

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**SONDAJ ÇAMURU UYGULAMALARI İÇİN KİL-POLİMER
ETKİLEŞİMLERİNİN BELİRLENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Eren KARGI

Fizik Mühendisliği Anabilim Dalı

Fizik Mühendisliği Programı

MAYIS 2015

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**SONDAJ ÇAMURU UYGULAMALARI İÇİN KİL-POLİMER
ETKİLEŞİMLERİNİN BELİRLENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Eren KARGI
(509131103)**

Fizik Mühendisliği Anabilim Dalı

Fizik Mühendisliği Programı

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Sevim İŞÇİ TURUTOĞLU

MAYIS 2015

İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 509131103 numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi **Eren KARGI**, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı “**SONDAJ ÇAMURU UYGULAMALARI İÇİN KİL-POLİMER ETKİLEŞİMLERİNİN BELİRLENMESİ**” başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı : **Doç. Dr. Sevim İŞÇİ TURUTOĞLU**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri : **Doç. Dr. Cem Özgür SERVANTİE**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Dr. Caner YÜRÜDÜ
Tübitak

Teslim Tarihi : **04 Mayıs 2015**
Savunma Tarihi : **28 Mayıs 2015**

ÖNSÖZ

Yüksek lisans süresince çalışmam sırasında hep yanımda olan, bana yol gösteren, destekleyen, tecrübesini benden esirgemeyen hocam Doç. Dr. Sevim İŞÇİ TURUTOĞLU'na, moral desteklerinden dolayı sevgili arkadaşlarım Çağatay, Serhan, Suat, Önder, Cemre, Sare, Gökçe ile Yavuz'a ve bana olan inançlarıyla güç veren, hiçbir zaman sevgilerini esirgemeyen, her zaman yanımda olan ve gösterdikleri sabırdan, hoşgöründen dolayı sevgili annem, babam ve kardeşime teşekkür ederim.

Mayıs 2015

Eren KARGI
(Fizik Mühendisi)

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ.....	v
İÇİNDEKİLER	vii
KISALTMALAR	xi
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xiii
ŞEKİL LİSTESİ.....	xv
ÖZET.....	xvii
SUMMARY	xix
1. GİRİŞ	1
2. SONDAJ SIVILARI	3
2.1 Sondaj Sıvıların Tanımı	3
2.2 Sondaj Sıvıların Sınıflandırılması	3
2.2.1 Pnömatik sıvılar	4
2.2.2 Yağ bazlı sıvılar	4
2.2.3 Su bazlı sıvılar.....	5
2.2.3.1 İnhibitör sıvıları.....	6
2.2.3.2 Polimer sıvıları.....	6
2.2.3.3 Non-İnhibitör sıvıları	6
2.3 Sondaj Sıvıların Özellikleri	6
2.3.1 Önemli özellikleri	6
2.3.1.1 Yüzey basınç kontrolü	6
2.3.1.2 Kırıntıları taşıma	7
2.3.1.3 Sondaj kuyusunun dengelenmesi ve desteklenmesi.....	7
2.3.2 Diğer özellikleri	8
2.3.2.1 Borunun destek ağırlığı.....	8
2.3.2.2 Sondaj ucunun ve kesme ucunun soğutması ve yağlaması.....	8
2.3.2.3 Sondaj ucunun hidrolik beygir gücü iletimi.....	8
2.3.3 Ek faydaları	9
3. KİLLER	11
3.1 Killerin Tanımı	11
3.2 Bentonit	11
3.2.1 Bentonitin kristal yapısı	12
3.2.2 Bentonitin karakteristiği.....	12
3.2.3 Bentonitin kullanım alanları.....	13
3.2.4 Türkiye’de bentonit yatakları	13
3.3 Sepiyolit	13
3.3.1 Sepiyolitın karakteristik özellikleri.....	14
3.3.2 Sepiyolitın kullanım alanları	14
3.4 Kireç	14
4. POLİMERLER	17
4.1 Tanımı	17
4.2 Özellikleri ve Sınıflandırılması	17

4.3 Hidroksietil selüloz (HEC)	18
4.4 Nişasta	18
4.4.1 Tanımı	18
4.4.2 Yapısı	18
4.4.3 Kullanım Alanları	19
5. API TESTLERİ	21
5.1 Sondaj Sıvısı Yoğunluğu	21
5.2 Standart API Filtreleme Testi	22
5.3 Dirençlilik Testi	23
5.4 PH Testi	24
6. REOLOJİ	25
6.1 Newton Kanunu	25
6.2 Newtoniyen ve Newtoniyen Olmayan Akışlar	26
6.2.1 Newtoniyen akışlar	26
6.2.2 Newtoniyen olmayan akışlar	27
6.2.2.1 Newtoniyen olmayan akış modelleri	27
7. ELEKTROKİNETİK ÖZELLİKLER	31
8. DENEYSEL ÇALIŞMALAR	33
8.1 Kil Numunelerin Tanıtılması	33
8.2 Kil Numunelerin Yapısal Karakterizasyonu	33
8.2.1 Bentonitin Yapısal Karakterizasyonu	33
8.2.2 Sepiyolit'in Yapısal Karakterizasyonu	34
8.2.3 Kirecin Yapısal Karakterizasyonu	35
8.3 Killerin Reolojik Özellikleri	36
8.4 Deneysel Çalışmalarda Kullanılan Polimerlerin Tanıtılması	38
8.4.1 Hidroksietil selüloz (HEC)	38
8.4.2 Nişasta	39
8.5 Kil Minerallerine HEC Polimeri İlave Edilmesi	39
8.5.1 Bentonit ve HEC etkileşimi	39
8.5.1.1 Bentonit-su ve HEC karışımının hazırlanması	39
8.5.1.2 Reolojik ölçümü	39
8.5.1.3 Elektrokinetik ölçümü	41
8.5.1.4 XRD ölçümü	42
8.5.1.5 FTIR ölçümü	42
8.5.2 Sepiyolit ve HEC etkileşimi	43
8.5.2.1 Sepiyolit-su ve HEC karışımının hazırlanması	43
8.5.2.2 Reolojik ölçümü	43
8.5.2.3 Elektrokinetik ölçümü	44
8.5.2.4 XRD ölçümü	44
8.5.2.5 FTIR ölçümü	45
8.5.3 Kireç ve HEC etkileşimi	45
8.5.3.1 Kireç-su ve HEC karışımının hazırlanması	45
8.5.3.2 Reolojik ölçümü	45
8.5.3.3 Elektrokinetik ölçümü	46
8.5.3.4 XRD ölçümü	46
8.5.3.5 FTIR	47
8.6 Kil Minerallerine Nişasta Polimeri İlave Edilmesi	47
8.6.1 Bentonit ve nişasta etkileşimi	47
8.6.1.1 Bentonit-su ve nişasta karışımının hazırlanması	47
8.6.1.2 Reolojik ölçüm	47

8.6.1.3 Elektrokinetik ölçümü	48
8.6.1.4 XRD ölçümü	49
8.6.1.5 FTIR	49
8.6.2 Sepiyolit ve nişasta etkileşimi	50
8.6.2.1 Sepiyolit-su ve nişasta karışımının hazırlanması	50
8.6.2.2 Reolojik ölçümü	50
8.6.2.3 Elektrokinetik ölçümü	50
8.6.2.4 FTIR	51
8.6.3 Kireç ve nişasta etkileşimi	52
8.6.3.1 Kireç-su ve nişasta karışımının hazırlanması	52
8.6.3.2 Reolojik ölçümü	52
8.6.3.3 Elektrokinetik ölçümü	52
8.6.3.4 FTIR	53
8.7 Sondaj Çamurları	53
8.7.1 Hazırlanması	53
8.7.2 Reoloji ölçümleri	54
8.7.3 Filtreleme, kek kalınlığı ve pH testi	56
8.7.3.1 Bentonit sondaj çamuru	56
8.7.3.2 HEC+Bentonit sondaj çamuru	56
8.7.3.3 Nişasta+Bentonit sondaj çamuru	56
8.7.3.4 HEC+Bentonit+Sepiyolit sondaj çamuru	57
8.7.3.5 Nişasta+Bentonit+Sepiyolit sondaj çamuru	57
8.7.3.6 HEC+Bentonit+Kireç sondaj çamuru	57
8.7.3.7 Nişasta+Bentonit+Kireç sondaj çamuru	57
8.7.4 Sondaj çamurlarının termal özellikleri	59
9. SONUÇ	61
KAYNAKLAR	63
ÖZGEÇMİŞ	65

KISALTMALAR

XRD	: X ışınları difraksiyonu
FTIR	: Fourier dönüşüm kızılötesi
HEC	: Hidroksietil selüloz
API	: Amerikan Petrol Enstitüsü
TGA	: Termogravimetrik analiz
DTA	: Diferansiyel termal analiz

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 8.1 : Numunelerin %1, 2, 3 ve 4'lük dispersiyonların görünür (kayma hızı: 125s^{-1} olarak seçilmiştir), plastik viskozite ve akma gerilme noktalarının değerleri.....	38
Çizelge 8.2 : Sondaj çamurların belirli hızlardaki görünür viskozite değerleri.....	56
Çizelge 8.3 : 7 adet farklı sondaj çamurların filtreleme test sonuçları.	58
Çizelge 8.4 : Sondaj çamurlarının DT-TGA eğrilerinden belirlenen termal parametreler.....	60

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1 : Sondaj sıvıların sınıflandırılması.....	3
Şekil 2.2 : Su bazlı sıvıların sınıflandırılması.....	5
Şekil 3.1 : Bentonitin kristal yapısı.	12
Şekil 3.2 : Sepiyolit kristal yapısı.	14
Şekil 4.1 : HEC polimerinin açık formülü.....	18
Şekil 4.2 : Lineer amilazın yapısı.	18
Şekil 4.3 : Dallanmış amilopektinin yapısı.....	19
Şekil 5.1 : Çamur yoğunluğu test mekanizması.	21
Şekil 5.2 : Standart filtreleme ünitesi.	22
Şekil 5.3 : Dirençlilik test düzeneği.....	24
Şekil 6.1 : Birim alana uygulanan kuvvet ve hız arasındaki ilişki.	26
Şekil 6.2 : Newtoniyen akışların kayma gerilimi-kayma hızı ve viskozite-kayma hızı grafikleri.	26
Şekil 6.3 : Newtoniyen olmayan akışların kayma gerilimi-kayma hızı grafiği.	28
Şekil 6.4 : Newtoniyen olmayan akışlarda viskozite-kayma hızı grafiği.	28
Şekil 7.1 : Negatif yüklü kolloid çevresindeki pozitif ve negatif yük dağılımları.	31
Şekil 8.1 : Bentonit xrd analiz sonucu.	33
Şekil 8.2 : Bentonit FTIR ölçüm sonucu.	34
Şekil 8.3 : Sepiyolit xrd analiz sonucu.	34
Şekil 8.4 : Sepiyolit FTIR ölçüm sonucu.....	35
Şekil 8.5 : Kireç xrd ölçüm sonucu.	35
Şekil 8.6 : Kireç FTIR ölçüm sonucu.	36
Şekil 8.7 : Bentonit kayma hızı-kayma gerilimi grafiği.	36
Şekil 8.8 : Sepiyolit kayma hızı-kayma gerilimi grafiği.	37
Şekil 8.9 : Kireç kayma hızı-kayma gerilimi grafiği.	37
Şekil 8.10 : (a)Plastik viskozite değerlerinin HEC konsantrasyonları ile (b)akma-gerilme noktalarının HEC konsantrasyonları ile değişim grafiği.....	40
Şekil 8.11 : Sterik ve elektrosterik stabilizasyon şekilleri.	40
Şekil 8.12 : HEC konsantrasyonu-zeta potansiyeli grafiği.....	41
Şekil 8.13 : Bentonit-HEC X-ışını difraksiyonun ölçüm sonuçları grafiği.	42
Şekil 8.14 : 0,8g/L HEC konsantrasyonu içeren Bentonit ve katkısız bentonit dispersiyonların FTIR analiz grafiği.	42
Şekil 8.15 : (a)Plastik viskozite değerlerinin HEC konsantrasyonları ile (b)akma-gerilme noktalarının HEC konsantrasyonları ile değişim grafiği.....	43
Şekil 8.16 : HEC konsantrasyonu-zeta potansiyeli grafiği.....	44
Şekil 8.17 : 0,8g/L HEC konsantrasyonu içeren sepiyolit ve katkısız sepiyolit dispersiyonların FTIR analiz grafiği.	45
Şekil 8.18 : (a)Plastik viskozite değerlerinin HEC konsantrasyonları ile (b)akma-gerilme noktalarının HEC konsantrasyonları ile değişim grafiği.....	45
Şekil 8.19 : HEC konsantrasyonu-zeta potansiyeli grafiği.....	46
Şekil 8.20 : Kireç-HEC X-ışını difraksiyonun ölçüm sonuçları grafiği.	46

Şekil 8.21 : 0,8g/L HEC konsantrasyonu içeren kireç ve katkısız kireç dispersiyonların FTIR analiz grafiği.	47
Şekil 8.22 : (a)Plastik viskozite değerlerinin nişasta konsantrasyonları ile (b)akma-gerilme noktalarının nişasta konsantrasyonları ile değişim grafiği.	48
Şekil 8.23 : Nişasta konsantrasyonu-zeta potansiyeli grafiği.	48
Şekil 8.24 : Bentonit-nişasta X-ışını difraksiyonun ölçüm sonuçları grafiği.	49
Şekil 8.25 : 0,8g/L nişasta konsantrasyonu içeren bentonit ve katkısız bentonit dispersiyonların FTIR analiz grafiği.	49
Şekil 8.26 : (a)Plastik viskozite değerlerinin nişasta konsantrasyonları ile (b)akma-gerilme noktalarının nişasta konsantrasyonları ile değişim grafiği.	50
Şekil 8.27 : Nişasta konsantrasyonu-zeta potansiyeli grafiği.	51
Şekil 8.28 : 0,8g/L nişasta konsantrasyonu içeren sepiyolit ve katkısız sepiyolit dispersiyonların FTIR analiz grafiği.	51
Şekil 8.29 : (a)Plastik viskozite değerlerinin nişasta konsantrasyonları ile (b)akma-gerilme noktalarının nişasta konsantrasyonları ile değişim grafiği.	52
Şekil 8.30 : Nişasta konsantrasyonu-zeta potansiyeli grafiği.	52
Şekil 8.31 : 0,8g/L nişasta konsantrasyonu içeren kireç ve katkısız kireç dispersiyonların FTIR analiz grafiği.	53
Şekil 8.32 : Bentonit ve bentonit-polimer sondaj çamurların viskozite-devir grafiği.	54
Şekil 8.33 : Sepiyolit karışımlı sondaj çamurların viskozite-devir grafiği.	55
Şekil 8.34 : Kireç karışımlı sondaj çamurların viskozite-devir grafiği.	55
Şekil 8.35 : Sondaj çamurlarının DT-TGA eğri grafikleri.	59

SONDAJ ÇAMURU UYGULAMALARI İÇİN KİL-POLİMER ETKİLEŞİMLERİNİN BELİRLENMESİ

ÖZET

Bu çalışmanın temel amacı, sondaj çamuru uygulamaları için kil-polimer etkileşimlerin belirlenmesidir. Bu deneyde sondaj çamurun viskozite ve akış özelliklerin iyileştirilmesi hedeflenmiştir. İyi bir sondaj çamuru kırıntıları yeryüzüne taşıyabilmeli, matkabın ve sondaj takımlarını yağlayabilmeli ve soğutabilmeli, sondaj kuyunun göçmesine engel olabilmeli, yatak basıncını kontrol altına alabilmeli ve iyi pompalanabilmelidir.

Günümüzde polimerlerin kullanım alanlarının giderek artmasıyla özelliklerinin geliştirilmesi için çalışmaların artış göstermesi ve polimer katkıların özellikleri çok geliştirdiğinin bulunmasıyla birlikte hangi katkı polimerlerin daha etkili olduğu yönünde çalışmalar başlamıştır. Tabakalı yapıda olan kil minerallerin polimer içinde dağıtılabilmesi nedeniyle çok iyi katkı malzemesi olabileceğini göstermiştir. Böylece kil-polimer dispersiyonların hazırlanması, reolojik özelliklerinin belirlenmesi ile ilgili çalışmalar başlamıştır.

Çalışma süresince yüksek viskozite özelliği taşıyan killerin (bentonit, sepiyolit, kireç) polimer katılarak reolojik, zeta potansiyel, X ışınları difraksiyonu (XRD) ve fourier dönüşüm kızılötesi (FTIR) ölçümlerine bakılmıştır.

%1,2,3 ve 4'lük konsantrasyonlarda hazırlanan bentonit, sepiyolit ve kireç dispersiyonların reolojik özelliklerine bakıldığında, bentonit ve kireç süspansiyonlar newtoniyen akış yada ideal bingham akış modeline uydukları, sepiyolit ise plastik akış modeline uyduğu görülmüştür. Bu killerin karakteristik özelliklerine de bakılmıştır.

Bentonit ve HEC dispersiyonunda HEC polimerin plastik viskozitesini iyileştirdiği görülmüştür. Konsantrasyon miktarı arttıkça HEC polimerin yüzeye iyice tutunduğundan akışa daha büyük direnç gösterdiği anlaşılmıştır. Elektrokinetik özelliklerine bakıldığında negatif yük taşıyan kil taneciklerini HEC konsantrasyonu arttıkça polimerler tarafından tamamen kaplandıkları görülmüştür ve bu durum reoloji ölçüm sonuçlarıyla uyumludur.

Sepiyolit ve HEC süspansiyonlarında HEC polimerin katkısı viskozite orta konsantrasyonlarda gözle görülür bir artış tespit edilmiştir. Yüksek konsantrasyonlara doğru çıkıldıkça viskozitenin azaldığı görülmüştür. Elektrokinetik özelliklerinde polimerlerin zeta potansiyel sonuçlarına göre sayısız büyüklükte iğne şekilli demetlerden oluşan sepiyolit sadece yüzeylerine tutunduğunu ve tabakalar arasına girmediği anlaşılmıştır.

Kireç HEC, nişasta dispersiyonlarda reolojik, zeta potansiyeli ve XRD ölçüm sonuçlarına bakıldığında kirecin polimerlerle hiç etkileşmediği görülmüştür.

Nişasta polimerin killeri ile etkileşmesine bakılmıştır. Fakat nişasta polimerin killerin dağılmasına ya da topaklanmasına sebep olmadığı gözlenmiştir. Yüzeylerine tutunmamakta ya da tabakalar arasına girmemekte kısacası hiç etkileşmediği görölmüştür.

Hazırlanan sondaj çamurların reolojik ve termal özelliklerine bakıldığında en iyi sonuçlar polimer, sepiyolit ve bentonit karışımında gözlenmiştir.

DETERMINATION OF THE CLAY - POLYMER INTERACTION FOR DRILLING MUD APPLICATIONS

SUMMARY

This thesis is about determining the clay-polymer interactions for drilling mud applications. Drilling fluids in 1901's first used in the rotational drilling method as the beginning of the drill technology. The first drilling fluid used was water. Drilling with suspension of the clay, different than water present positive influence and thus emerged a new drilling mud.

Drilling mud in the modern sense was obtained in 1921 with the addition of various additives to control the properties of the mud. Many developments have occurred in the drilling fluid in the petroleum industry and are subsequently applied to the wells industry. Today, drilling fluid systems constitute a significant cost for the holes dug wells with rotary method. Thus, the success of drilling operations, the drilling fluid of drillers determined by its ability to control the physical properties.

The drilling mud must have; ability to transport cutting chips to surface, lubricate than cool the drilling tools and drilling bits, prevent collapsing of the drilling well, control the drill bearing pressure and pump effortlessly.

Researches showed that all pre testings about detecting clay mineralogy, chemically identification, classification of the different brand clays, enlightening the inner structure, swelling ratio in the water.

Other researches about clays becoming jelly like substance are the results of the adding salt to clay dispersion and pH effects on the suspensions.

The developments in the usage of the clay particules and similar structured mixtures are the reason researches are focused on the effects on the supplement matters and polymers.

Characterised with the different interactions with clays and supplemental materials, shows us the change in the distance between the layers of surface loads and silica layers can be differ by interaction between them.

In applied experiments, the aim is the enhancing the viscosity and the flow rate properties of the drilling mud.

The studies about drilling fluids are about rating the combination and concentration of the following clay minerals; first Ca-Bentonite which has high adsorption and swelling properties that provided from Balıkesir Dereiçi, second is Sepiolite which has high viscosity, fibric structure matrix and cream like thickness, as a third one is Lime (slacked lime).

By preparing the minerals; bentonite, sepiolite and Lime (slacked lime) with concentration %1 up to %4 concentration dispersions, to check the rheologic

properties of them. Observations show that Bentonite and Lime (slacked lime) suspensions are suitable for newtonian flow models however sepiolite is suitable for plastic fluid model. The characteristic properties of these clays are tended also.

The current studies to enhance the properties of polymers increased with developing industrial applications of polymers. The researches are focused on finding additions to the most effective polymers and particle improvements of the properties of polymer.

The naturally layered structure of clay is acknowledged to be an effective addition to polymer because it can be mix easily in polymer compound. Therefore, the studies to determine the preparation methods, the characterization, and rheologic properties of the clay polymer have been started.

Adding different concentration of HEC and starch to the mixture used in experimental studies to increase viscosity, flow properties and prevent the fluid loss.

In Bentonite and HEC dispersions, the improvement is observed in viscosity values by adding HEC. Increasing HEC concentration amount in the polymer, the surface matrix of it filled with HEC and by this the resistance against flow is increased.

Using Electrokinetic properties of the clay as a benefit; the HEC concentration that added to the negative charged clay granules seems to be covered by HEC polymers and this increase the rheologic properties of the clay. Considering the X-Ray diffractions analysis the difference between concentration layers "d" is stayed same by this method.

0,5 to 0,6 (g/l) concentration of the sepiolite and HEC suspensions, creates a increase in viscosity values. High concentration of Sepiolite and HEC, the viscosity decreases. Polymers which have electrokinetic properties, are observed in middle forms Sepiolite packs there are countless zeta potential results, indicates that Sepiolite is holding in the edges not pass between layers.

Considering the rheological, zeta potential and X-Ray readings, there is only one outcome as polymers do not interact when used as Lime (slacked lime), HEC and Lime (slacked lime), Starch dispersions.

