ya da olumsuz etki yok,
- Görünür viskozite (AV) değeri %17,6 oranında artmış,
- Kopma noktası (YP) değeri % 44,4 oranında artmış,
- 10 saniye ve 10 dakika değerleri sırasıyla % 55,5 ve % 30,7 oranlarında artmış,
- Sıvı (filtrasyon) kaybı değeri % 10 oranında azalmış,
- Kek kalınlığı % 10 oranında artmış,

2.Grafen oksit (GO) katkılı sondaj çamuru ile Spud çamur mukayesesi;

- Plastik viskozite değeri % 67 oranında artmış,
- Görünür viskozite değeri % 44 oranında artmış,
- Kopma noktası değeri % 30 oranında artmış,
- 10 saniye ve 10 dakika değerleri sırasıyla % 33 ve % 43 oranında artmış,
- Sıvı (filtrasyon) kaybı değeri % 9,52 oranında azalmış,
- Kek kalınlığı %10 oranında artmış,

3. AgNPs/GO katkılı sondaj çamuru ile Spud çamur mukayesesi;

- Plastik viskozite değerinde herhangi bir olumlu ya da olumsuz etki yok,
- Görünür viskozite değeri % 18,75 oranında artmış,
- Kopma noktası değeri % 30 oranında artmış,
- 10 saniye ve 10 dakika değerleri sırasıyla % 30 ve % 42 oranında artmış,
- Sıvı (filtrasyon) kaybı değeri % 8,4 oranında azalmış,
- Kek kalınlığı % 33,3 oranında artmış,

4. AgNPs@AuNPs/GO katkılı sondaj çamuru ile Spud çamur mukayesesi;

- Plastik viskozite değeri % 33 oranında artmış,
- Görünür viskozite değeri % 26 oranında artmış,
- Kopma noktası değeri % 22 oranında artmış,
- 10 saniye ve 10 dakika değerleri sırasıyla % 66,6 ve % 46 oranında artmış,
- Sıvı (filtrasyon) kaybı değeri % 3,84 oranında azalmış,
- Kek kalınlığı %27,7 oranında artmıştır.

5. Tüm nano malzemeler kendi içlerinde mukayese edildiğinde;

- Plastik viskozite için 0,001 oranında grafen oksit nano malzeme ilavesi,
- Görünür viskozite için 0,001 oranında grafen oksit nano malzeme ilavesi,
- Kopma noktası için 0,001 oranında grafen oksit nano malzeme ilavesi,
- 10 saniye değerleri için 0,005 oranında AgNPs@AuNPs/GO nano malzeme ilavesi,
- 10 dakika değerleri için 0,001 oranında grafen nano malzeme ilavesi,
- Sıvı (filtrasyon) kaybı değeri için 0,01 oranında grafen nano malzeme ilavesi,
- Kek kalınlığı için 0,01 oranında tüm nano malze ilavesi yapılmasının en iyi sonucu verdiği tespit edilmiştir.

Sonuç olarak tüm bu veriler ışığında; sondaj çamuru işlevlerini yerine getirebilmesi için çamur özelliklerinin stabil olması gerekir fikrinden de yola çıkarak; elde edilen sonuçların sondaj operasyonlarında ihtiyaç duyulan özelliklerde sondaj çamurlarının yapılmasına katkı sağlayacağı aşıkardır. Özellikle her geçen gün artan maliyetler düşünüldüğünde yapılan bu çalışmanın önemi daha iyi anlaşılmaktadır. Fakat yine de elde edilen bu sonuçların bütün kuyu ve formasyonlar için kesin çözüm olduğuna dair bir kanıt yoktur. Başarılı bir sondaj operasyonu için sondaj öncesinde iyi çamur sistemi tasarlanabilse bile, sürekli sondaj çamurlarının izlenmesi ve kontrolü sondajın

devamlılığı için çok oldukça önemlidir. Çeşitli amur katkı maddelerinin kullanılarak bezer çalışmaların daha fazla yapılmasıyla istenilen zeliklerde sondaj çamurlarına sahip olunması adına bir adım daha yaklaşılabileceği düşünülmektedir.