Starch mixture of α -amylose and amylopectin, which is a form of storage of glucose in the plant. Starch, amylose is a straight chain consisting of repeating units of the α - D- glucose α -1, 4 glycosidic bond is a branched polymer.

Starch and Polymer compounds are mixed to observe if there is an interaction between them. However starch polymers cause no dissolving or getting lumpy. It did not pass between the layers or even attach to the layer surface, it did not interact.

The way they interact with the polymers of the clay in the previous section were examined by rheological and zeta potential measurements and in study. Looking at the drawn graphics was selected the most suitable concentration for bentonite and sepiolite. 1(g/l) polymer concentration was elected we will prepare for drilling muds. Clay-water ratio according to the API standards are such that 22.5 g clay 350ml, but the required 500 ml of drilling mud for API 500 ml 7 types of rheological measurements, including drilling mud clay 32.15 grams while maintaining the ratio of the standard was prepared.

These seven drilling mud; Bentonite, HEC+Bentonite, Starch+Bentonite, HEC+Bentonite+Sepiolite, Starch+Bentonite+Sepiolite, HEC+Bentonite+Lime, Starch+Bentonite+Lime.

Best results in test done in prepared drill clays, show that the best selections for rheological properties are Sepiolite, Bentonite and polymers (that used in experiments).

After mixing the Sepiolite in the mixer, the fibers are released and it starts to hold water and becomeing jelly like substance, as a result of its mechanical properties.

In filtering tests the Lime (Slacked lime) mixtures, can not hold water in their structure and release it in very short time periods. Thus it is an expecting result because of the usage of the Lime in Drill wells as a precipitation of fluids.

1. GİRİŞ

Petrol zengini alanları keşfetmek için sondaj çalışmaları yapmak, ilk kullanılan başarı oranı yüksek bir metottur. Bu başarı iki etkene bağlıdır; ilki jeolojik olarak çıkartılmış kazı ve sondaj formasyonlarının detaylarına, ikincisi rezervuar sondaj şartlarına. Fakat esas sondaj amacı belirlenmiş bölgeye mümkün olan en kısa zamanda ve en düşük maliyetle ulaşmaktır. Ek olarak yapılan örnek alma ve ölçümler belirtilen uygulamalara kısıtlamalar getirebilir. Petrol sanayinde sondaj kuyusunun açılması en önemli ve en pahalı adımdır. Sondaj işlemi giderlerinin %25'i kadar tutan kuyu açımı, tüm sondaj keşif ve geliştirme işlemleri içindedir.

90'ların başında sondaj operasyonları \$10.9 milyar olarak belirlenmiştir, 1991 yılında ABD petrol endüstrisi \$45.2 milyar değerindedir.

Sondaj sıvıları, toplam petrol sondaj işleminin %15 ile %18 arasında değişen bir masrafıdır. Genellikle üç hususta başarımları gerekir; i) kullanımı kolay olmalı, ii) pahalı olmamalı, iii) çevre dostu olmalıdırlar. Kompleks sondaj sıvıları birçok fonksiyonu aynı anda bünyelerinde barındırabilirler. Sondaj kuyusunu temizleyebilir, gücün ve çöküntüyü önleyebilir, duvar yüzeylerinde sıkılık sağlayabilir, petrolün yada suyun sızmasını engelleyebilir. Çoğunlukla aletlerin ucunu yağlama ve soğutma amacıyla, hidrolik gücün iletilmesinde ve çevre şartları hakkında bilgi iletimini sağlarlar. [1]

2. SONDAJ SIVILARI

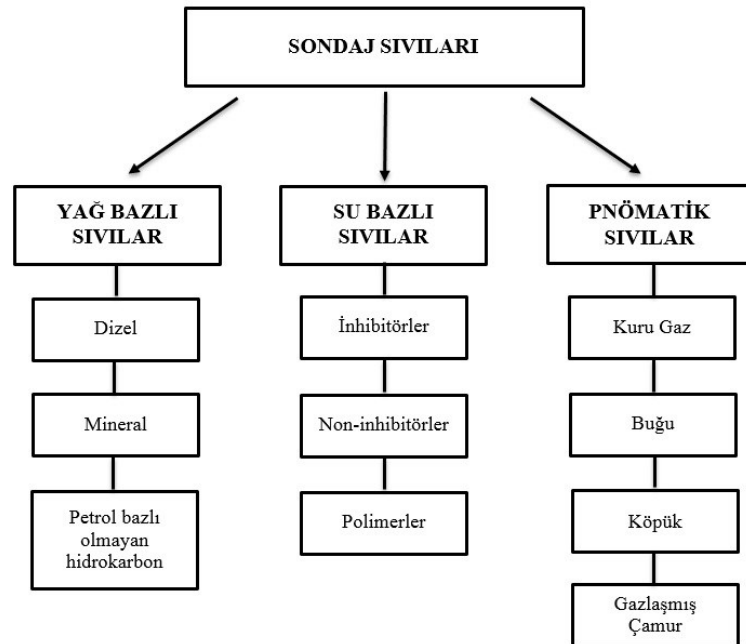
2.1 Sondaj Sıvılarının Tanımı

Sondaj sıvıları, derin kuyunun temizlenmesini, kaya parçacıklarının taşınmasını, delik bütünlüğünün korunmasını, matkap ucunun yağlı ve serin kalmasını ve basıncı kontrol etmesini sağlayan sıvılara denir.

2.2 Sondaj Sıvılarının Sınıflandırılması

Sondaj sıvıları 3 sınıfa ayrılır:

- Pnömatik
- Yağ Bazlı
- Su Bazlı



Şekil 2.1 : Sondaj sıvılarının sınıflandırılması.

2.2.1 Pnömatik sıvılar

Pnömatik (hava / gaz bazlı) sıvılar tükenmiş bölgelerde veya anormal derecede düşük oluşum basınçlarına karşılaşıldığı bölgelerde kullanılabilir. Sıvı çamur sistemleri üzerinden pnömatik sıvıların bir avantajı, artan delme / ilerleme hızında karıştırır. Kesme işlemi tam anlamıyla önemli basınç farklarının bir sonucu olarak kesme yüzeyinde problem çıkarabilir. Yüksek basınç farkı da geçirgen bölgelerde sıvıların kuyuya akmasına sağlar.

Hava / gaz tabanlı akışkanlar, büyük sıvı hacmi isteyen alanlarda etkisizdir. Oluşum sıvılarının büyük bir akımı sıvı-tabanlı sisteme pnömatik akışkana dönüştürülmesi gerektirmektedir. Bunun bir sonucu olarak, verimli bir bölgeye zarar verme ya da dolaşımda kayıp olma riski büyük ölçüde artar. Pnömatik sıvıları seçmenin bir başka hususu da kuyu derinliğidir. Deliğin altından kesilen / yontulan parçaları dipten yüzeye kadar kaldırmak için gerekli hava hacmi, yüzey ekipmanlarının kapasitesinden daha büyük olabilir çünkü yaklaşık 10.000 ft dipte bulunan kuyular için tavsiye edilmez. [1, 2]

2.2.2 Yağ bazlı sıvılar

Yağ bazlı sıvıların birincil kullanımı delme problemlerini azaltma ve delik kararlılığını geliştirmektir. Yüksek dirençli deliklerde yüksek seviye kayganlık ve kil hidrasyonunu engelleme özelliklerine sahiptirler. Bunlar, aynı zamanda, yüksek sıcaklık / yüksek basınç kuyularında minimize olmuş hasarı ve doğal oluşum sertliği gibi özel durumlarda uygulama için seçilebilir. Yağ bazlı sıvıların seçmemizin bir diğer nedeni de, anhidrit, tuz ve CO₂ ve H₂S asit gazları gibi yabancı maddelere karşı dirençli olmasıdır.

Yağ bazlı çamurlar konu olunca maliyet önemli bir husustur. İlk olarak, yağ bazlı bir çamurun varil maliyeti geleneksel bir su bazlı çamur sistemi ile karşılaştırıldığında çok yüksektir. Yağ çamurları yenilenmiş ve tekrar kullanılabilen sistemlerdir. Maliyetleri su bazlı sıvıları tek kullanımlık benzer fiyatlarına rakip olabilirler. Ayrıca, kullanılmış yağ bazlı çamurlar için tekrar sat politikaları vardır, su bazlı çamurların kullanılması başarılı bir sondaj veya yasaklanan durumlarda çekici alternatif sunabilir.

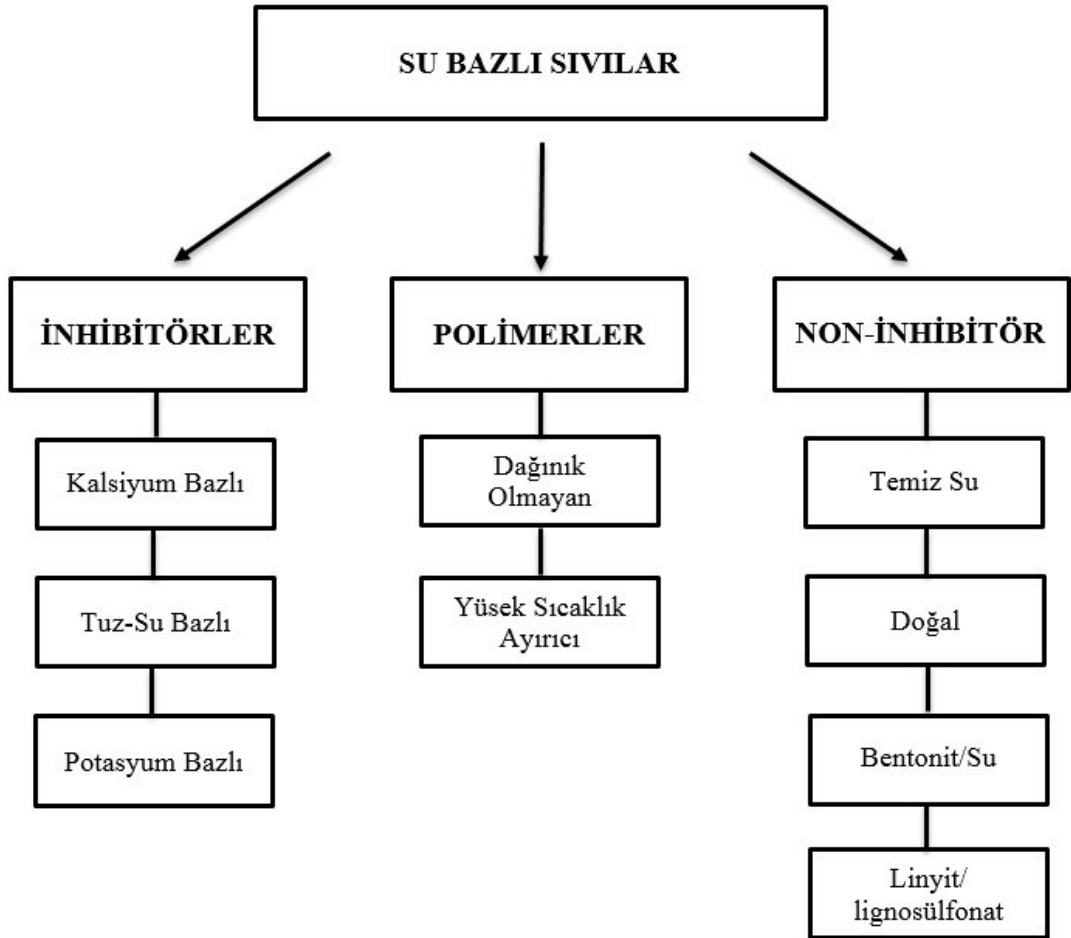
Bugün, çevresel kaygıların artmasıyla beraber, yağ bazlı çamurların kullanımı yasaklanmış ya da ciddi birçok alanda sınırlandırılmıştır. Bazı bölgelerde, yağ bazlı

sıvılar ile birlikte sondaj çamuru kullanımı gerektirir ve onaylanmış bertaraf / geri dönüşüm bölgelerinde uygun şekilde imha edilmelidirler. Çevreyi koruma, taşıma ve bertaraf maliyetleri büyük ölçüde petrol bazlı sıvıların kullanım maliyetini artırmıştır. [2]

2.2.3 Su bazlı sıvılar

Su bazlı sıvılar, en yaygın olarak kullanılan sondaj sıvıları arasında bulunmaktadır. Genellikle pahalı olmayıp, koruma için kullanmak kolaydır. Birçok sondaj sorununu çözmek için formülize edilebilir. Su bazlı sıvıların geniş bir yelpaze vardır. Üç ana sınıfa ayrılırlar:

- İnhibitörler,
- Non-Inhibitörler,
- Polimerler.



Şekil 2.2 : Su bazlı sıvıların sınıflandırılması.

2.2.3.1 İnhibitör sıvıları

Kayda değer katyonlarının varlığı sayesinde inhibisyonu başlatmak ve devam etmek için; tipik haliyle sodyum (Na +), kalsiyum (Ca ++) ve potasyum (K +) gerekmektedir. Genel olarak, K + ya da Ca ++, ya da ikisinin bir kombinasyonu ile kil yayılmasını büyük ölçüde engellenmesi sağlanır. Bu sistemler genellikle hidratlanabilir killer suyla karışır, killer ve kum delmek için aşındırıcı malzeme olarak kullanılır. Katyon kaynağı genellikle tuzdur, elden çıkarma işlemi maliyette büyük bir yer tutmaktadır.

2.2.3.2 Polimer sıvıları

Makromoleküllerin kullanımını savunanlar, killi ya da kilsiz etkileşim ile çamur özelliklerine ulaşabilirler. Kullanılan sıvılar İnhibitörlü ya da Non-inhibitörlü olabilirler, uygulama alanlarına göre farklılık gösterebilirler. Kullanılan inhibitör önleyiciler kullanılan sıvıların seçimini değiştirir. Polimerler akışkan sıvılar olarak kullanılabilirler, filtreleme özellikleri kontrol edilebilirler. Polimerlerin sistemlerinde termal dengesi 400°F kadar çıkabilir. Çeşitliliklerine rağmen polimer akışkanlarında limitleri vardır.

2.2.3.3 Non-İnhibitör sıvıları

Önemli ölçüde kil şişmesine maruz kalmayanlar genellikle yerli killer ya da bazı kostik soda veya kireç ile ticari bentonit oluşturmaktadır. Linyit, lignosülfonatlar veya fosfatlar gibi. Aynı zamanda çökme veya dağılma da görülebilir. İnhibitör sıvıları genellikle mala çamuru olarak kullanılır.

2.3 Sondaj Sıvıların Özellikleri

2.3.1 Önemli özellikleri

2.3.1.1 Yüzey basınç kontrolü

Bir sondaj sıvısı kendi hidrostatik basıncı ile yeraltı basıncını kontrol edebilir. Hidrostatik basınç, bir sıvı sütunu ile uygulanan kuvvet ve çamur yoğunluğu ve gerçek dikey derinliğe (TVD) bağlıdır.

Sondaj kuyusu istikrarsızlık, malzemelerin ve yüzeylerdeki desteklerin, bir sondaj işlemine maruz kalması sonrası oluşan dengesiz mekanik streslerin ve fiziko-

kimyasal etkileşimleri ve baskıların doğal bir fonksiyonudur. Sondaj sıvıları, sondaj sıvısı formasyonun kimyasal etkileşmelerden veya mekanik problemlerden dolayı deliğin çökme eğilimin üstesinden gelmek zorundadır. Dünya'nın basınç gradyanı 0.465 psi / ft'tir. Bu değer yaklaşık olarak deniz suyunun yoğunluğuna eşit olan (8.94 PPG) bu yoğunlukta ki sıvının yüksekliğine eşittir. [1, 2]

2.3.1.2 Kırıntıları taşıma

Bit nozullarından akan akışkan alttaki deliklerdeki kırıntıları temizlemek amacıyla püskürtme işlemi uygular, kırılan ufalanan parçalar yüzeye taşınırlar. Birçok faktör kırıntıları taşımayı etkilemektedir. Bir nebze oluşturulan yüzey kırıntıları, onlar çok ince öğütülmüş olmalıdır çünkü kırıntı haline geldikten hemen sonra yüzeye doğru ilerlerler. Kırıntıların taşınmasında gecikme olması sıkışmalara yol açabilir.

Hız - genellikle dairesel hızı artırmak sondaj işleminde parça taşınmasını kolaylaştırır. Değişkenler pompa çıkışı, sondaj boyutu ve delgi boyutu faktörlerini içerir.

Yoğunluk - çamurun yoğunluğunu arttırmak sondaj işleminde kanalların üzerinde taşıma kapasitesini artırır.

Viskozite - Artan viskozite genellikle kırıntıların kuyudan uzaklaştırılmasını artırır.

Boru Rotasyon - Rotasyon sırasında oluklardan kırıntı parçaları yüksek sıvı tazyiğiyle sondajın duvarlarına ya da yukarıya tahliye doğru ilerler.

Delik Açısı - delik açısının artırılması genellikle kesimler daha hızlı taşıma sağlar. .

Sondaj sıvısı da, sondaj kuyusunda içinde delinmiş katı olarak parçalanmasını sağlama ve birleşmeyi en aza indiren, bir makul bir hızda delik üzerinden kırıntıları yüzeye taşıma yeteneğine sahip olmalıdır. Sondaj sıvısının kırıntıları rahatça taşıyabilmesi için tahliye edilebilir olması gerekir.

2.3.1.3 Sondaj kuyusunun dengelenmesi ve desteklenmesi

Sıvı hidrostatik basınç kuyunun üzerinde bir sınırlandırıcı etken olarak görülür. Filtrelerin üzerinde uygulanan sınırlandırıcı kuvvet, fiziksel bir oluşum olup dengelemeye yardımcı olacaktır.

En geçirgen oluşumların, bütün çamur geçişini sağlamak için gözenek alanı açıklıkları vardır. Bunlar çok küçük olmasının yanına sıra, sondaj sıvısının

filtrelenmesi ile gözenek boşlukları doldurulabilir. Filtrelerden geçen sıvı akış miktarı basınç farklılıklarına bağlı olarak akış formasyonu ve kolonlarda delme sıvısı formasyonunu etkileyebilir.

Büyük miktarlarda kullanılan sondaj sıvısı filtreleri, ve bu filtrelerin formasyonlara yada formasyon sıvılarına uyumsuz olması, hidrojen yada kaya petrolü oluşumunda dengesizlik oluşturabilir.

Düşük kaliteli veya kalın filtrelemeye sebep olan sondaj sıvıları da borularda sıkışmaya, kılif ve çimento uygulamalarında zorluklara neden olabilir.[1, 2]

2.3.2 Diğer özellikleri

- Borunun destek ağırlığı
- Sondaj ucunun ve kesme ucunun soğutma ve yağlaması
- Sondaj ucunun hidrolik beygir gücü iletimi

2.3.2.1 Borunun destek ağırlığı

Sondaj sıvısının akışı, matkabın korumasını sağlar ve kasanın ağırlığını destekler. Akış faktörü özkütle ve malzeme yoğunluğuyla ilişkilendirilebilir; bu nedenle çamurda ki yoğunluk artışı dolayısıyla akışı da etkiler. Akış faktörünün katlanması kanallı hava ağırlığının elde edilmesinde ve akış ağırlığının değişmesini sağlar.

2.3.2.2 Sondaj ucunun ve kesme ucunun soğutması ve yağlaması

Dikkate alınması gereken ısı ve sürtünme, sondaj işlemleri sırasında matkap ucunun sondaj kuyusunun arasında oluşur. Sondaj ucu, rotasyon sebebiyle yüksek bir tork oluşturabilir. Sondaj sıvısı sirkülasyonu sondaj ucu hatası ve boru hasar şansını azaltır, sürtünmeden dolayı oluşan ısıyı azaltır. Sondaj sıvısı hem yağlamayı sağlar hemde kayalık bölgelerde ilerlemeyi artırır, ve bunu torku ve sürüklenmeyi azaltarak yapar.

2.3.2.3 Sondaj ucunun hidrolik beygir gücü iletimi

Kesici uçta üretilen hidrolik beygir gücü, akış hızı ve enjektörlerde basınç düşümlerine bağlıdır. Bu enerji mekanik enerjiye dönüşür, buda kesilen parçaları sondaj kuyusunun ucundan üste tahliye boruları aracılığıyla uzaklaştırılır.

2.3.3 Ek faydaları

Bir sondaj sıvısı, temel fonksiyonlarına ek olarak, bu şekilde uygun bir şekilde seçilmesi ve kontrol elde edilecek diğer avantajları vardır:

- Formasyonda oluşan hasarları minimize ederler,
- Korozyonu azaltır,
- Kayıp dolaşımını minimize eder,
- Boru tıkanmalarını azaltır,
- Basınç kayıplarını azaltır,
- İlerleme / Delme oranını iyileştirir,
- Çevresel Etkiyi azaltır,
- Güvenliği arttıırırlar. [1, 2]

3. KİLLER

3.1 Killerin Tanımı

19. Yüzyıldan beri killer için bir sürü tanımlama vardır. Bunlar killerin özelliklerine göre yapılan tanımlamalardır. Tanecik boyutları 2µm'den küçük olanlar, sulu ortamda plastik özellik gösteren ve kolloid özellik gösteren yüklü parçacıklardan oluşan yapılardır. [3]

Killerde yapılan kimyasal analizlerde silika, su, alümina, demir, alkali ve toprak alkalileri içerirler. Bunun yanı sıra kil minerali olmayan quartz, kalkit, piritine gibi mineralleri bulunanlarda vardır. Killer lifli ve tabakalı olmak üzere sınıflandırılırlar. Bildiğimiz önemli kil mineralleri simektit, kaolin, paligorsit, illittir. [4]

3.2 Bentonit

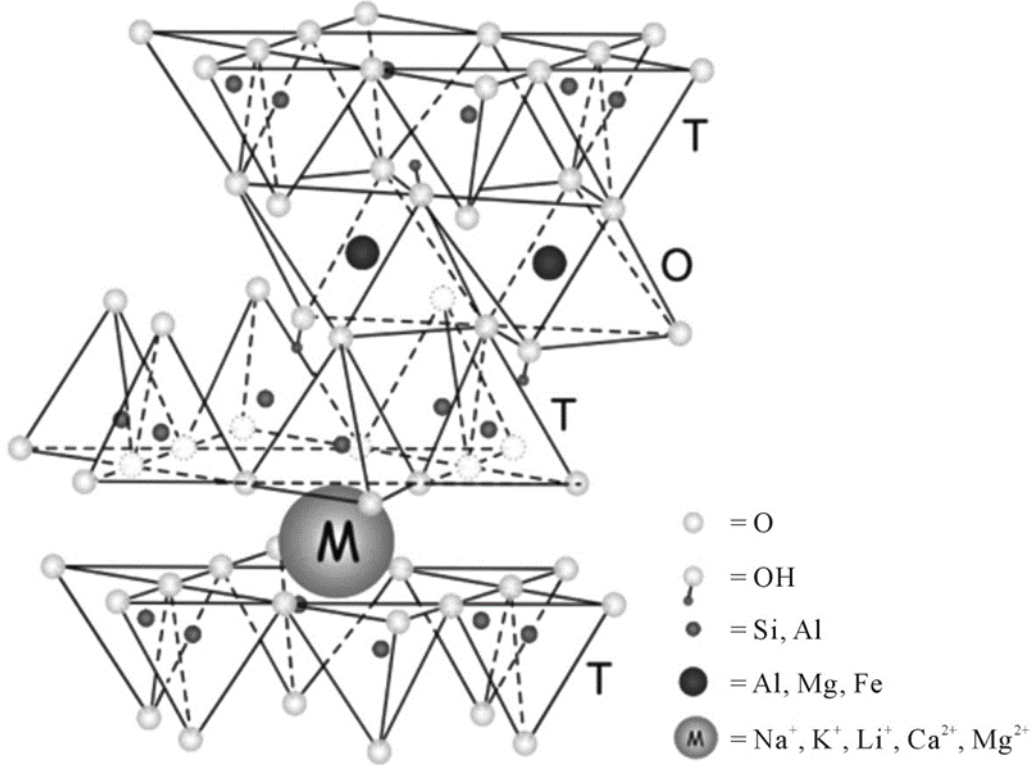
Bentonit, montmorillanit grubu içinde kil mineralleri olan kil çeşididir. İzomorf yer değiştirmelerden dolayı iyon değiştirme özelliği olan bu malzemeler, mineral tanelerini kendisine bağlayabilme özelliğini gösterdiği ve kolloid süspansiyonlar oluşturabildiklerinden dolayı önemli bir kil çeşididir.

Bentonit aslında çok eskiden beri kullanılan bir kildir. Temizleme özellikleri, ısı etkisine karşı dayanıklı olması, kolay şekillendirilebilmesi, su geçirmeyen tabakalar oluşturması yararlarından dolayı bu killer değişik isimlerde ilk çağlardan beri kullanılmıştır. İlk olarak A.B.D' de Wyoming yataklarının bulunuşuyla, plastisitesi yüksek kolloid özellik gösteren bu kil, W. C. Knight tarafından bentonit ismi koyulmuştur.

Aynı özelliklerini taşıyan başka bir kilde Fransa'da montmorillon bölgesinde bulunmuş ve montmorillonit ismi verilmiştir. Smektit grubu kil minerallerinden olan bentonit %80'den fazlası montmorillantır.

3.2.1 Bentonitin kristal yapısı

Semektit grubunda olan killerden bentonit 2:1 tabakalıdır. İki tetrahedral (silika) tabakası arasında bir oktahedral (gibsit) tabakası olan birim hücreye sahiptirler. [5]



Şekil 3.1 : Bentonitin kristal yapısı.

3.2.2 Bentonitin karakteristiği

- Önemli örgü değişiklikleri
- Yüksek tabaka yükü
- Yüksek katyon değişiklik kapasitesi
- Çok ince parçacık büyüklükleri
- Yüksek yüzey alanı
- Yüksek emme kapasitesi
- Yüksek viskozite
- Tiksotropik
- Yüksek şişme kapasitesi
- Yüksek plastisivite

3.2.3 Bentonitin kullanım alanları

Bentonit kilinin değişik özelliklerinden yararlanılarak çok eski çağlardan beri kullanılır. En çok seramik sanayi alanında kullanılır. Çünkü seramik hamurunun plastisitesini arttırma özelliği vardır. Diğer avanjlarda kurumadan dolayı çatlamayı azaltması, kuru iken mukavemeti arttırması, piştikten sonra kırılganlığı azaltması, ateşe dayanıklı olması, pişme rengi beyaz olması ve estetik olmasıdır.

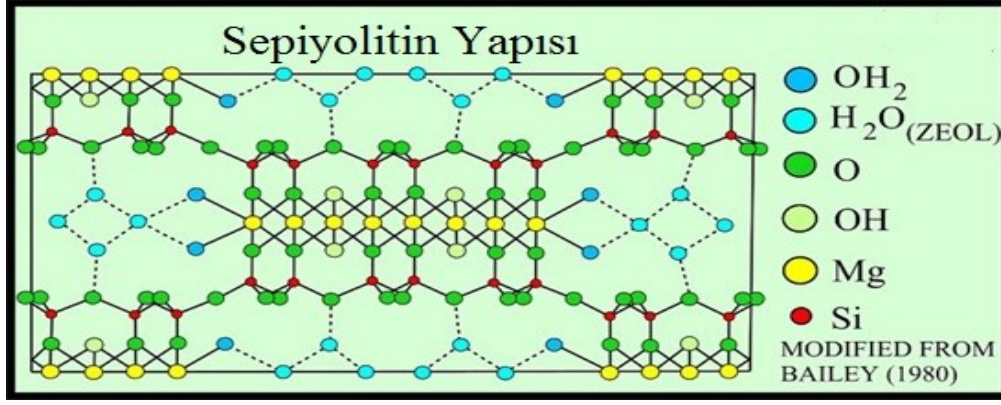
Bentonitlerin, şişme ve adsorblama özelliğinden dolayı sondaj sıvılarında, yangın söndürücü yapımında kullanılır. Yine adsorblama yeteneğinden dolayı mürekkep, emaye, boya endüstrisinde kullanılır. Meyve suyu, şarap ve bira yapımında bulanıklık veren maddelerin çökeltme işlemi için ve artıma işlemlerinde çökeltme için bentonitler kullanılır. Bentonitin katyon değiştirebilme yeteneğinden yararlanarak gübre yapımında kullanılır. [6]

3.2.4 Türkiye’de bentonit yatakları

Türkiye’nin önemli bentonit yatakları Çanakkale, Edirne, Ankara, Eskişehir, Kütahya, Balıkesir, Çankırı, Konya, Çorum ve Tokat illerinde bulunur. Toplam potansiyel bentonit rezervi yaklaşık olarak 280 milyon tondur. Tokat Reşadiye (yaklaşık 200 milyon ton) bentonitin en büyük rezervidir. [29]

3.3 Sepiyolit

Sepiyolit ($\text{Mg}_8\text{Si}_{12}\text{O}_{30}(\text{OH})_4(\text{H}_2\text{O})_8$) teorik birim hücre formülüne sahip bir mikrokristal hidratlı magnezyum silikattır. Lif yönünde olan bloklar ve kanallar bulunur. Magnezyum oksit hidroksit tabakalı silikanın iki tetrahedral tabakanın arasında bulunur. Magnezyum oksit hidroksit tabakaları içinde izomorfik bir yerdeğiştirme sonucunda üretilen negative yükle inorganik katyonları (Na^+ , Ca^{+2}) dengededir. Hem koordine su hem zeolitik (doğal sodyum alüminyum silikat) su sepiyolit kanalları içerisinde mevcuttur. Mg^{+2} iyonlar, hidrojen bağları yapısıyla bağlı olan, zeolitik suyla ve koordine suyla bağlanan oktahedral levhaların sınırları içerisinde bulunmaktadır. Sepiyolit nanopartiküllerin çevresel yüzeyinin kenarlarında (Si-OH) grubunun varlığından dolayı silika levhaları devam edememektedir. [7]



Şekil 3.2 : Sepiyolitın kristal yapısı.

3.3.1 Sepiyolitın karakteristik özellikleri

- Uzayabilen, çok ince parçacıklar
- Ölçülü tabaka yükü
- Yüksek yüzey alanı
- Yüksek şişme kapasitesi
- Yüksek viskosizite
- Kıvamı kremesi

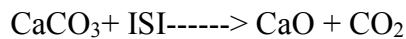
3.3.2 Sepiyolitın kullanım alanları

Sepiyolitın tortul kökenli mevduatı, İspanya’ da yer alan dünya üretiminin en önemli kaynaklarından biridir. [8] Sepiyolit endüstriyel imalatın geniş bir ürün yelpazesi için çok değerli katkı maddesidir. [9] Birçok uygulaması vardır. Örneğin; kimyasal maddeler için taşıyıcı, endüstriyel boyalar için reolojik ve bağlama katkısı olarak kullanılıyor. [10, 11] Son zamanlarda sepiyolit, polimerde dolgu maddesi olarak kullanılıyor. [7]

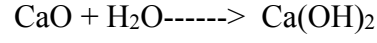
Sepiyolit, hibrid nanokompozitlerin tasarımı için en uygun olan, ilginç bir iğne şeklinde bir yapıya sahiptir. Sepiyolit doğada hidrofiliktir. [12]

3.4 Kireç

Kirecin hammadresi olan kireçtaşı, kalsiyum karbonat (CaCO₃)’dan oluşur. Kireç, en az %90’ı CaCO₃ olan kireç taşının kireç fırınlarında yaklaşık olarak 900°C üzerinde ısıtılması sonucunda kalsiyum oksite (sönmemiş kireç) dönüşmesiyle elde edilir.



Sönmemiş kireç, suyla reaksiyona sokulduğunda ortaya kalsiyum hidroksit yani sönmüş kireç çıkar.



Kirecin avantajları;

- Birçok kimyasal prosesin ana maddesi olması,
- Kimyasal tepkimelerde istenmeyen maddeleri ortamdan uzaklaştırabilmesi,
- Organik canlılar için besin maddesi olması,
- Ucuzluğu ve kolay bulunabilir olmasıdır.

Kullanım alanları ise;

- Evsel ve endüstriyel atık suların arıtımında,
- Katı çöp ıslahında,
- Asitli toprakların pH düzeyini dengelemede,
- Sondaj kuyularda çöktürme görevi gibi pek çok alanlarda kullanılır. [29]

4. POLİMERLER

4.1 Tanımı

Polimerler, küçük moleküllerden (monomer) yapılan reaksiyonlar sonucu ortaya çıkan ya da doğada bulunan büyük moleküllere denir. Bu büyük moleküller karbonlu bileşiklerdir. Çok büyük molekül ağırlıklara sahiptir. Kolloid boyutlardadır. Günümüzde polimer her türlü endüstride çok kullanılan malzemelerdir. [13, 14]

4.2 Özellikleri ve Sınıflandırılması

Polimerlerin en önemli özelliği büyük molekül ağırlığa sahip olmasıdır. Çünkü karışımlardan oluşan polimerleri karakterize eder. Polimerler iki çeşit ortalama molekül ağırlığı vardır. İlki polimerin ağırlığının molekül sayısına bölerek bulunan sayı ortalaması, ikincisi her molekülün ağırlığıyla kendi molekül ağırlığı ile çarpılıp, bütün ağırlığa bölünmesi ile ortaya çıkan sayı ağırlık ortalamasıdır.

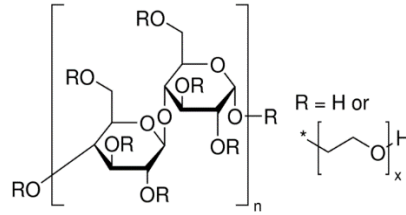
Bir diğer önemli özellik de zincir uzunluğudur. Zincir uzunluğu, polimerin içinde bulunan en uzun zincirde sıralanmış olan atomların sayısıdır. Bu zincir uzunluğu, birçok polimerin fiziksel özelliğini etkiler. 150-200 atomdan fazla olan zincir uzunluğu polimerlerde mekanik bir kuvvet oluşturur ve bu mekanik kuvvet 500 atoma kadar sürekli artar, sonraki sayılarda bu kuvvet azalmaya başlar. [15] Bu zincirler 3 çeşittir:

- Zincir ya da lineer moleküller
- Dallanmış moleküller
- Ağ moleküller

Polimerlerin diğer bilinen özelliklerden ikisi de şişme ve jelasyon yeteneğidir.

4.3 Hidroksietil selüloz (HEC)

Hidroksietil selüloz bir katyonik, suda çözünür bir polimer olan, uzun alkil zincirlerin az miktarda bir HEC omurgaya sahip amorf bir selüloz türevidir. Yüksek molar ağırlığı ve sertlik, kararlı bir kimyasal yapıya, iyi bir biyolojik uyumluluk, jel, kalınlaşma, stabilizatör, emülgatör ve dispersan bir etkiye sahiptir. Temizleme çözeltilerinde, kozmetikte, tarımda, inşaat malzemelerinde, boyalarda, sondaj sıvılarında ve diğer ev ürünlerinde yaygın olarak kullanılır.



Şekil 4.1 : HEC polimerinin açık formülü.

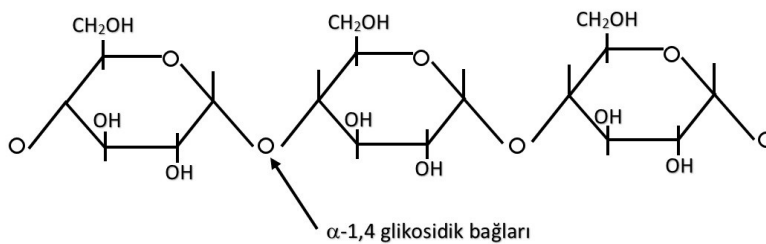
4.4 Nişasta

4.4.1 Tanımı

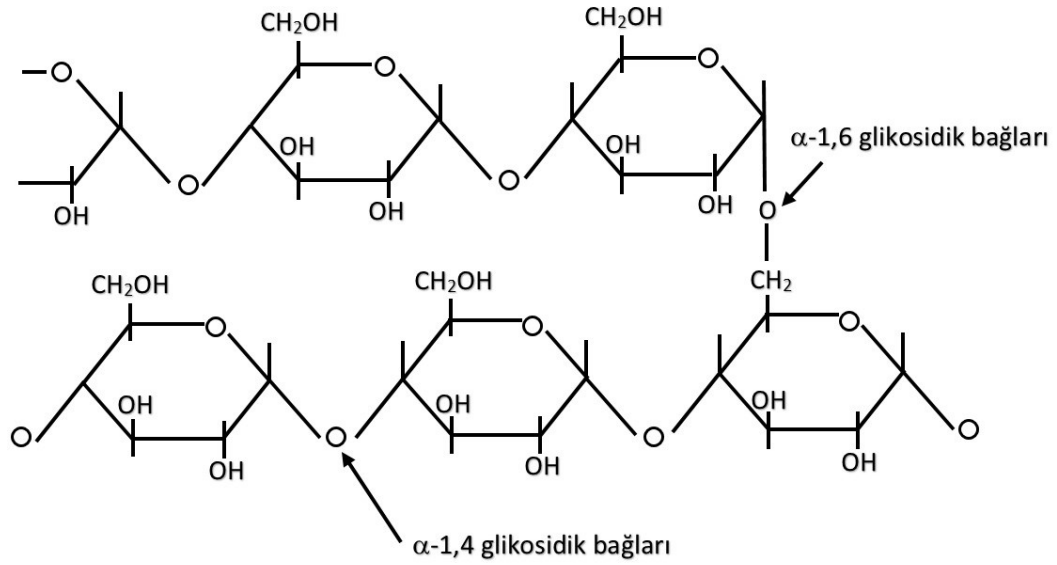
Nişasta esas olarak α -1,4 glikosidik bağlantılarıyla oluşmuş glikoz biriminin birleşimidir. Yeşil bitkiler tarafından önemli bir enerji kaynağı olarak kullanılır. Patates, buğday, mısır, pirinç ve manyok gibi gıdalarda zengin bir miktarda nişasta içerir ve insan beslenmesinin önemli bir parçasıdır. Saf nişastanın rengi beyaz, kokusuz ve tatsız bir tozdur. Nişasta, soğuk suya ve alkole karşı birleşme eğilimi göstermemektedir. [31]

4.4.2 Yapısı

İki yapısal formu vardır; Lineer amilaz ve dallanmış amilopektin.



Şekil 4.2 : Lineer amilazın yapısı.



Şekil 4.3 : Dallanmış amilopektinin yapısı.

Amilaz nişastanın lineer bileşenidir ve düşük molekül ağırlıklı bir polimerdir. Amilopektin, α -1,4 glikosidik bağlantılarıyla bağlanmış olan D-glikoz birimlerini içeren polisakaritlerden oluşan bir bileşendir. Amilopektin, α -1,6 glikosidik bağlantılarıyla bağlanmış olan zincir dallanmalarından oluşan 24-30 glikoz birimlerinden meydana gelir. Amilopektinin molekül ağırlığı amilaza göre çok daha yüksektir. Hidroksil grubunun varlığı, nişastanın suda çözünür olmasını sağlar. Amilaz ve amilopektin, farklı yapılara sahip olduğundan dolayı farklı özelliklere sahiptir. [16]

4.4.3 Kullanım Alanları

Amilaz formülü sert elastik filmler kaplama amacıyla kullanılıyor. [17] Amilopektin ise gıda, kağıt gibi çeşitli uygulamaların imalatlarında mükemmel kıvam artırıcı olarak kullanılıyor. [18] Amilaz içeriği mısır nişastasında çok bulunur ve kızarmış aperitif gıda maddelerinde gevrek olması için kullanılır. [19] Yüksek maltoz içermesi, rengi kontrol etmesi ve şuruplarda nemi korumasından dolayı tercih edilmektedir. İçeceklerde şeker yerine meşrubatta yüksek fruktoz içeriği olan nişasta kullanılır. [20]

Kağıt endüstrisinde nişastanın yaygın bir biçimde kullanıldığı büyük sektörlerden biridir. En yüksek nişasta oranı (%8) fotokopi kağıdında kullanılır. Kağıt imalat işlemi sürecinde nişasta polimerlerin içinde pozitif yükler oluşur. Bu pozitif yüklü

nişasta doğal yüklü kağıt elyafına ve selloze katılır. Yüklü nişasta kısımları kağıt örgüsüne gç sağlar. [21]

5. API TESTLERİ

5.1 Sondaj Sıvısı Yoğunluğu

Çamur yoğunluğu testi, sondaj çamurun birim hacim başına ağırlığını belirlemek için gerçekleştirilir. Çamur yoğunluğu, formasyon sıvılarının akışını önlemek için yeterli bir hidrostatik basınç yüksekliği sağlaması için yeterince büyük olmalıdır ancak bu büyüklük dolaşım kaybını kaybedecek kadar, sondaj formasyonuna zarar verecek kadar veya düşük delme oranlarına yol açacak kadar büyük olmamalıdır.

Çamur yoğunluğu testi, bir ayaklık ve denge kabıyla birlikte kap, kapak, bıçak sırtı, destek, ölçekli beher ve denge ağırlıktan oluşan mekanizma kullanılarak yapılır. Kap denge kolunun bir ucunda, ağırlıkta diğer ucundadır.



Şekil 5.1 : Çamur yoğunluğu test mekanizması.

Test aşaması;

- Başlamadan önce, kalibrasyonu kontrol edilmeli (tatlı suyun kalibrasyonun skalası referans alınır, 8,33lb/gal) ve kabın temiz, kuru olduğundan emin olunmalıdır,

- Çamur kabın kapağı açılır, test için kaba numune konulur. Numune koyulduğunda hava kabarcıkları gidene kadar beklenir, kapak kapatılır,
- Kap mekanizmadaki yerine konulur. Kapağın üstündeki havalandırma deliği kapatılır,
- Denge ağırlığı, bıçak sırtının üzerindeki dayanak yuvasına yerleştirilir,
- Dengeye gelene kadar sürülür. Kabarcık terazisi merkez çizgide olmalıdır,
- Çamur ağırlığı ve hidrostatik basınç okunur. [32]

5.2 Standart API Filtreleme Testi

Sondaj çamurun filtreleme ve duvar-yapı özelliklerini standart bir filtre pres aracılığıyla belirlenir.

Standart filtreleme ünitesi, yüksek basınca dayanıklı çamur kabı, süzgeç kağıdı, basınç kaynağı ve süzülen sıvıyı tutan ölçekli bir kaptan oluşur.



Şekil 5.2 : Standart filtreleme ünitesi.

Bir çamur keki ile çamur süzüntü akımı Darcy yasası ile açıklanır. Filtreleme oranı;

$$\frac{dV_f}{dt} = \frac{kA\Delta p}{\mu h_{mc}} \quad (5.1)$$

$$V_f = \sqrt{2k\Delta p \left(\frac{f_{sc}}{f_{sm}} - 1 \right) \frac{A}{\sqrt{\mu}} \sqrt{t}} \quad (5.2)$$

Standart API : A=45m² ΔP=6,8 atm

Standart sıvı kaybı 30 dk periyoduyla ölçülür.

Test süreci

- Basınç kabın alt kısmı sökülür,
- Filtreleme ve süzgeç kağıdı yerleştirilir. Kuru olduğundan emin olunmalıdır,
- Basınç kabın altına yerleştirilip sıkı olana kadar çevrilir,
- Test düzeneğine koyulur, üst kapak yerleştirilip iyice sıkılır,
- Süzülecek sıvının altına ölçekli beher konur,
- Basınç düzeneği açılır, bu sırada kronometrede sayaç başlatılır,
- Ölçümler 30 saniye, 1-2-3-5-7-7,5-10-15-20-25-30. Dakikalarda olmak üzere behere ne kadar sıvı aktığı kontrol edilerek not edilir.

5.3 Dirençlilik Testi

Su bazlı çamurların direnci ölçülür ve elektriksel günlüklerden formasyon özelliklerinin daha iyi değerlendirilebilmesini sağlamak için kontrol edilir. Direncin belirlenmesi, bilinen bir konfigürasyonun örneği aracılığıyla elektrik akımının akışına karşı ölçülen direnciyle sağlanır. Bu direnci bir ohmmetre yardımıyla okunur. Tuz mukavemetliliğini azaltmak için kullanılır. Tatlı su ise öz direnci yükseltmenin

tek yoludur. Test düzeneği filtreleme ve kek filtresinden, dirençlilik ölçme makinesinden, kalibre edilmiş dirençlilik hücresinden ve termometreden oluşur. [31]



Şekil 5.3 : Dirençlilik test düzeneği.