KAYNAKLAR

1. Awele, J. (2014). Investigation of Additives on Drilling Mud Performance with “tønder Geothermal Drilling” as a case study, Aalborg University Esbjerg
2. <https://firkansondajekipmanlari.com> Furkan Sondaj Ekipmanları Ltd. Şti. Son Erişim Tarihi: 18.05.2021
3. Türkiye Petrolleri [TP] (2007). Sondaj Akışkanları Teknolojisi (lignosülfonat çamuru). Araştırma Merkezi Daire Başkanlığı Sondaj Teknolojisi Müdürlüğü, Ankara.
4. Asker, N., Özkan, V., ve Özkan, A. (2019). Su Bazlı Sondaj Çamurunun Reolojik ve Filtrasyon Özelliklerine ZnO Nanopartikülü ile Fonksiyonelleştirilmiş Çok Duvarlı Karbon Nanotüpün Etkisinin Araştırılması. Euro Asia 5th. In International Congress on Applied Sciences, Adana.
5. Toprakezer, F. (2009). Nanokompozit Sentezinde Kullanılacak Na-Bentonit Kilinin Saflaştırılması, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri, Kimya Anabilimdalı, Adana.
6. Özkan, V. (2019). Nanopartikül Katkılandırılarak Nanokompozit Malzeme Üretimi ve Karakterizasyonu, İSTE, Fen Bilimleri Enst. Makine Mühendisliği Anabilim dalı, Doktora tezi, Hatay.
7. Özkan, A. (2018). Çok Duvarlı Karbon Nanotüplerin Su Bazlı Sondaj Çamurlarına Etkisi, Muş Alparslan Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 6 (2), 591-594.
8. API RP 13B-1 (2009). Su Bazlı Sondaj Sıvılarının Saha Testi için Önerilen Uygulama. 4. Baskı: API
9. Avdalovic, J., Duric, A., Miletic, S., Ilic, M., Milic, J., Vrvic, M.M., (2016). Treatment of mud pit by bioremediation, Waste Management & Research, 34, 734-739.
10. Azar, J.,& Samuel, G. R. (2007). Drilling Engineering. PennWell Corporation.
11. Dhiman, A. S. (2012). Rheological Properties and Corrosion Characteristics of Drilling Mud Additives. M. Sc, Dalhous University.
12. Gücüyener, İ., H. (2009). Sondaj Akışkanları Teknolojisindeki Son Gelişmeler. İTÜ Petrol ve Doğalgaz Mühendisliği Bölümü Ders Sunumu, İstanbul.
13. Amoco Production Company. (1994). Drilling Fluids Manual. six ed., pp. 426.

14. Al-Zubaidi, N. S., Alwasiti, A. A. and Mahmood, D. (2016). A Comparison of Nano Bentonite and Some Nano Chemical Additives to Improve Drilling Fluid Using Local Clay and Commercial Bentonites. *Egyptian Journal of Petroleum*, 26, 811–818.
15. Max R. Annis, M.V.S. (1996). *Drilling Fluid Technology Exxon Manual*.
16. Chemwotei, S.C. (2011). *Geothermal Drilling Fluids*. United Nations University, Geothermal Training Programme, IS - 108 Reykjavik, Iceland.
17. Annis, M.R., Smith, M.V. (1974). *Drilling Fluids Technology*. Revised Edition, Exxon Company, U.S.A.
18. Hughes, B. (2006) *Drilling Fluids Reference Manual*.
19. Nwaiche, J. (2015). *Selection and Application of Drilling Fluids*. Teesside University. <https://www.researchgate.net/publication/275334398>.
20. Caenn, R., Darley, H. C. H. and Gray, G. R. (2011). *Drilling Problems Related to Drilling Fluids. Composition and Properties of Drilling and Completion Fluids*, 389–475.
21. Neaman, A., and Singer, A. (2000) *Rheology of Mixed Palygorskite-Montmorillonite Suspensions*, *Clays and Clay Minerals* 48.
22. Chaplin, M. (2016). *Water Structure and Science*. <http://www1.lsbu.ac.uk/water/rheology.html>.
23. Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı [TPAO] (2007). *Sondaj Akışkanları Teknolojisi*, Araştırma Merkezi Daire Başkanlığı, Ankara.
24. Kok, M. V. and Alikaya, T. (2005). *Effect of Polymers on The Rheological Properties of KCl/Polymer Type Drilling Fluids*. *Energy Sources*, 27(5), 405-415.
25. Björn, A., de La Monja, P.S., Karlsson, A., Ejlertsson, J. and Svensson, B.H. (2012). *Rheological Characterization*. *Biogas*, 63-75.
26. Herschel, H. V., & Bulkley, R. (1926). *Measurement of Consistency as Applied to Rubber-Benzene Solution*. *Proc ASTM Part II*.
27. Asker, N. E. (2020). *Nanopartiküller ile Fonksiyonelleştirilmiş Çok Katmanlı Karbon Nanotüplerin Su Bazlı Sondaj Çamurlarına Etkisi*. İSTE, Fen Bilimleri Enst. Petrol ve Doğalgaz Mühendisliği Anabilim dalı, Yüksek lisans tezi, Hatay.
28. Oil Field Testing Equipment Incorporated [OFITE Inc.] (2017). *Alkalinity of Drilling Fluids*. <http://www.ofite.com/news/alkalinity-of-Drilling-Fluids>.