Test süreci

- İyice karıştırılmış çamur temiz, kuru dirençlilik hücresine doldurulur,
- Hücre test düzeneğine bağlanılır,
- Cihazdan direct ölçüm alınır,
- Sıcaklık not edilir.

5.4 PH Testi

Birçok sondaj sıvısının sistem özelliklerinin kontrolü pH'a bağlıdır. PH aynı zamanda pek çok sulandırıcıyı ve iki değerlilik metal iyonların çözünürlüğünü etkiler. Örneğin kalsiyumu, magnezyumu ve killerin dispersiyonunu etkilemesi gibi.

6. REOLOJİ

Maddelerin mekanik kuvvetler etkisi altında deformasyonu ve akış özellikleriyle ilgili bilim dalının genel adına reoloji denir. Bu ad ilk olarak 1929 yılında Indiana’da Lafayette koleji profesörlerinden olan Bingham tarafından tanımlanmıştır. Akışkanların akıcılığı ile ilgili özelliklere reolojik özellikler denir. Başlıca konuları elastite, plastisite ve viskozitedir. [22]

Reoloji çalışması önemlidir çünkü sondaj sıvısının sıvı akış profile, viskozite, delik temizleme yeteneği, basınç kaybı, kuyu hidroliği açısından analiz edilmesini sağlar.

6.1 Newton Kanunu

Viskozite, bir sıvının akışa karşı direnç göstermesidir. İki sıvı tabakasının arasını dy olarak düşünelim, üst tabakanın hızı dv kadar değiştiğini ele alırsak, dv/dy hız gradiyenti veya kayma hızı adı verilir. Birimi $1/sn$ ’dir. Tabakaların alanı A ve uygulanan kuvvetin büyüklüğü F kullanılarak birim yüzeye düşen kuvvet F/A kayma gerilimi olarak tanımlanır. Birimi Paskal (Pa)’dır. [23] Kayma hızı ile kayma gerilimi birbirleri ile orantılıdır.

$$F/A = \eta \cdot dv/dy \quad (6.1)$$

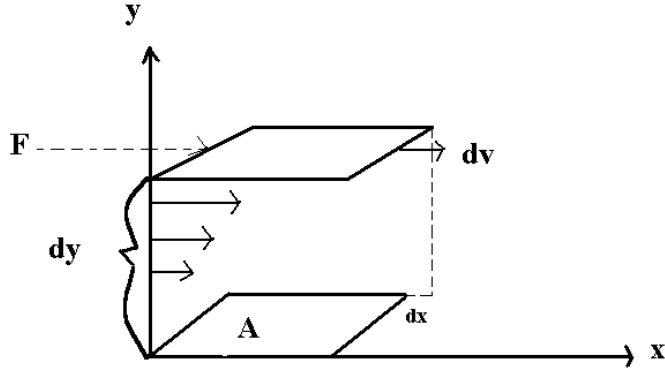
$$\gamma = dv/dy \quad (6.2)$$

$$\tau = F/A \quad (6.3)$$

6.2 ve 6.3 denklemleri 6.1’deki formüle konulursa;

$$\tau = \eta \gamma \quad (6.4)$$

denklem 6.4’te verilen viskozite sabiti elde edilir.



Şekil 6.1 : Birim alana uygulanan kuvvet ve hız arasındaki ilişki.

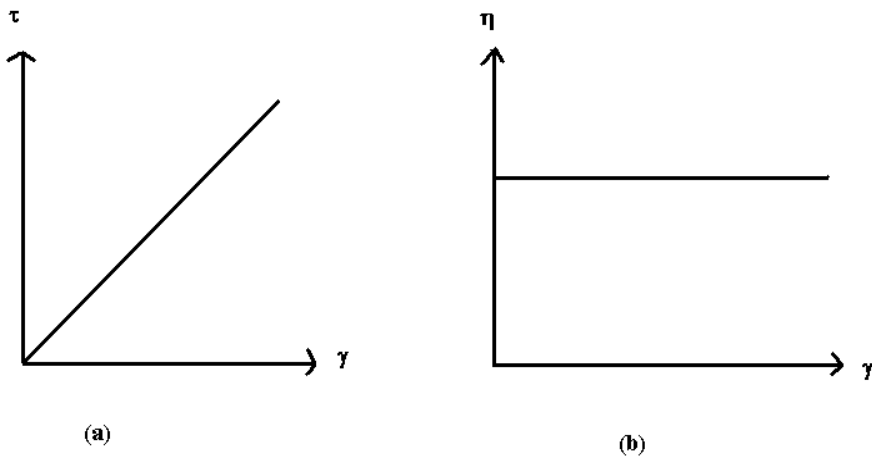
6.2 Newtoniyen ve Newtoniyen Olmayan Akışlar

6.2.1 Newtoniyen akışlar

Newtoniyen akışlar, viskozitenin sıcaklığın ve basıncın sabit koşulları altında sabit olması durumundaki ve kayma geriliminin ile kayma hızının arasındaki ilişki lineer olması durumundaki akışlara denir. Matematiksel ifadesi;

$$\tau = \eta \gamma \quad (6.5)$$

γ kayma hızı ve τ kayma gerilmesinin olduğu eğrinin eğimi bize viskoziteyi verir. Viskozite kayma hızı ile değişmez.



Şekil 6.2 : Newtoniyen akışların kayma gerilimi-kayma hızı ve viskozite-kayma hızı grafikleri.

6.2.2 Newtoniyen olmayan akışlar

Newtoniyen olmayan akışlarda kayma gerilimi ve kayma hızı arasında doğrudan bir orantı yoktur. Yani viskozite kayma hızı ya da kayma zamanı ile değişir. Matematiksel ifadesi şu şekilde olur;

$$\tau = \tau_0 + \eta \dot{\gamma}^n \quad (6.6)$$

τ_0 : başlangıç akma gerilme değeri

n : akış davranış indeksi

η : kayma gerilme bağlı olarak değişen viskozitedir.[24]

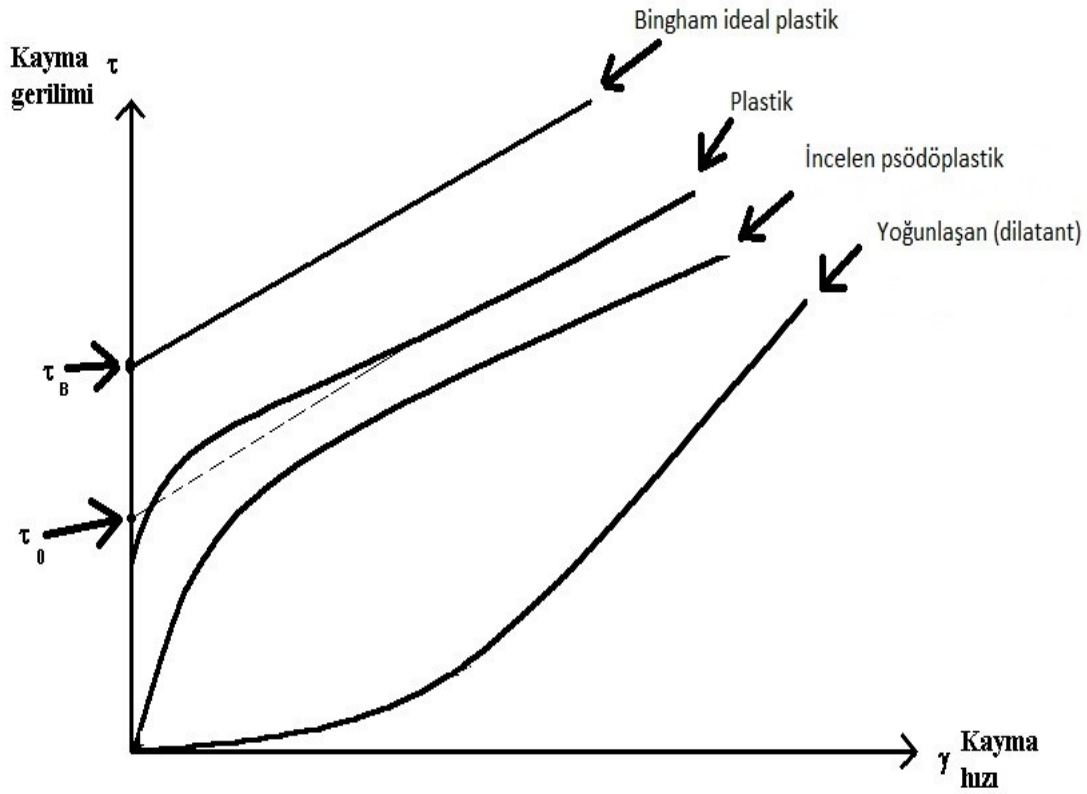
Bu tür akışlarda tek bir viskozite değeri yoktur. İki farklı viskozite değeri söz konusudur.

- Görünür Viskozite: Akışkanın belirli bir hızla akışı sırasında gösterdiği dirençtir.
- Plastik Viskozite: Kayma hızı ile kayma geriliminin grafiğinde kayma hızının belirli değerleri arasında viskozite doğrusal bir davranış gösterir. Bu doğrusal çizginin eğimi bize plastik viskoziteyi verir. [23]

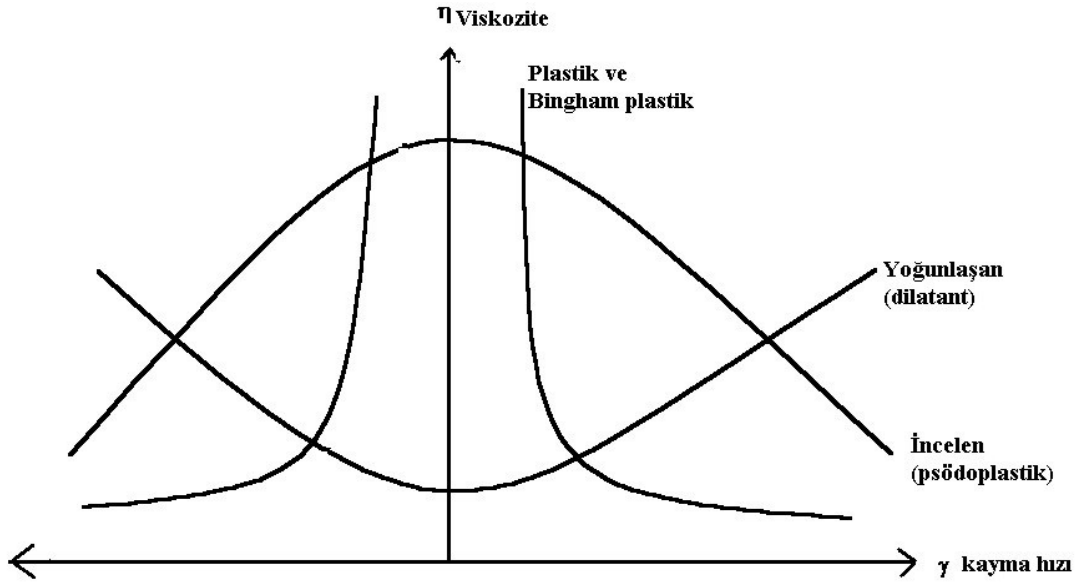
6.2.2.1 Newtoniyen olmayan akış modelleri

Newtoniyen olmayan akış modelleri 4 madde altında gösterilir;

- Bingham (ideal plastik) akış
- Plastik akış
- İncelen (psödöplastik) akış
- Yoğunlaşma (dilatant) akış



Şekil 6.3 : Newtoniyen olmayan akışların kayma gerilimi-kayma hızı grafiği.



Şekil 6.4 : Newtoniyen olmayan akışlarda viskozite-kayma hızı grafiği.

Bingham plastikte, akma olayının başlaması için önceden belli bir kuvvet uygulanması gerekir. Lineer kısmın ekstrapolasyonu ile elde edilen τ_b noktası yani akma gerilme noktası, uygulanan kuvvetin oluşturduğu kayma gerilmesi değerine

denir. [25] Bu noktadan sonra kayma gerilimi ile kayma hızı oranı lineer olarak değişir ve bu orana plastic viskozite denir. Matematiksel ifadesi;

$$\tau=\tau_b+\eta\dot{\gamma} \quad (6.7)$$

şeklindedir.

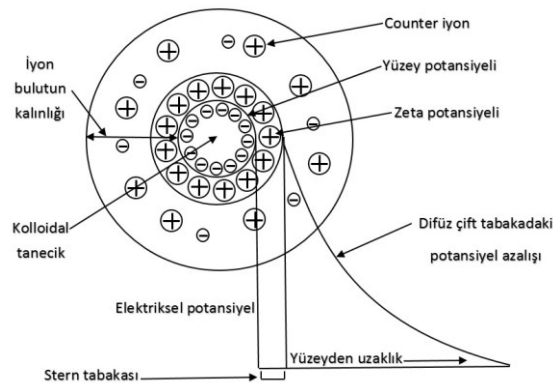
Psödöplastik akışlarda görünür viskozite, kayma hızı arttıkça azalır.

Dilatant akışlarda ise kayma gerilimi kayma hızına göre daha hızlı artar. Kayma hızının veya kayma zamanının artması viskozitenin artmasına neden olur.

7. ELEKTROKİNETİK ÖZELLİKLER

Parçacık yüzeyinin zıt yüklü iyonların difüz tabakası ile kaplanması sonucu meydana gelen tabakaya elektriksel çift tabaka denir. Yüzeyle zıt işaretli iyonlar, yüzey yakınında toplanarak, yüzey elektrik yükünü dengelemeye çalışırlar. Yüzey yakınında, yani katı-sıvı ara yüzeyinde toplanan iyonlara dengeleyeci(counter) iyonlar denir. Zıt işaretli iyonların kolloide tutunarak oluşturdukları tabaka stern tabakasıdır.[26]

Çoğu zaman iyonlar kolloid tanecik yüzeyine elektrostatik çekim kuvvetleriyle adsorplanırlar. Bu ilk adsorpsiyon tabakası üzerinde bir yüzey yükünün ya da yüzey potansiyelinin oluşmasını sağlar. Oluşan bu yüzey yükü, birbirine yaklaşan iki tanecik arasında bir itme kuvvetinin oluşmasına veya counter iyonlarının kolloid tanecik tarafından çekilmesine neden olur. Elektriksel çift tabaka yüklü kolloidin nötralize olmasına neden olur. Bunun sonucundan kolloidin yüzeyi ile dispersiyondaki kolloidi çevreleyen katman arasında elektriksel potansiyel oluşur. Bu elektriksel potansiyel yüzeyden uzaklaştıkça stern tabakasından itibaren lineer bir azalış, daha sonrada difüz tabakasında exponansiyel olarak azalış görülür. Bu yüzey tabakasının büyüklüğü, stern tabaka ile difüz tabaka arasında oluşan kayma düzlemi yani sınır düzlemindeki elektriksel potansiyeline bağlıdır. Sınır yüzeyinde oluşan elektriksel potansiyele zeta potansiyeli denir.[27, 28]



Şekil 7.1 : Negatif yüklü kolloid çevresindeki pozitif ve negatif yük dağılımları.

8. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

8.1 Kil Numunelerin Tanıtılması

Kil numunelerinden bentonit, Balıkkesir Bigadiç Dereiçi yöresinden temin edilmiştir. Bu Balıkkesir Bigadiç Dereiçi bentonitin özelliği değişebilir katyon olarak daha çok kalsiyum (Ca) bulundurmasıdır.

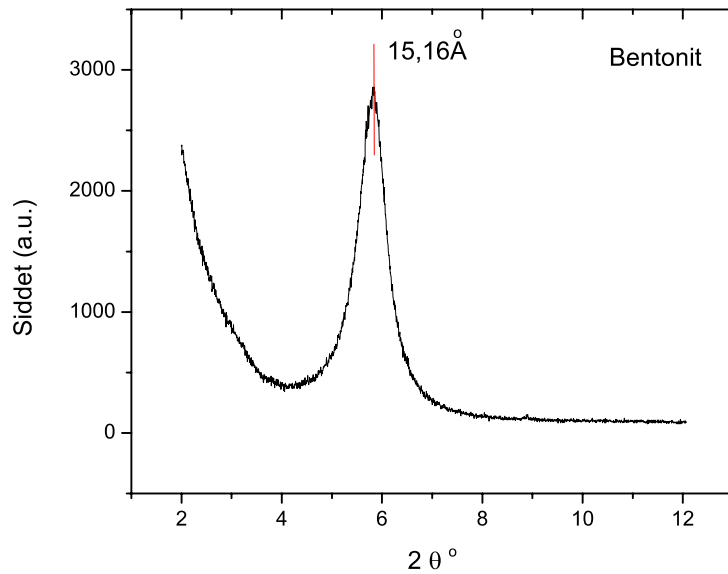
Sepiyolit (lüle taşı), Eskişehir yöresinden temin edilmiştir. Lifli bir yapısı ile magnezyum silikat kil minerali sepiyolit, yüksek sıcaklık ve yüksek tuzlu ortamlarda kullanılmak üzere önerilmiştir.

Deneyde bunların yanısıra sönmüş kireçte (kalsiyum hidroksit) kullanılmıştır.

8.2 Kil Numunelerin Yapısal Karakterizasyonu

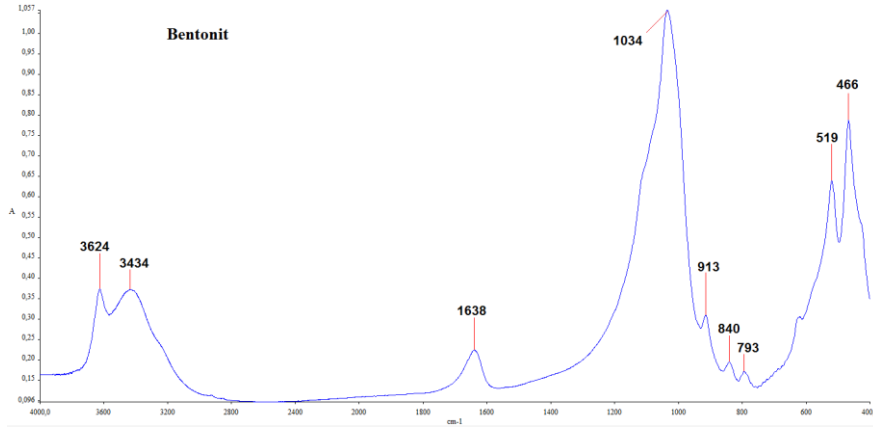
8.2.1 Bentonitin Yapısal Karakterizasyonu

Bentonit numunesinin yapısal karakterizasyonu XRD ve FTIR yöntemleri ile yapılmıştır.



Şekil 8.1 : Bentonit xrd analiz sonucu.

Bentonit numunesinin karakteristik d_{001} mesafesi 15,16Å olarak ölçülmüştür. Bentonit kilinin şişmesi ile bu d_{001} mesafesi olarak ifade edilen tabakalar arası mesafe artmaktadır.

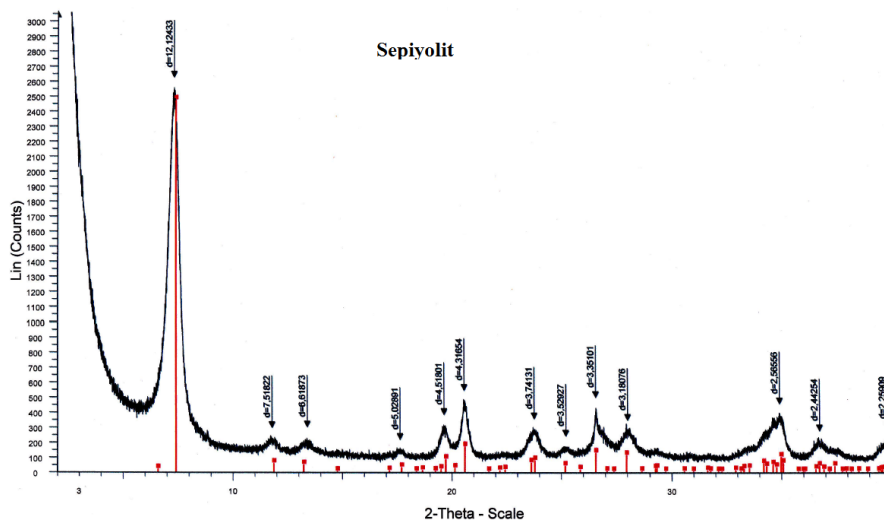


Şekil 8.2 : Bentonit FTIR ölçüm sonucu.

Şekil 8.2’de 3624 cm^{-1} de bentonitin yapısal OH gerilme pikleri görülmektedir. 3434 cm^{-1} de görülen pik ise kil tarafından adsorblanan serbest su moleküllerine aittir. Bentonitin yapısındaki Si-O ların gerilme piki (1034 cm^{-1}) ve bükülme piki (519 cm^{-1}) görülmektedir. 1638 cm^{-1} de CH simetrik ve CH asimetrik bükülme pikleri yayvan olarak görülmektedir. 793 cm^{-1} ’de Mg-Al-OH, 466 cm^{-1} ’de Si-O bükülme pikleri gözlenmektedir.

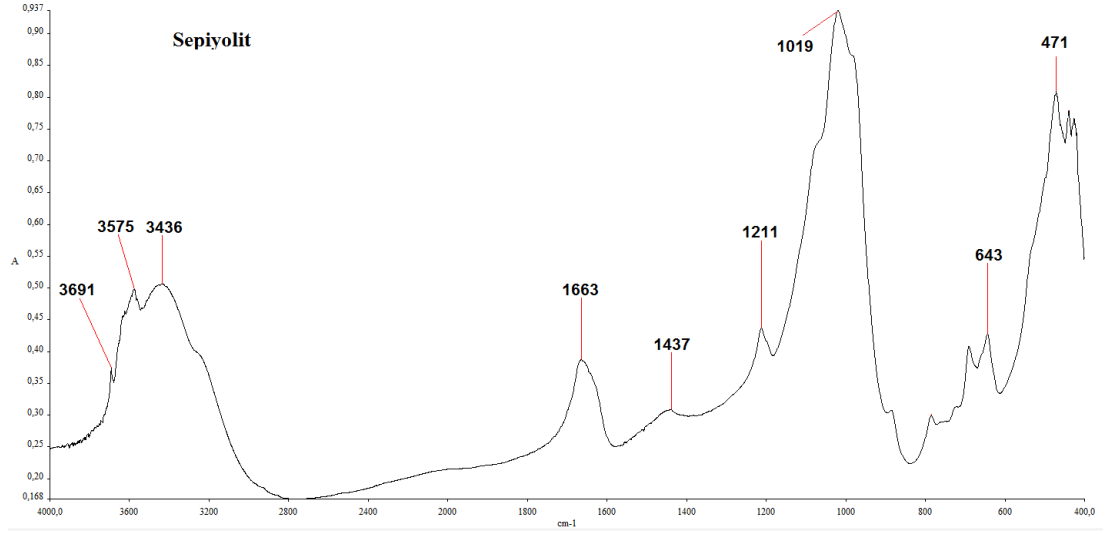
8.2.2 Sepiyolitın Yapısal Karakterizasyonu

Sepiyolit numunesinin yapısal karakterizasyonu XRD ve FTIR yöntemleri ile yapılmıştır.



Şekil 8.3 : Sepiyolit xrd analiz sonucu.

Fiber yapıda olan sepiyolit kili, kristal yapısındaki tabakalardan dolayı sahip olduğu kil pikleri XRD analizinde Şekil 8.3'te verilmiştir.

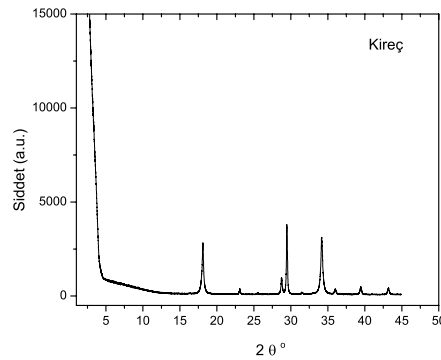


Şekil 8.4 : Sepiyolit FTIR ölçüm sonucu.

3691cm⁻¹ de elde edilen band (ν_{OH}) hidroksil gruplarının (Mg₃OH 'a ait) gerilmelerinden elde edilen titreşimlerdir. Doğal sepiyolit içinde bulunan oktahedrellere tutunmuş olan Mg iyonlarından kaynaklanmaktadır. Zeolitik band yapısında bulunan su pikleri 3575 cm⁻¹, 1663cm⁻¹ de gözlenmiştir. Si-O titreşimlerinden kaynaklanan Si-O koordinasyon bandları 1211, 1019 cm⁻¹'de gözlenmiştir. 1019 sonrası ve 643 cm⁻¹ bandları arasında bulunan pikler OH deformasyon ve geçiş pikleridir. Tetrahedral içerisindeki Si-O-Si gruplarının gerilme ve bükülme pikleri 1019 ve 471 cm⁻¹ de elde edilmiştir.

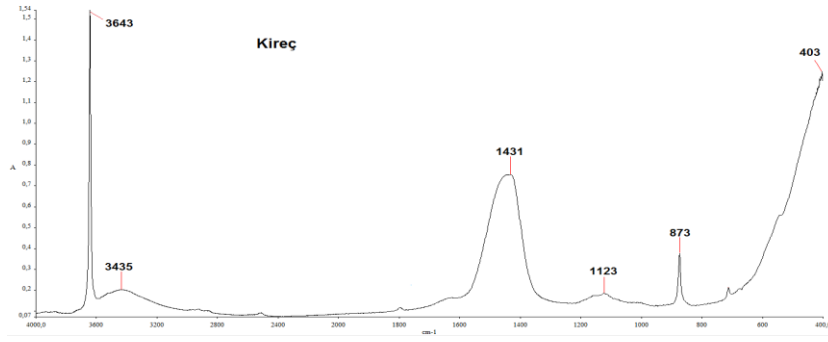
8.2.3 Kirecin Yapısal Karakterizasyonu

Kireç numunesinin yapısal karakterizasyonu XRD ve FTIR yöntemleri ile yapılmıştır.



Şekil 8.5 : Kireç xrd ölçüm sonucu.

Kireç numunesinin karakteristik pikleri Şekil 8.5'te görülmektedir.

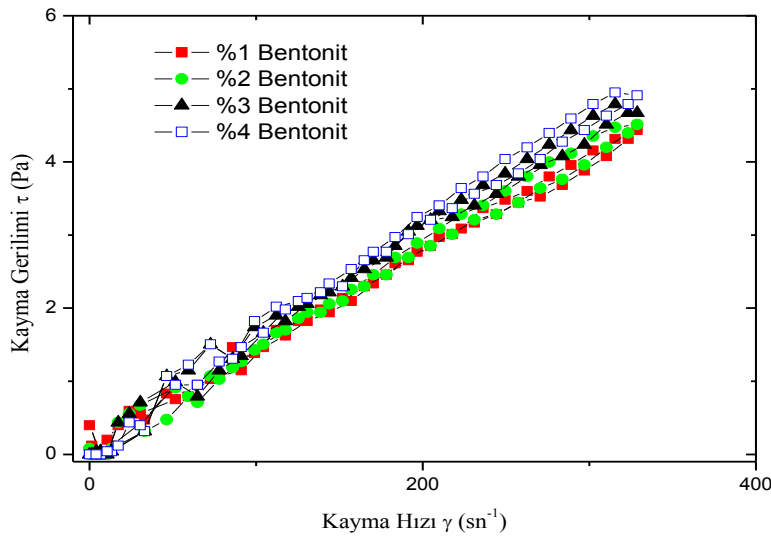


Şekil 8.6 : Kireç FTIR ölçüm sonucu.

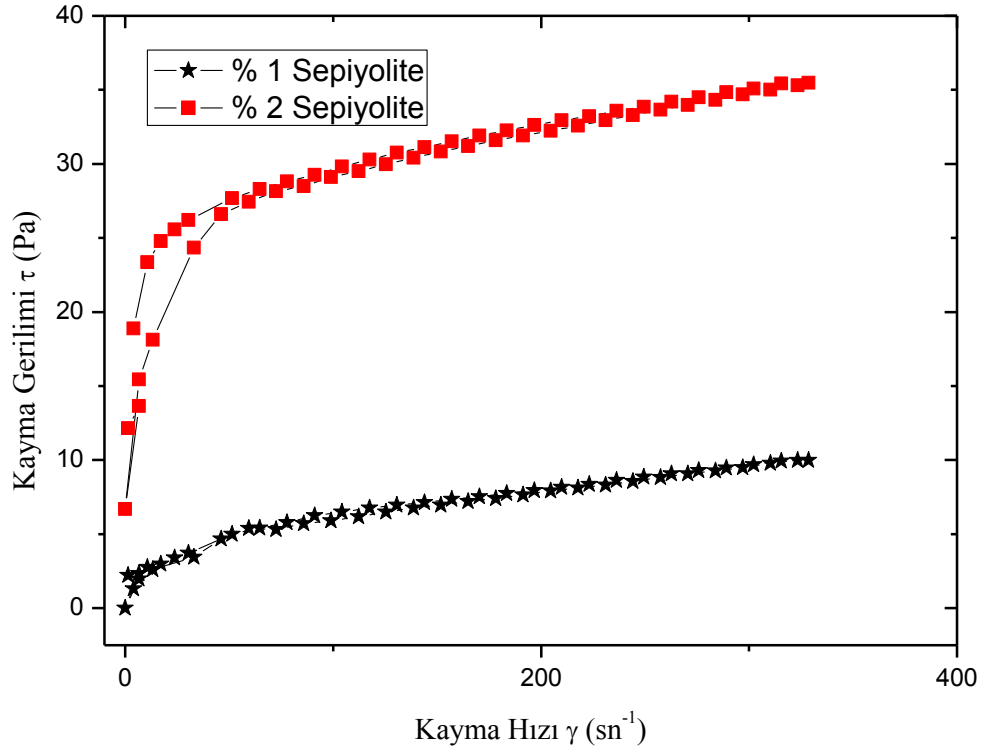
Kireç numunesi 3643 cm^{-1} de çok keskin olarak görülen karakteristik kalsiyum hidrokside ait hidroksil piklerine sahiptir. 1431 cm^{-1} de ise kalsiyum karbonat piki gözlenmiştir. Kalsiyum karbonat, kireç ve havada bulunan karbondioksitin reaksiyonu sonucu oluşmaktadır.

8.3 Killerin Reolojik Özellikleri

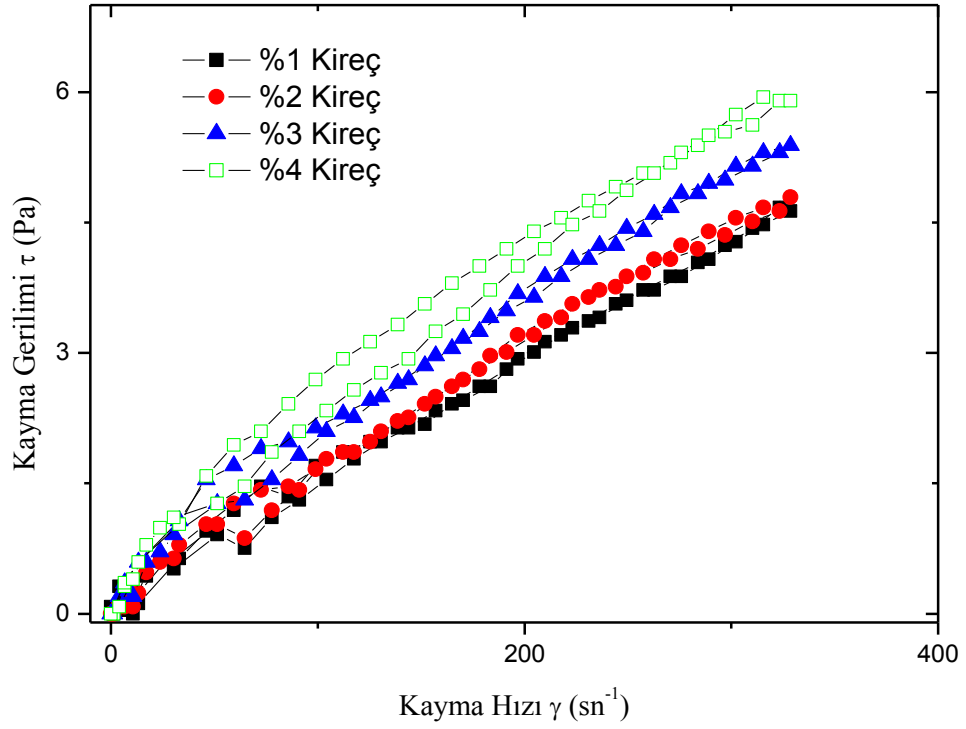
Killerin reolojik özelliklerine bakılması için Brookfield marka DV-III model reometre kullanılmıştır. Her bir kil için %4'lük(w/w) stok (saf suyla) hazırlanmıştır. %4'lük(w/w) stok kullanılarak, saf su ilave edilerek, %1, %2, %3'lük olacak şekilde ayarlanmıştır. Yapılan ölçümlerin sonuçları sepiyolit, bentonit ve kireç grafikleri aşağıda verilmiştir.



Şekil 8.7 : Bentonit kayma hızı-kayma gerilimi grafiği.



Şekil 8.8 : Sepiyolit kayma hızı-kayma gerilimi grafiği.



Şekil 8.9 : Kireç kayma hızı-kayma gerilimi grafiği.

Çizelge 8.1 : Numunelerin %1, 2, 3 ve 4'lük dispersiyonların görünür (kayma hızı: $125s^{-1}$ olarak seçilmiştir), plastik viskozite ve akma gerilme noktalarının değerleri.

Numune	Ca-Bentoniti			Sepiyolit			Kireç		
	$\eta_{görünür}$	η_{pl}	τ_B	$\eta_{görünür}$	η_{pl}	τ_B	$\eta_{görünür}$	η_{pl}	τ_B
1%	1,452	1,201	0,034	5,178	1,754	0,431	1,578	1,356	0,022
2%	1,483	1,263	0,023	23,9	2,679	2,673	1,578	1,369	0,036
3%	1,61	1,325	0,037	--	--	--	1,957	1,478	0,062
4%	1,673	1,39	0,031	--	--	--	2,494	1,364	0,15

Ca-Bentonitin grafiğinden açıkça görüldüğü gibi dört farklı katı oranında hazırlanan su bazlı dispersiyonlar yaklaşık olarak newtoniyen yada bingham ideal plastik akış davranışını göstermiştir. Akma gerilme değeri çok küçük değerler olarak gözlenmiştir. Bu durum parçacıklar arası etkileşmenin oldukça zayıf ve bağların küçük sayıda olduğunu göstermektedir.

Sepiyolit grafiğinden anlaşıldığı gibi plastik akış davranışı göstermektedir. %3(w/w) ve %4(w/w) dispersiyonların viskozitesi çok yüksek olduğundan doğru ölçüm yapılamamıştır. Ancak artan kil konsantrasyonu ile plastik viskozite değerinin arttığı gözlemlenmiştir.

Kirecin farklı katı oranlarında ölçülen grafiğinden görüldüğü gibi newtoniyen yada Bingham ideal plastik olduğu gözlemlenmiştir. Artan katı oranıyla birlikte viskozite değeri de artmıştır. Akma gerilme değeri bentonitte olduğu gibi çok küçük değerler olarak gözlenmiştir.

8.4 Deneysel Çalışmalarda Kullanılan Polimerlerin Tanıtılması

Deneysel çalışmalar sırasında polimer olarak nişasta ve hidroksietil selüloz (HEC) kullanılmıştır. Polimerler firmalardan alınmış olup herhangi bir işlem yapılmadan kullanılmıştır.

8.4.1 Hidroksietil selüloz (HEC)

Hidroksietil selüloz non-iyonik ve $60^{\circ}C$ sıcaklıkta olan saf suda çözünmektedir. Kapalı formülü $[C_6H_7O_2(OH)_x(OC_2H_5)_y[O(CH_2CH_2O)_mH]_z]_n$ 'dür. Firma olarak Sigma'dan alınmıştır.

8.4.2 Nişasta

Nişasta yaklaşık olarak 75-80⁰C sıcaklıkta olan saf suda çözünmektedir. Kapalı formülü (C₆H₁₀O₅)_n'dir. Molekül ağırlığı n=1 iken 162.16 g/mol' dur. Firma olarak Merck'den alınmıştır.

8.5 Kil Minerallerine HEC Polimeri İlave Edilmesi

8.5.1 Bentonit ve HEC etkileşimi

Kolloidal yapıdaki bentonit-su sistemlerinin kristal yapısının bir özelliği de polimerlerin çok fazla adsorblanabilir olmasıdır. Bentonit-su sistemlerine polimer eklenmesi partikül etkileşimlerini etkiler. Bu etkileşim oranı killerin büyüklüğüne, yüzey yüküne, yapısına, dispersiyondaki konsantrasyonuna bağlıdır, polimerlerde ise polimerin iyonik veya non-iyonik olmasına, molekül ağırlığına ve karışımdaki konsantrasyonuna bağlıdır.

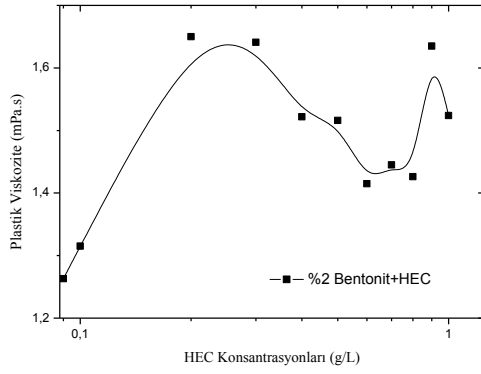
8.5.1.1 Bentonit-su ve HEC karışımının hazırlanması

Deneyde %4'lük(w/w) bentonit stok ve 2gr/L'lik HEC stok hazırlanmıştır. Bu stoklar kullanılarak 10 tane ayrı HEC konsantrasyonu ve %2(w/w) katı oranında kil içeren dispersiyonlar hazırlanmıştır.

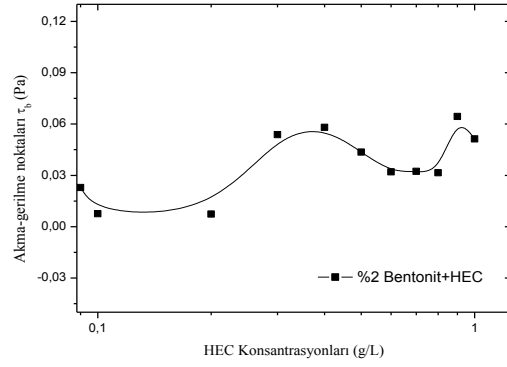
8.5.1.2 Reolojik ölçümü

Hazırlanan 10 farklı konsantrasyonlu numunelerin bentonit ile HEC polimerin etkileşimine bakılmıştır. Reolojik ölçümler Brookfield marka DV-III model reometrede ölçülmüştür.

HEC numunesinin ilavesi ile ilk konsantrasyonlardan itibaren plastik viskozite değerlerin arttığı, akma gerilme değerlerinin ise hafifçe azaldığı görülmektedir. Kil su sisteminin sahip olduğu yüzey/yüzey yada kenar/yüzey etkileşimlerinin HEC ilavesi ile kırılması yada azlaması plastik viskozitenin artmasına (ortamdaki parçacık miktarının artmasından dolayı) ve akma gerileme değerinin azalmasına (parçacıklar arası etkileşim enerjisi ile orantılı olan bu büyüklük etkileşimlerin kırılması ile azlamıştır) neden olmaktadır. İlave edilen ilavelerde HEC polimeri kil parçacıklarını yüzeylerine tutunmaya ve kil parçacıklarının floküle olmasına sebep olmaktadır.



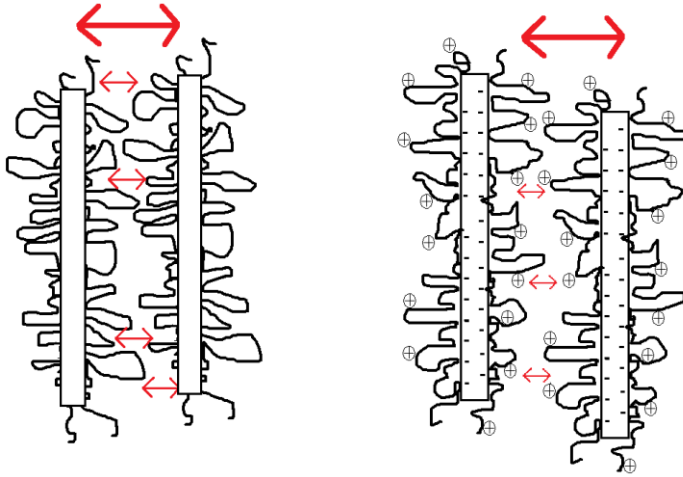
(a)



(b)

Şekil 8.10 : (a)Plastik viskozite değerlerinin HEC konsantrasyonları ile (b)akma-gerilme noktalarının HEC konsantrasyonları ile değişim grafiği.

Flokülasyon viskozite değerlerinin azalmasına akma gerilme değerlerinde artmasına neden olmaktadır. Son ilavelerde ise artan polimer konsantrasyonu ile kil parçacıklarının yüzeyleri tamamen sarılmaya ve elektrosterik stabilizasyon oluşmaya başladığı için viskozite ve akma gerilme değerlerinde küçük artışlar gözlenmektedir.



Şekil 8.11 : Sterik ve elektrosterik stabilizasyon şekilleri.

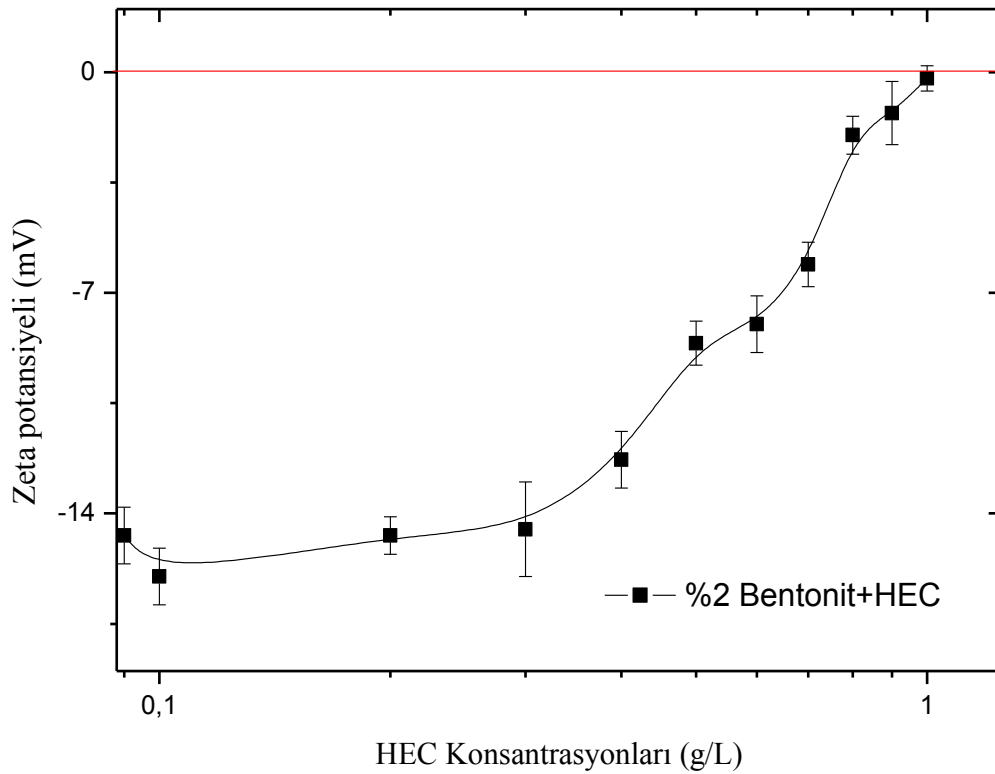
Kolloid parçacıkların stabilizasyonu, sterik veya elektrosterik stabilizasyon olabilir. Her iki durumda da çift katmanlı elektrik basıldığında, karşı iyonlar ve yönlendirilmiş su molekülleri polimer ile yer değiştirir. Parçacıklar üzerinde adsorb edilmiş polimerin kuyrukları, zincirleri, kıvrımları stabilizasyon üzerinde etkili olmaktadır.