29. IADC Drilling Manual-Eleven Edition (2000). International Association of Drilling Contractors All Rights Reserved, O1-O37.
30. Özkan, A., Turan, S. E., Kaplan, B. M. (2018). Investigation of Fly Ash Effect on Rheological and Filtration Properties of Drilling Muds. *Fresenius environmental bulletin*, 27(12), 9189-9194.
31. Finger, J., & Blankenship, D. (2010). *Handbook of Best Practices for Geothermal Drilling*. Sandia National Laboratories, Albuquerque.
32. Fann Instrument Company [FIC] (2014). *Fann Product Catalog, Drilling Fluids Testing - Oil Well Cement Testing - Industrial Products*.
33. Pierson, H. O. (1993). *Handbook of Carbon, Graphite, Diamond and Fullerenes Properties, Processing and Applications*. New Jersey, USA.: Noyes Publications.
34. Kwiecińska, B., & Petersen, H. I. (2004). Graphite, Semi-Graphite, Natural Coke, and Natural Char Classification—ICCP system. *International Journal of Coal Geology*, 57(2), 99-116.
35. Park, S., An, J., Potts, J.R., Velamakanni, A., Murali, S., Ruoff, R.S. (2011). Hydrazine- Reduction of Graphite- and Graphene Oxide. *Carbon*, 49(9), 3019-3023.
36. Yola, M.L., Eren, T. ve Atar, N. (2014). A Novel Efficient Photocatalyst Based on TiO₂ Nanoparticles Involved Boron Enrichment Waste for Photocatalytic degradation of atrazine. *Chemical Engineering Journal*, 250, 288-294.
37. Li F., Jiang X., Zhao J. & Zhang S. (2015). Graphene Oxide: A Promising Nanomaterial for Energy and Environmental Applications, *Nano Energy*, 16, 488-515.
38. Dimiev A. M. & Eigler S. (2017). *Graphene Oxide Fundamentals and Applications*. United Kingdom: Wiley
39. Fernandez-Merino, M. J., Guardia, L., Paredes, J. I., Villar-Rodil, S., Solís-Fernandez, P., Martínez-Alonso, A. & Tascon, J. M. D. (2010). Vitamin C is an Ideal Substitute for Hydrazine in the Reduction of Graphene Oxide Suspensions. *The Journal of Physical Chemistry C*, 114 (14), 6426-6432.
40. Tiyek, İ. (2016). "Kimyasal Yöntem ile İndirgenmiş Grafen Oksit Sentezi ve Karakterizasyon". *SAÜ Fen Bil Der* 20. Cilt 2. Sayı, s. 349-357.

41. NSF International (2020). İnternet linki: https://serc.carleton.edu/research_education/geochemsheets/techniques/XRF.html, Son Erişim Tarihi: 22.06.2021.
42. Vryzas, Z., and Kelessidis, V. C. (2017). Nano-Based Drilling Fluids: A Review. *Energies*, 10(4), 540.
43. Esmaeili, A. (2009). *Applications of Nanotechnology in Oil and Gas Industry*, Petrotech, New Delhi, India, 1–6.
44. Mokhatab, S., Fresky, M. A. and Islam, M. R. (2006). Applications of Nanotechnology in Oil and Gas e&p. *J. Pet. Technol*, 58(4), 48–51.
45. Yola, M.L., Eren, T. ve Atar, N. (2014). A Novel Efficient Photocatalyst Based on TiO₂ Nanoparticles İnvolved Boron Enrichment Waste for Photocatalytic Degradation of Atrazine. *Chemical Engineering Journal*, 250, 288-294.
46. Li, Yang; O, Yongyong; Qiu, Jianxun; Zhao, Haziran; Ye, Qianwen; Zhu, Yijie; Mao, Junyuan (2018). "Amorf/Nanokristal Oksi-nitrülenmiş Fazların Aktif Ekran Plazma İşlemi ile Biriktirilmesi Yoluyla Östenitik Paslanmaz Çeliğin Çukurlaşma Korozyon Direncinin Artırılması". *Malzeme Araştırması*. 21 (6). doi : 10.1590/1980-5373-mr-2017-0697 . ISSN 1516-1439 .
47. Ray, S. ve AG Shard. (2011). X-ışını Fotoelektron Spektroskopisi ile Adsorplanmış Proteinlerin Kantitatif Analizi. *Analitik Kimya*. 83(22): s. 8659-8666.
48. Seesaard, T., Kerdcharoen, T., and Wongchoosuk, C. (2020). Hybrid Materials With Carbon Nanotubes for Gas Sensing. *Semiconductor Gas Sensors*, 204.
49. M.L. Yola, N. Atar (2014). *Electrochimica Acta* 119, 24–31.
50. Yazid, M.N.A.W.M., Sidik, N.A.C., Mamat, R. And Najafi, G. (2016). A review of the impact of preparation on stability of carbon nanotube nanofluids. *International Communications in Heat and Mass Transfer*, 78, 253-563.
51. MH Ullah , K. İl , C.-S. Ha Yüksek Ag⁺ Konsantrasyonunda Kolloidal Gümüş Nanopartiküllerin Hazırlanması ve Optik Özellikleri *Malzemeler Let.* , 60 (2006) , s. 1496.
52. ML Yola , VK Gupta , T. Eren , AE Şen , N. Atar (2014). Quercetin ve Morinin Aynı Anda Belirlenmesi için Grafen oksit/Gümüş Nanoparçacıklara Dayalı Yeni Bir Elektro Analitik Nanosensör *Elektrokimya*. *Açta* , 120, s. 204 – 211