Büyük polimerler, özellikler yüksüz polimerler, parçacıkların yüzeyine bağlanmasına veya kaplanmasına sterik stabilizasyon denir. Bu durumda parçacıklar arasında itme

ozmotik etkisinden kaynaklanır. Eğer bu polimerler yüklü ise elektrosterik stabilizasyon oluşur.

8.5.1.3 Elektrokinetik ölçümü

Numuneler zeta potansiyel ölçümleri Malvern 2000 Zetasizer'da ölçülmüştür. Zeta potansiyeli ölçümleri için numunelerin seyreltik olması gerektiğinden numuneler santrifüj makinesinde 6000 rpm'de 15 dakika içinde çöktürülmüştür. Numunelerin seyreltik kısımlarının (supernatant) mobiliteleri ve zeta potansiyelleri 10'ar kez ölçülüp ortalamaları alınmıştır. Ölçüm sonuçları çizelge ve şekilde verilmiştir.



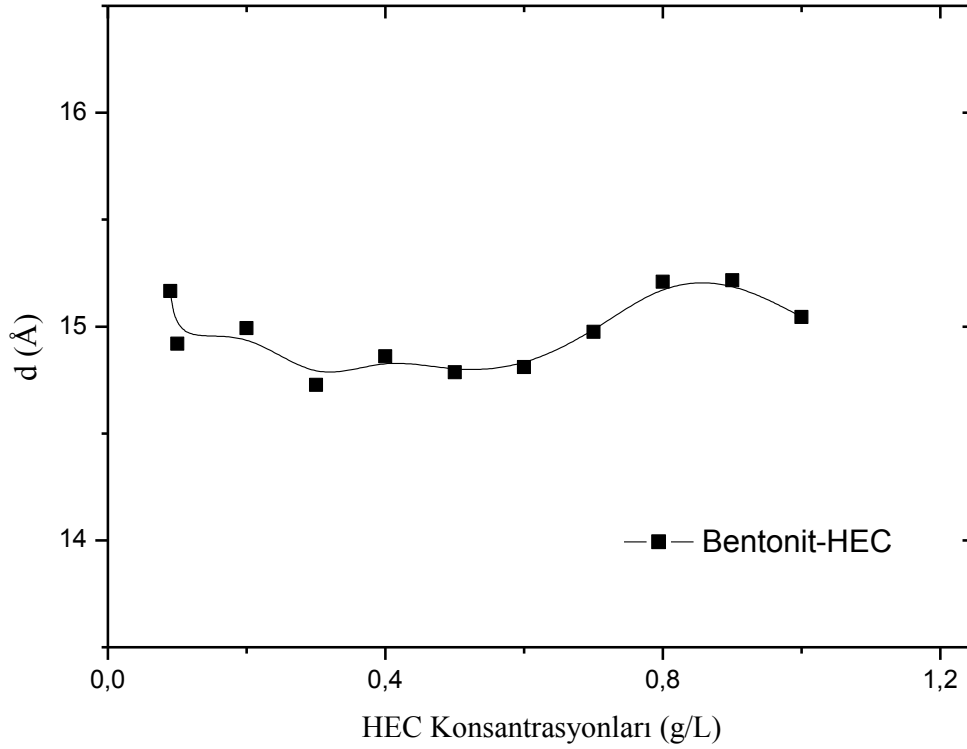
Şekil 8.12 : HEC konsantrasyonu-zeta potansiyeli grafiği.

0,8(g/l) HEC konsantrasyonundan sonra kil minerallerinin yüzeyleri neredeyse tamamen kaplandığını görüyoruz. Dispersiyondaki tüm parçacıkların yüksüz oldukları nokta (izoelektrik nokta) Şekil 8.12'de kırmızı çizgiyle gösterilmiştir.

Reolojik parametrelerde olduğu gibi ilk ilavelerde dispersant etki gösteren HEC polimeri zeta potansiyelinin artmasına neden olmaktadır. Artan HEC ilaveleri ile HEC polimeri kil yüzeyini kapladığı için zeta potansiyel değerleri azalmaktadır. Son ilave ile HEC polimeri bentonit yüzeyini kapladığı için izoelektrik noktaya (yüksüz) ulaşılmıştır.

8.5.1.4 XRD ölçümü

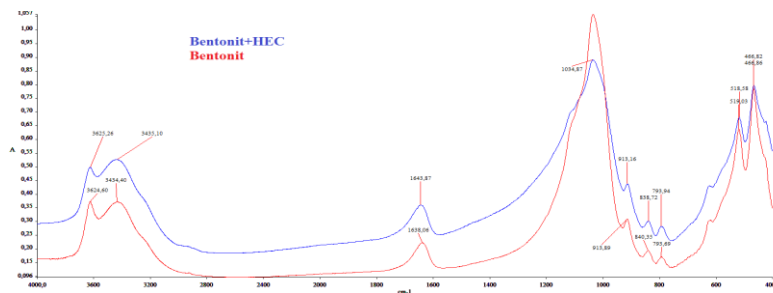
Bentonit kilinde tabakalar arasındaki mesafe değişebilir katyonların büyüklüğüyle ve hidrasyon derecesine bağlı olarak değiştiğinden, polimerlerin bu tabakalar arasına yerleşip yerleşmediğini x-ışınları difraksiyonu analiziyle anlaşılır. Yapılan ölçümlerin sonucu d mesafelerinin HEC konsantrasyonunu ile değişimi Şekil 8.13'te gösterilmiştir.



Şekil 8.13 : Bentonit-HEC X-ışını difraksiyonun ölçüm sonuçları grafiği.

XRD sonuçlarına bakıldığında, HEC polimeri bentonit kilinin tabakalar arasına girmediği, zeta potansiyeli ölçümlerinden de anlaşılacağı üzere sadece yüzeyleri ile etkileştiği anlaşılmaktadır.

8.5.1.5 FTIR ölçümü



Şekil 8.14 : 0,8g/L HEC konsantrasyonu içeren Bentonit ve katkısız bentonit dispersiyonların FTIR analiz grafiği.

Şekil 8.14'te görüldüğü gibi bentonit kilinin karakteristik spektrumu HEC ilavesi ile değişmemiştir. Bu sonuçtan kil ile polimer arasında herhangi bir hidrojen yada karbon bağı oluşmadığı anlaşılmaktadır.

8.5.2 Sepiyolit ve HEC etkileşimi

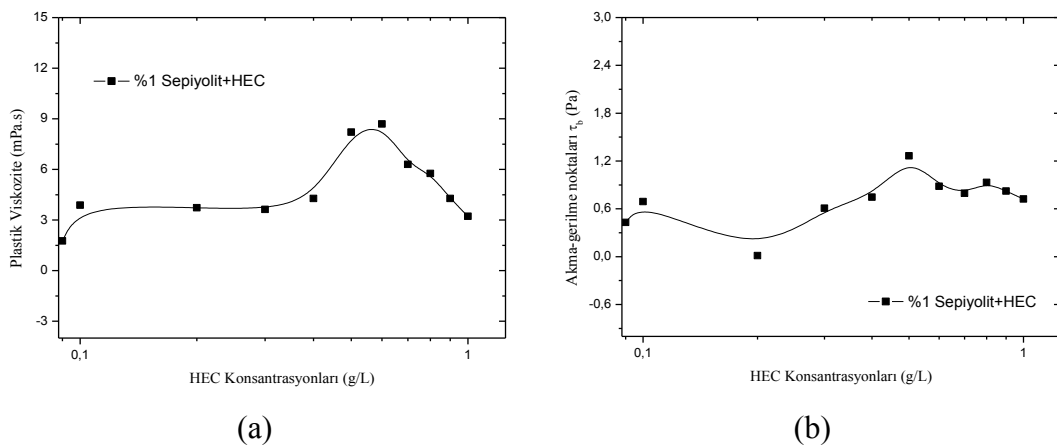
8.5.2.1 Sepiyolit-su ve HEC karışımının hazırlanması

Deneyde %4'lük(w/w) sepiyolit stok ve 2gr/L'lik HEC stok hazırlanmıştır. %4'lük sepiyolit stok, sepiyolit lifli yapısından dolayı mekanik karıştırıcıda karıştırılmıştır. Bu stoklar kullanılarak 10 tane ayrı HEC konsantrasyonu ve %1(w/w) katı oranında kil içeren dispersiyonlar hazırlanmıştır.

8.5.2.2 Reolojik ölçümü

Hazırlanan 10 farklı konsantrasyonlu numunelerin Sepiyolit ile HEC polimerin etkileşimine bakılmıştır. Reolojik ölçümler Brookfield marka DV-III model reometrede ölçülmüştür.

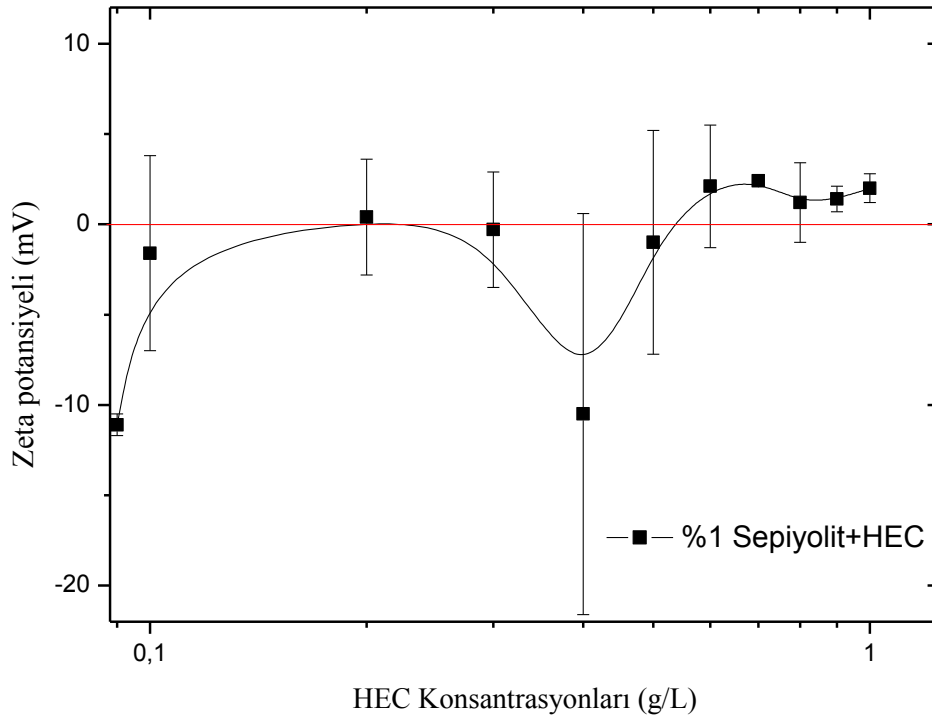
Sepiyolit ve HEC bentonit ve HEC e benzer bir davranış sergilemektedir. İlk ilavelerde HEC sepiyolit'in sahip olduğu kenar yüzey ve yüzey yüzey etkileşimleri azaltmış, dispersant etkiye neden olmuştur. Artan ilavelerde ise yüzeye tutunan polimerler kil numunelerinin flokülasyonuna neden olmuş ve akış parametrelerini azaltmıştır. (Şekil 8.15)



Şekil 8.15 : (a)Plastik viskozite değerlerinin HEC konsantrasyonları ile (b)akma-gerilme noktalarının HEC konsantrasyonları ile değişim grafiği.

8.5.2.3 Elektrokinetik ölçümü

Numuneler zeta potansiyel ölçümleri Malvern 2000 Zetasizer'da ölçülmüştür. Zeta potansiyeli ölçümleri için numunelerin seyreltik olması gerektiğinden numuneler santrifüj makinesinde 6000 rpm'de 15 dakika içinde çöktürülmüştür. Numunelerin seyreltik kısımlarının mobiliteleri ve zeta potansiyelleri 10'ar kez ölçülüp ortalamaları alınmıştır.



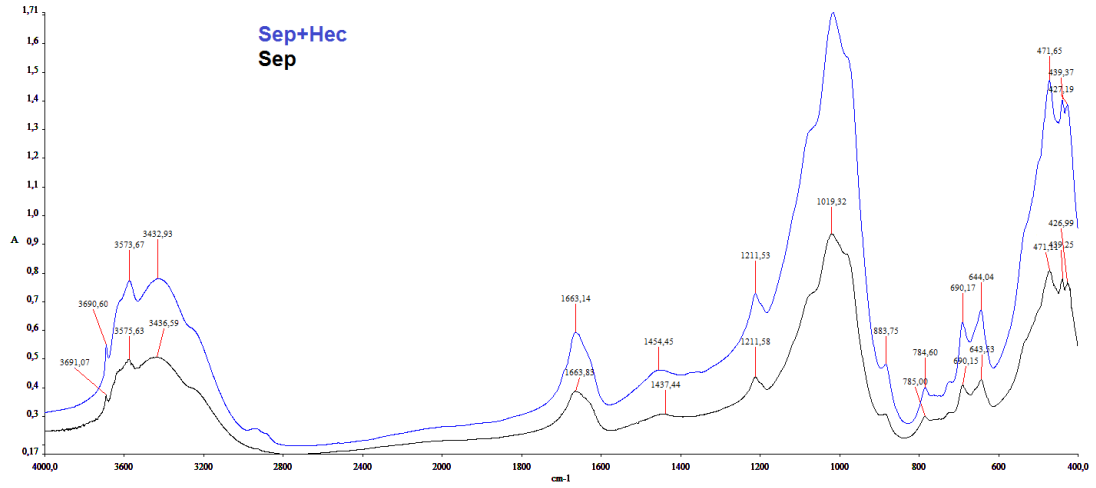
Şekil 8.16 : HEC konsantrasyonu-zeta potansiyeli grafiği.

HEC polimeri ilk ilavelerden itibaren sepiyolitın yüzeyini kaplamış ve izoelektrik noktaya ulaşmasını sağlamıştır. Son ilavelerde görülen pozitif yükler ortamda açık sepiyolit yüzeyinin olmadığını ve katyonik olan HEC polimerinin yüzeylerde etkin olduğunu göstermektedir.

8.5.2.4 XRD ölçümü

Sepiyolit lifsi yapısı nedeniyle, polimerler sepiyolitın tabakaların arasına giremez, sadece yüzeylere tutunur. Bu yüzden sepiyolit içeren numunelerin x-ışınları difraksiyon analizi yapılmamıştır.

8.5.2.5 FTIR ölçümü



Şekil 8.17 : 0,8g/L HEC konsantrasyonu içeren sepiyolit ve katkısız sepiyolit dispersiyonların FTIR analiz grafiği.

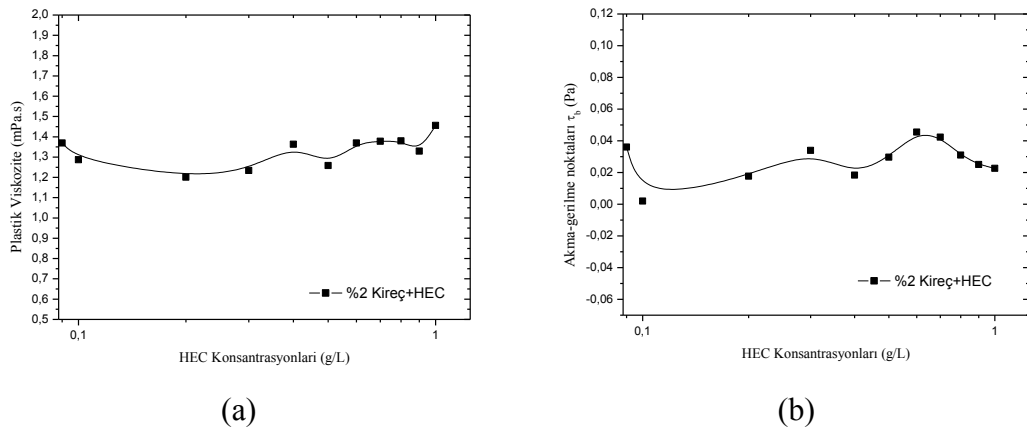
Sepiyolit ve HEC polimeri arasında herhangi bir atomik/moleküler bağlanma olmadığı sepiyolit spektrumunun değişmediğinden anlaşılmaktadır.

8.5.3 Kireç ve HEC etkileşimi

8.5.3.1 Kireç-su ve HEC karışımının hazırlanması

Deneyde %4'lük(w/w) kireç stok ve 2gr/L'lik HEC stok hazırlanmıştır. Bu stoklar kullanılarak 10 tane ayrı HEC konsantrasyonu ve %2(w/w) katı oranında kil içeren dispersiyonlar hazırlanmıştır.

8.5.3.2 Reolojik ölçümü



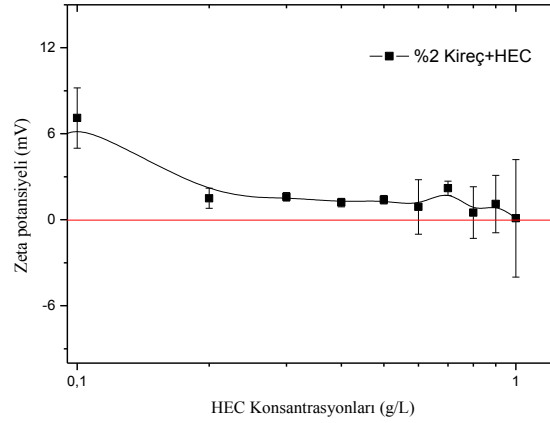
Şekil 8.18 : (a)Plastik viskozite değerlerinin HEC konsantrasyonları ile (b)akma-gerilme noktalarının HEC konsantrasyonları ile değişim grafiği.

Hazırlanan 10 farklı konsantrasyonlu numunelerin kireç ile HEC polimerin etkileşimine bakılmıştır. Reolojik ölçümler Brookfield marka DV-III model reometrede ölçülmüştür.

Kirecin akış parametrelerine HEC polimerinin herhangi bir etkisinin olmadığı reolojik parametrelerin değişmediğinden anlaşılmaktadır.

8.5.3.3 Elektrokinetik ölçümü

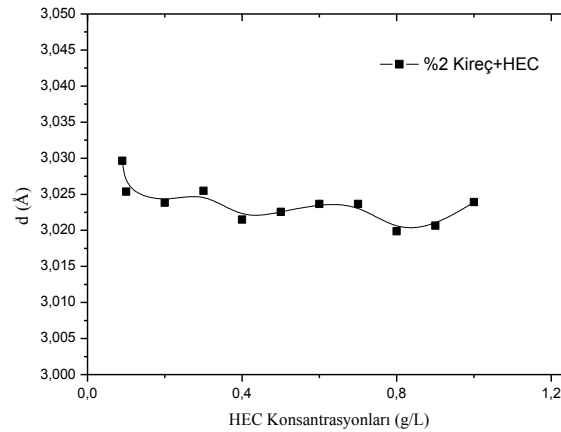
Numuneler zeta potansiyel ölçümleri Malvern 2000 Zetasizer’da ölçülmüştür. Zeta potansiyeli ölçümleri için numunelerin seyreltik olması gerektiğinden numuneler santrifüj makinesinde 6000 rpm’de 15 dakika içinde çöktürülmüştür. Numunelerin seyreltik kısımlarının mobiliteleri ve zeta potansiyelleri 10’ar kez ölçülüp ortalamaları alınmıştır.



Şekil 8.19 : HEC konsantrasyonu-zeta potansiyeli grafiği.

HEC polimeri kirecin yüzeylerine tutunmamaktadır.

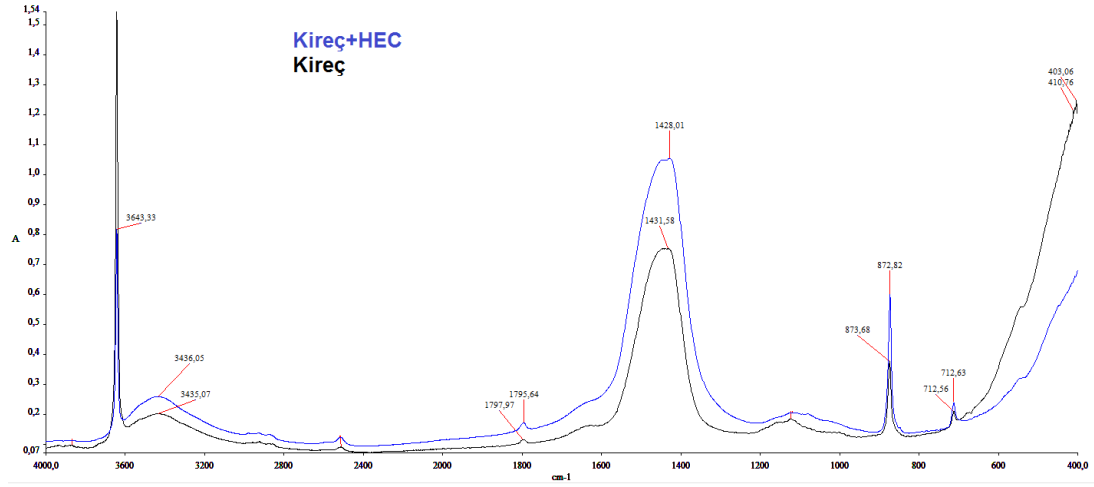
8.5.3.4 XRD ölçümü



Şekil 8.20 : Kireç-HEC X-ışını difraksiyonun ölçüm sonuçları grafiği.

HEC polimeri kirecin kristal yapısında herhangi bir değişikliğe neden olmamıştır.

8.5.3.5 FTIR



Şekil 8.21 : 0,8g/L HEC konsantrasyonu içeren kireç ve katkısız kireç dispersiyonların FTIR analiz grafiği.

Kireç ve HEC polimeri arasında herhangi bir atomik/moleküler bağlanma olmadığı kirecin spektrumunun değişmediğinden anlaşılmaktadır.

8.6 Kil Minerallerine Nişasta Polimeri İlave Edilmesi

8.6.1 Bentonit ve nişasta etkileşimi

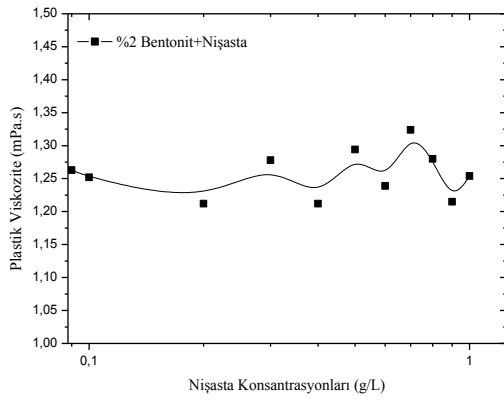
Nişasta, sondaj sıvılarında polimer olarak sıklıkla kullanılır. Ne tür etkileşimleri olduğu araştırılıp özelliklerine bakılmıştır.

8.6.1.1 Bentonit-su ve nişasta karışımının hazırlanması

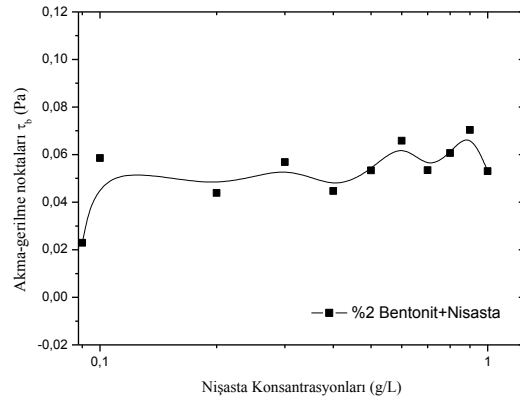
Deneyde %4'lük(w/w) bentonit stok ve 2gr/L'lik nişasta stok hazırlanmıştır. Bu stoklar kullanılarak 10 tane ayrı HEC konsantrasyonu ve %2(w/w) katı oranında kil içeren dispersiyonlar hazırlanmıştır.

8.6.1.2 Reolojik ölçüm

Hazırlanan 10 farklı konsantrasyonlu numunelerin bentonit ile nişasta polimerin etkileşimine bakılmıştır. Reolojik ölçümler Brookfield marka DV-III model reometrede ölçülmüştür.



(a)

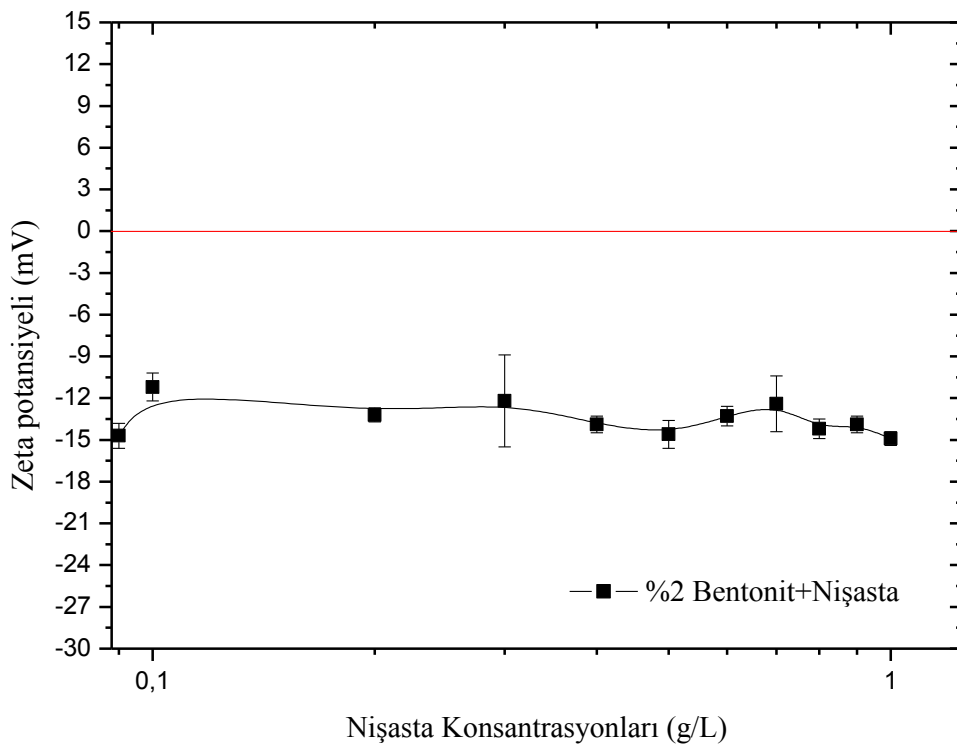


(b)

Şekil 8.22 : (a)Plastik viskozite değerlerinin nişasta konsantrasyonları ile (b)akma-gerilme noktalarının nişasta konsantrasyonları ile değişim grafiği.

Nişasta ve bentonit arasında dispersiyonların akış özelliklerini değiştirecek türden herhangi bir etkileşim gözlenmemiştir.

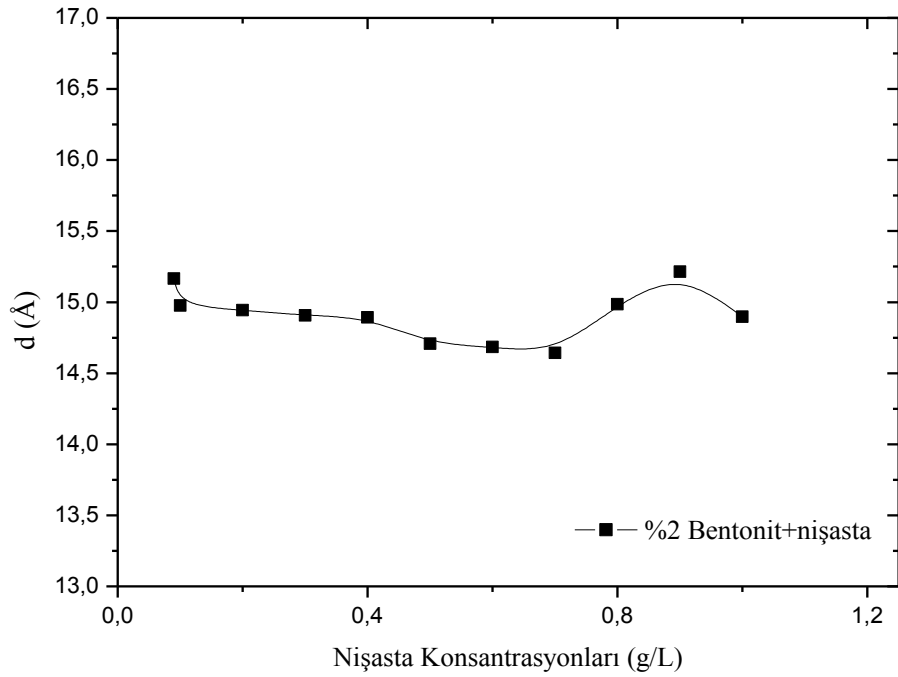
8.6.1.3 Elektrokinetik ölçümü



Şekil 8.23 : Nişasta konsantrasyonu-zeta potansiyeli grafiği.

Niştastanın bentonit yüzeylerine tutunmadığı zeta potansiyel değerlerinin değişmemesinden anlaşılmaktadır. Reolojik ve elektrokinetik parametreler bentonit ve nişasta arasında herhangi bir etkileşme olmadığını göstermektedir.

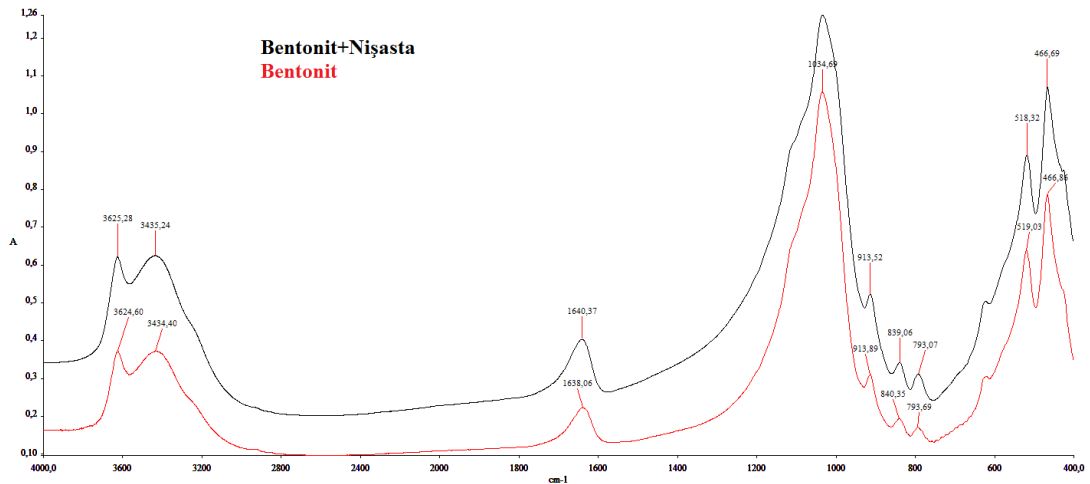
8.6.1.4 XRD ölçümü



Şekil 8.24 : Bentonit-nişasta X-ışını difraksiyonun ölçüm sonuçları grafiği.

Nişasta bentonitin tabaka aralarına girmemiş ve d_{001} mesafelerinde herhangi bir değişime neden olmamıştır.

8.6.1.5 FTIR



Şekil 8.25 : 0,8g/L nişasta konsantrasyonu içeren bentonit ve katkısız bentonit dispersiyonların FTIR analiz grafiği.

Şekil 8.25'te görüldüğü gibi bentonit kilinin karakteristik spektrumu nişasta ilavesi ile değişmemiştir. Bu sonuçtan kil ile polimer arasında herhangi bir hidrojen yada karbon bağı oluşmadığı anlaşılmaktadır.

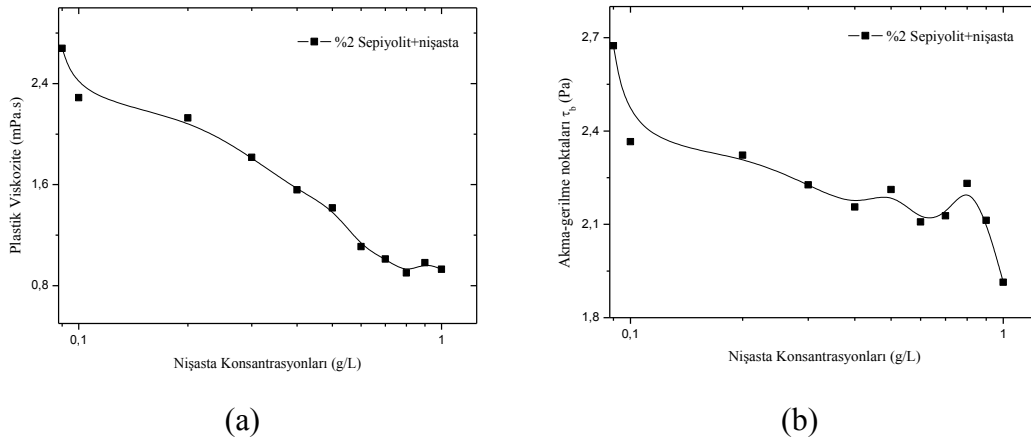
8.6.2 Sepiyolit ve nişasta etkileşimi

8.6.2.1 Sepiyolit-su ve nişasta karışımının hazırlanması

Deneyde %4'lük(w/w) sepiyolit stok ve 2gr/L'lik nişasta stok hazırlanmıştır. %4'lük(w/w) sepiyolit stok, sepiyolit lifli yapısından dolayı mekanik karıştırıcıda karıştırılmıştır. Bu stoklar kullanılarak 10 tane ayrı HEC konsantrasyonu ve %2(w/w) katı oranında kil içeren dispersiyonlar hazırlanmıştır.

8.6.2.2 Reolojik ölçümü

Hazırlanan 10 farklı konsantrasyonlu numunelerin bentonit ile nişasta polimerin etkileşimine bakılmıştır. Reolojik ölçümler Brookfield marka DV-III model reometrede ölçülmüştür.

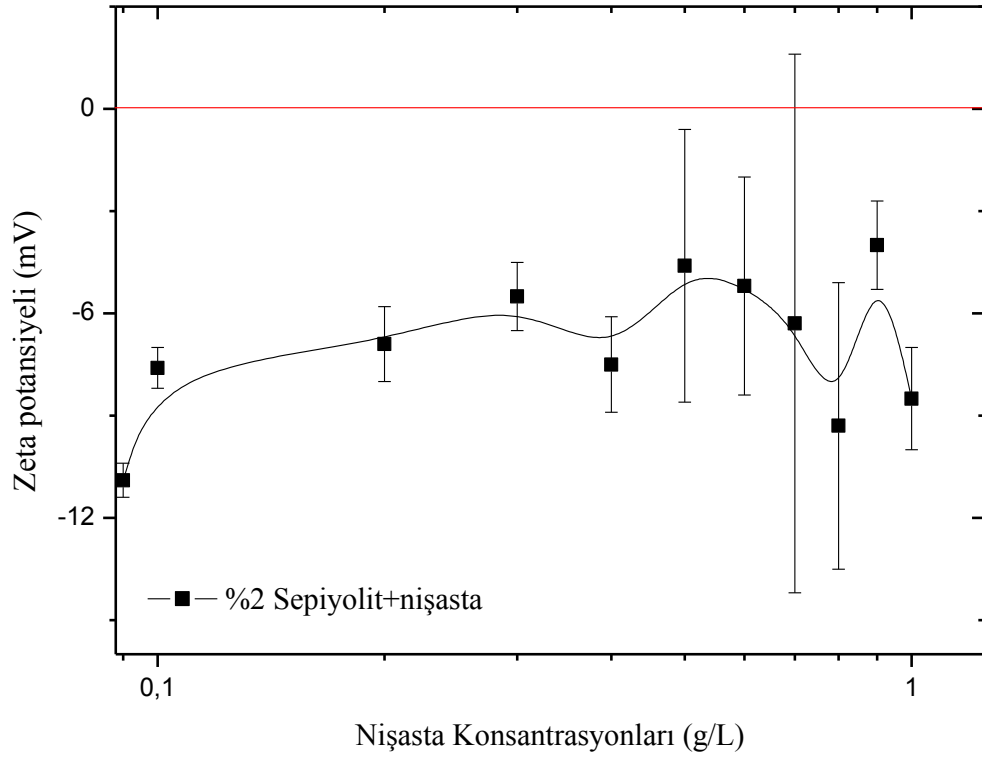


Şekil 8.26 : (a)Plastik viskozite değerlerinin nişasta konsantrasyonları ile (b)akma gerilme noktalarının nişasta konsantrasyonları ile değişim grafiği.

Reolojik parametreler nişastanın sepiyolit parçacıklarının flokülasyonuna neden olduğunu işaret etmektedir. Ancak, hazırladığımız sepiyolit dispersiyonlarında herhangi bir çökme gözlemlenmedi. Bu durumda nişastanın sepiyolit parçacıkları arasında bulunan etkileşimlerini kopardığını ortamdaki serbest su miktarının artmasından dolayı viskozitenin azalmasının söz konusu olduğu düşünülmektedir. Akma gerilme değerlerindeki düşüş de bu düşüncüyü desteklemektedir. Son ilavelerde ise viskozitenin sabit olması stabilizasyonu işaret etmektedir.

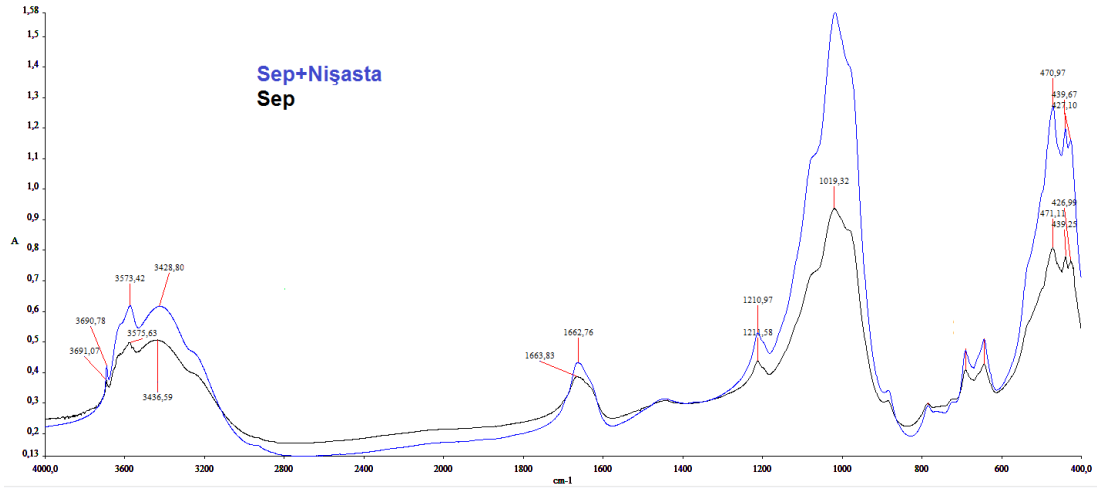
8.6.2.3 Elektrokinetik ölçümü

Nişastanın sepiyolit yüzeylerine çok az tutunduğu ve kararsız yük dağılımı nedeni ile hata payının yüksek olduğu ölçümlerde gözlenmiştir.



Şekil 8.27 : Nişasta konsantrasyonu-zeta potansiyeli grafiği.

8.6.2.4 FTIR



Şekil 8.28 : 0,8g/L nişasta konsantrasyonu içeren sepiyolit ve katkısız sepiyolit dispersiyonların FTIR analiz grafiği.

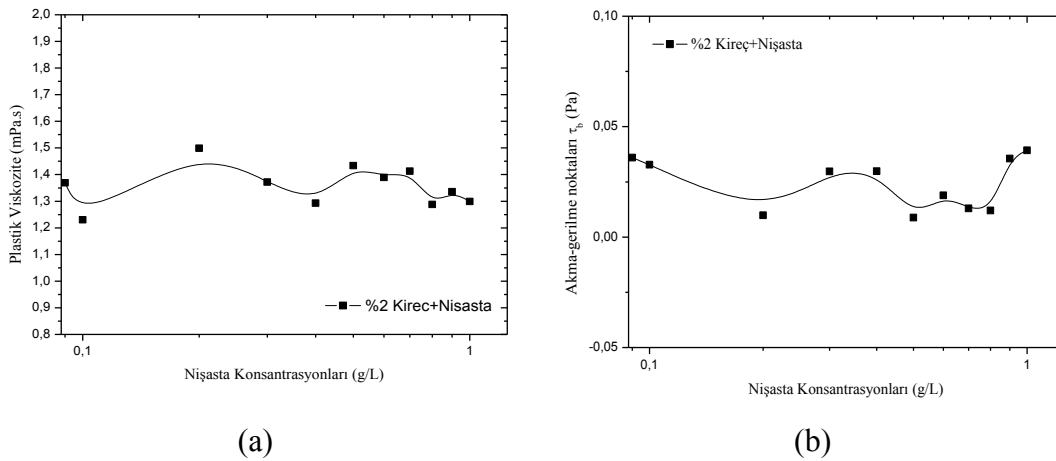
Sepiyolit ve nişasta polimeri arasında herhangi bir atomik/moleküler bağlanma olmadığı sepiyolit spektrumunun değişmediğinden anlaşılmaktadır.

8.6.3 Kireç ve nişasta etkileşimi

8.6.3.1 Kireç-su ve nişasta karışımının hazırlanması

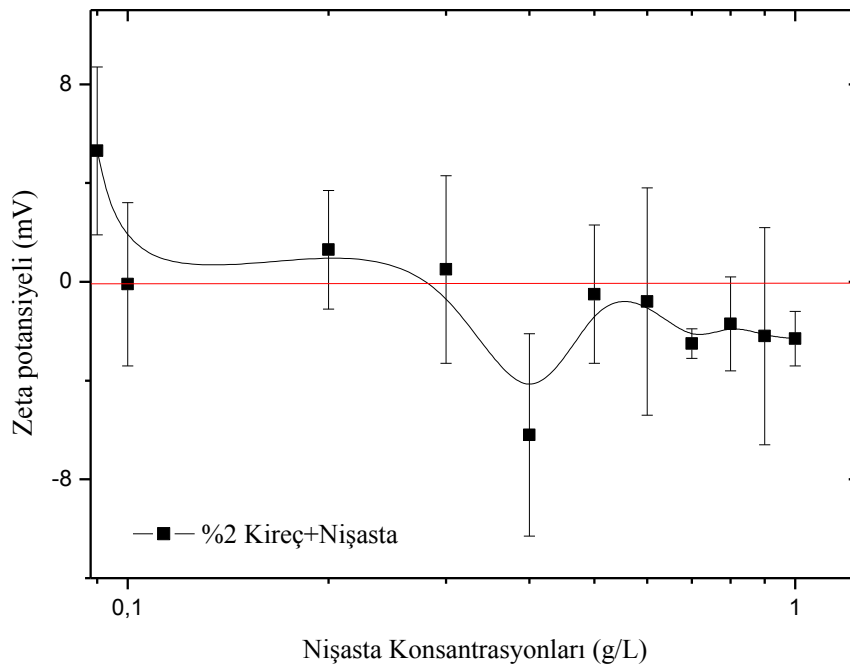
Deneyde %4'lük(w/w) kireç stok ve 2gr/L'lik nişasta stok hazırlanmıştır. Bu stoklar kullanılarak 10 tane ayrı HEC konsantrasyonu ve %2(w/w) katı oranında kil içeren dispersiyonlar hazırlanmıştır.

8.6.3.2 Reolojik ölçümü



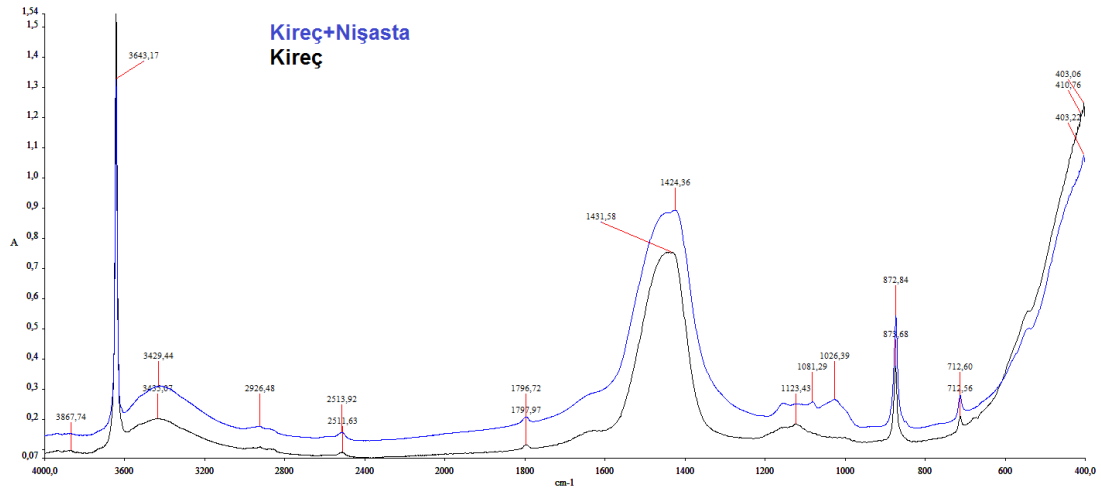
Şekil 8.29 : (a)Plastik viskozite değerlerinin nişasta konsantrasyonları ile (b)akma-gerilme noktalarının nişasta konsantrasyonları ile değişim grafiği.