53. Bayat, A. E., Shams, R. (2019). Appraising the Impacts of SiO₂, ZnO and TiO₂ Nanoparticles on Rheological Properties and Shale Inhibition of Water-Based Drilling Muds. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, 581, 123792.
54. Özkan A, (2020). Effect of Gold Nanoparticle Functionalized Multi-Walled Carbon nanotubes on the Properties of Na-bentonite Water Based Drilling Fluid. *Fresenius Environmental Bulletin*, 29(1), 143-151.
55. Özkan, A., Turan, S. E., Kaplan, B. M. (2018). Investigation of Fly Ash Effect on Rheological and Filtration Properties of Drilling Muds. *Fresenius Environmental bulletin*, 27(12), 9189-9194.
56. Ismail, A. R., Aftab, A., Ibupoto, Z.H. and Zolkifile, N. (2016). The Novel approach for the enhancement of rheological properties of water-based Drilling Fluids by Using Multi-walled Carbon Nanotube, Nanosilica and Glass Beads. *Journal of Petroleum Science and Engineering*, 139, 264-275.
57. Mohideen, A.A.M., Saheed, M.S.M. and Mohamed, N.M. (2019). Multiwalled Carbon Nanotubes and Graphene Oxide as Nano-additives in Water-based Drilling Fluid for Enhanced Fluid-loss-control & gel strength. In *AIP Conference Proceedings* (Vol. 2151, No. 1, p. 020001). AIP Publishing.
58. Tıknaş, S., Özkan, A., Özkan, V., (2022). Su Bazlı Sondaj Sıvılarının Reolojik ve Filtrasyon Özelliklerini Arttırmak İçin Grafen Oksit Kullanımı: Deneysel Çalışma. 6th International New York Conference on Evolving Trends in Interdisciplinary Research & Practices.
59. Tıknaş, S., Özkan, A., Özkan, V., (2022). Su Bazlı Sondaj Çamurlarının Sıvı Kayıplarının ve Reolojik Özelliklerinin Grafen Kullanılarak İyileştirilmesi. *International Scientific Research Congress Dedicated to the 30th Anniversary of Baku Eurasia University*.

DİZİN

A

akış, 34
altın nanopartiküller, 46

Ç

çamur, 17
çamur ağırlığı, 45

D

delme, 35
doğalgaz, 17

F

filtrasyon, 25
formasyon, 17, 21, 22, 23, 24, 25

G

gaz, 17, 20, 26, 67
görünür viskozite, 34
görünür Viskozite, 64
grafen, 39
grafen oksit, 40
gümüş nanopartiküller, 47

H

Hummers, 46

J

jel mukavemet, 5,25, 35

K

karbon, 37
kayma gerilmesi, 26
kopma noktası, 25

G

gaz, 17, 20, 26, 67
görünür viskozite, 17

N

nano, 18, 21, 66
nanopartiküller, 43

O

organik, 17, 20, 22

P

perküsyon, 17
petrol, 2, 17
pH, 37
Plastik viskozite, 64

R

raman spektroskopisi, 53
reolojik, 25

S

SEM, 43
sıcaklık, 17, 22, 25
sıvı kaybı, 25
sirkülasyon, 17, 21, 22
sondaj, 17, 18, 20, 21, 22, 23, 24,
25, 27, 31, 37
su bazlı, 22

T

TEM, 44

X

XPS, 44
XRF, 43



TEKNOVERSITE



teknoversite **AYRICALIĞINDASINIZ**

İSTE