8.6.3.3 Elektrokinetik ölçümü



Şekil 8.30 : Nişasta konsantrasyonu-zeta potansiyeli grafiği.

8.6.3.4 FTIR



Şekil 8.31 : 0,8g/L nişasta konsantrasyonu içeren kireç ve katkısız kireç dispersiyonların FTIR analiz grafiği.

Kireç ve nişasta polimeri arasında herhangi bir atomik/moleküler bağlanma olmadığı kirecin spektrumunun değişmediğinden anlaşılmaktadır.

8.7 Sondaj Çamurları

8.7.1 Hazırlanması

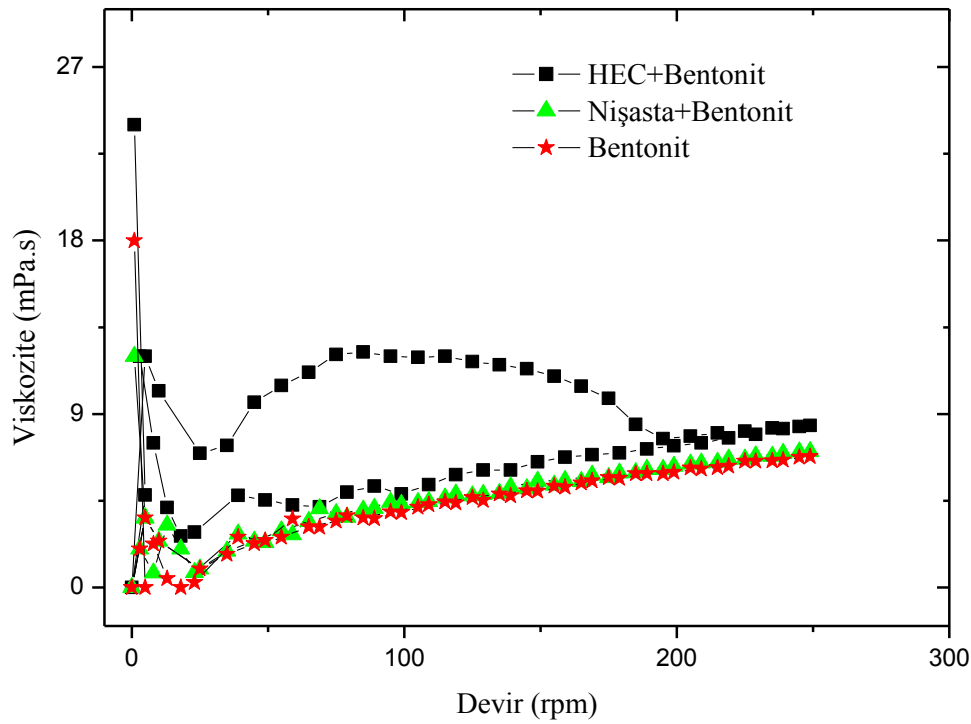
Önceki bölümde killerin polimerlerle nasıl etkileştiklerini reolojik ve zeta potansiyeli ölçümleriyle incelendi. Çizilen grafiğe bakılarak sondaj çamuru uygulaması için bentonit ve sepiyolitın uygun polimer konsantrasyonu seçildi. Etkileşimlere bakıldığında killerin yüzeylerini tamamen kaplayan ve stabilizasyonun gözlemlendiği konsantrasyon olan 1g/L lik polimer ilavesinin uygun olduğuna karar verildi. API standartlarına göre kil-su oranı 350ml’de 22,5 g kil olmalıdır. API standardın oranı korunarak 32,65 gramı katı olacak şekilde 500 ml’lik 7 çeşit sondaj çamuru hazırlandı. Bu 7 adet sondaj çamuru;

- Bentonit
- HEC+Bentonit
- Nişasta+Bentonit
- HEC+Bentonit+Sepiyolit
- Nişasta+Bentonit+Sepiyolit
- HEC+Bentonit+Kireç
- Nişasta+Bentonit+Kireç

Sondaj uygulamalarında bentonit su tutan kil olarak bilinir. Sepiyolit sistemin hem yüksek sıcaklıklarda hem düşük sıcaklıklarda non-newtoniyen akış ve yüksek viskozite özelliği gösterir, ancak su tutma özelliği düşüktür. Kireç ise sondaj çamurların çöktürülmesinde kullanılır. Dolayısıyla farklı kombinasyonlar, sistemin akış özelliklerini iyileştirme veya çöktürme amacıyla hazırlanmıştır. Günümüzde polimer olarak HEC hiç kullanılmamış, nişasta ise çok kullanılan bir katkı malzemesidir. Bu sistemlerin birbiriyle etkileşimleri ve aralarındaki farklılıkları incelenmiştir.

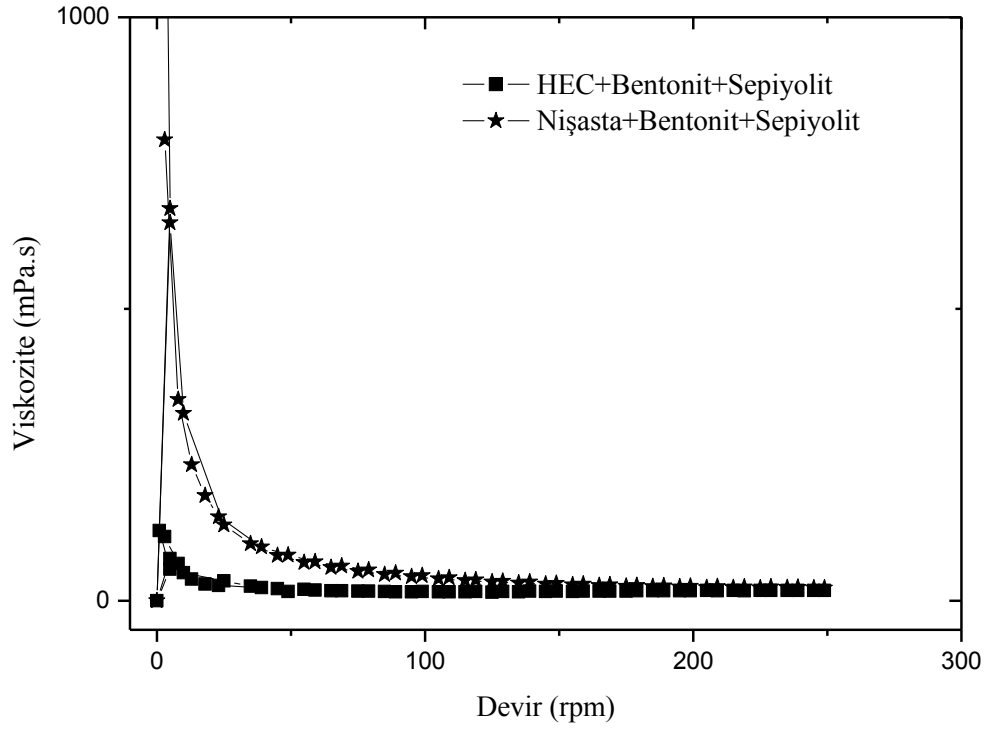
8.7.2 Reoloji ölçümleri

7 farklı sondaj çamurun reolojik ölçümleri Brookfield marka DV-III model reometrede ölçülmüştür. Sepiyolitli karışımların viskozitesi çok yüksek olduğundan diğer 5 sondaj çamurun grafiği ayrı yerde çizilmiştir.

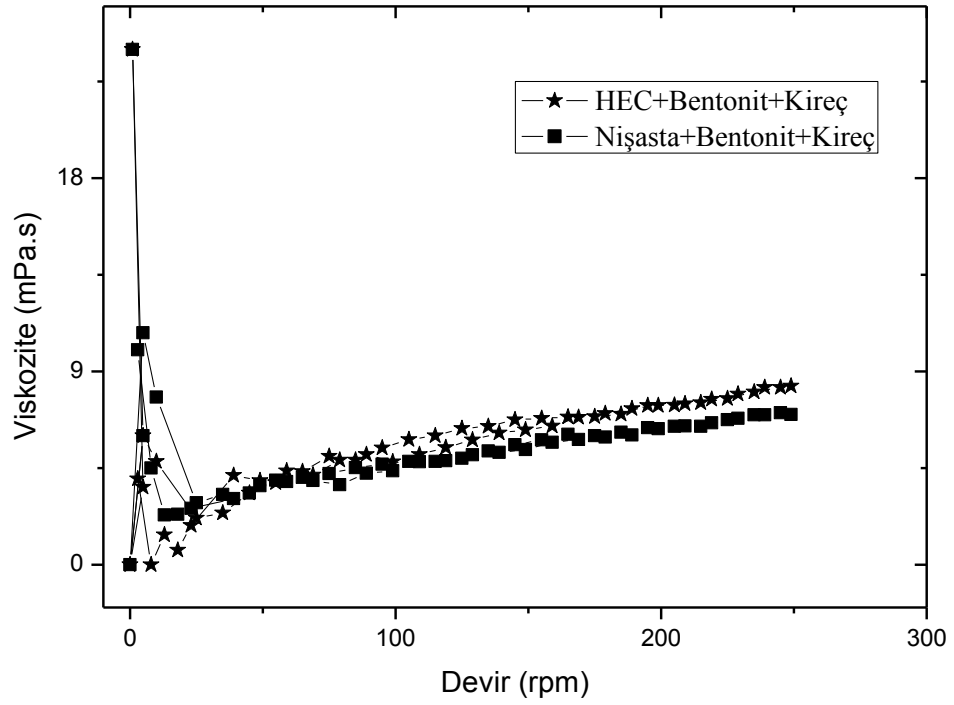


Şekil 8.32 : Bentonit ve bentonit-polimer sondaj çamurlarının viskozite-devir grafiği.

HEC polimeri bentonitin viskozite değerlerini ciddi oranda arttırmıştır. Nişasta ve bentonit birbirine yakın akışlar sergilemiştir.



Şekil 8.33 : Sepiyolit karışımli sondaj çamurların viskozite-devir grafiğı.



Şekil 8.34 : Kireç karışımli sondaj çamurların viskozite-devir grafiğı.

Sisteme kireç ilave edildiğinde HEC, nişasta ve bentonit benzer akışlar göstermiş ve çökmüşlerdir. HEC ilavesi ile elde edilen yüksek viskozite değerleri kireç ilavesi ile istenilen şekilde azalmıştır.

Çizelge 8.2 : Sondaj çamurların belirli hızlardaki görünür viskozite değerleri.

Numune	Görünür Viskozite			
	55rpm	105rpm	155rpm	205rpm
Bentonit	2,62	4,17	5,26	6,20
HEC+Bentonit	10,47	11,94	10,95	7,84
Nişasta+Bentonit	2,94	4,40	5,30	6,41
HEC+Bentonit+Sepiyolit	19,09	15,14	15,67	17,12
Nişasta+Bentonit+Sepiyolit	65,44	37,42	27,10	22,53
HEC+Bentonit+Kireç	3,82	5,82	6,81	7,43
Nişasta+Bentonit+Kireç	3,92	4,79	5,81	6,44

Beklendiği gibi sepiyolit viskozite değerlerini arttırmış, kireç ise azaltmıştır. Nişasta ve HEC in bentonitli sondaj çamurları karşılaştırıldığında ise HEC li numunelerin nişastaya göre daha yüksek viskozite değerlerine sahip olduğu görülmektedir. HEC kireç ilavelerinde ise nişastalı numunelerden daha düşük viskozite değerlerine sahiptir, bu da çöktürme amaçlı kullanılan kireç uygulamalarında istenilen bir özelliktir. Sepiyolit ilaveli sondaj çamurlarında ise nişastanın daha yüksek viskozite değerleri verdiği görülmektedir.

8.7.3 Filtreleme, kek kalınlığı ve pH testi

Hazırlanan 7 adet farklı sondaj çamurlarının filtreleme özelliğine ve kek kalınlığına bakıldı. Filtreleme testinde belli aralıklarla 30 dakikaya kadar süzülen sıvının miktarı ölçüldü. Süzülme bittiğinde kekin kalınlığı kumpasla ölçüldü. PH'larına da bakıldı.

8.7.3.1 Bentonit sondaj çamuru

Kek kalınlığı ortalama 0,88 cm ölçüldü. PH değeri 5-6 arası çıktı.

8.7.3.2 HEC+Bentonit sondaj çamuru

Kek kalınlığı ortalama 1,32 cm ölçüldü. PH değeri 6-7 arası çıktı.

8.7.3.3 Nişasta+Bentonit sondaj çamuru

Kek kalınlığı ortalama 0,92 cm ölçüldü. PH değeri 6 çıktı.

HEC ilavesi ile hazırlanan sondaj çamurunun kek kalınlığının fazla olması su tutma özelliğinin daha iyi olduğu anlamına gelmektedir. HEC ile nişasta karşılaştırıldığında HEC ilaveli bentonit numunesinin daha iyi olduğu görülmektedir.

8.7.3.4 HEC+Bentonit+Sepiyolit sondaj çamuru

Kek kalınlığı ortalama 1,34 cm ölçüldü. PH değeri 6-7 arası çıktı.

8.7.3.5 Nişasta+Bentonit+Sepiyolit sondaj çamuru

Kek kalınlığı ortalama 1,04 cm ölçüldü. PH değeri 6-7 arası çıktı.

Sepiyolit ilavesi akış özelliklerini geliştirmiştir ancak sistemin su tutma kapasitesini düşürmüştür. Yinede HEC ilaveli sepiyolit katkılı sondaj çamuru bentonit+nişasta sondaj çamurundan çok daha iyi su tutma özelliğine sahiptir.

8.7.3.6 HEC+Bentonit+Kireç sondaj çamuru

Kek kalınlığı ortalama 0,95 cm ölçüldü. PH değeri 12 çıktı.

8.7.3.7 Nişasta+Bentonit+Kireç sondaj çamuru

Kek kalınlığı ortalama 0,66 cm ölçüldü. PH değeri 9-10 arası çıktı.

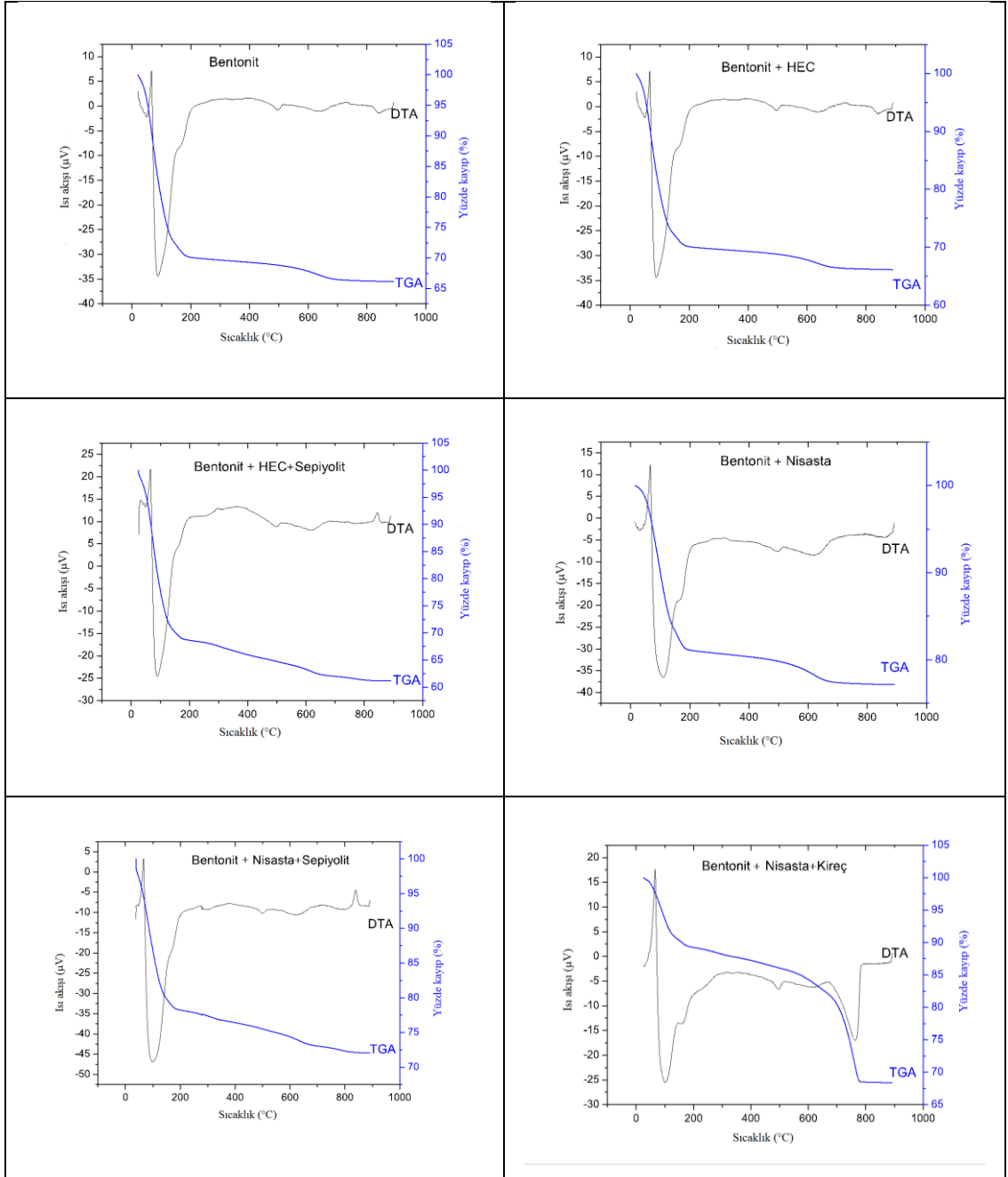
Beklendiği gibi kireç numunesi sondaj çamurunu çöktürmekte dolayısıyla çok kısa sürede sistemden su ayrılabilir. Çöktürme işleminin ardından kek kalınlığı HEC li numuneler için daha küçük değerler vermektedir.

Çizelge 8.3 : 7 adet farklı sondaj çamurların filtreleme test sonuçları.

	Bentonit	Bent+HEC	Bent+Nişasta	Bent+Sep+HEC	Bent+Sep+Nişasta	Bent+HEC+Kireç	Bent+Nişasta+Kireç
Süre(dakika)	Süzülen Su(ml)	Süzülen Su(ml)	Süzülen Su(ml)	Süzülen Su(ml)	Süzülen Su(ml)	Süzülen Su(ml)	Süzülen Su(ml)
0,5	25	50	27,5	50	25	115	137,5
2	50	80	50	85	45	167,5	187,5
3	62,5	95	60	102	50	227,5	247,5
5	75	117,5	72,5	133	62,5		
7	87,5	139,5	84	159	75		
7,5	90	148,5	87	165,5	77,5		
10	104,5	167,5	99,5	191,5	87,5		
15	128	200	119,5	215	110		
20	148	225	136		125		
25	166		150,5		140		
30	181,5		163,5		153		

8.7.4 Sondaj çamurlarının termal özellikleri

DT-TGA ölçümleri Perkin Elmer Diamond cihazında 20 °C/min hızında 30 ile 900 °C aralığında argon atmosferinde yapılmıştır. Numuneler ölçümlerden önce oda sıcaklığında kurutulmuştur. Bentonitte iki tane su kaybı gözlenmiştir. Bunlardan birincisi 66°C da yüzeylerdeki suyun uçması yani hidrasyon suyu kaybıdır. Diğeri ise 496 °C de yapısal suyun kaybıdır. Şekil 8.35'te sondaj çamurlarının DT-TGA eğrileri verilmiştir.



Şekil 8.35 : Sondaj çamurlarının DT-TGA eğri grafikleri.

Çizelge 8.4 : Sondaj çamurlarının DT-TGA eğrilerinden belirlenen termal parametreler.

Sondaj Çamuru	Yüzey su kaybı (°C)	Yapısal su kaybı (°C)	780 °C kalan madde miktarı (%)
Bentonit	66	496	66
Bentonit+HEC	66,4	496	66
Bentonit+Nişasta	65,9	497	77
Bentonit+HEC+Sepiyolit	65,8	499	61
Bentonit+Nişasta+Sepiyolit	66,1	500	72,5
Bentonit+HEC+Kireç	66,2	493	60
Bentonit+Nişasta+Kireç	65,7	497	68

Polimer ilavesi su kaybı sıcaklıklarında ciddi bir artışa neden olmamıştır. Ancak HEC ve nişasta polimerleri karşılaştırıldığında HEC polimeri su kaybı sıcaklıklarını arttırırken nişasta düşürmüştür.

TGA sonuçlarına bakıldığında ise yüksek sıcaklıklar ardından kalan madde miktarları yine birbirine çok yakındır. Ancak kalan madde miktarları nişasta ilaveli numuneler HEC ilavelilere oranla daha yüksek orandadır.

HEC yada nişasta ilavesi ile termal dayanımlarda ciddi bir iyileşme gözlenmemiştir. Yüksek sıcaklıklarda yüksek dayanım gösteren sepiyolit kili sadece yapısal su kaybının birkaç derece sonra olmasına neden olmakla birlikte su kaybının fazla olmasından dolayı sadece bentonit ilaveli numunelere kıyasla daha çok madde kaybı oluşmuştur.

9. SONUÇ

Çalışmalarda yüksek adsorblanma ve şişme özelliği olan Balıkkесir Bigadiç Dereiçi Ca-Bentonit kili, Eskişehir bölgesinden temin edilen, viskozitesi yüksek, lifli yapısı olan, kremсі özellik gösteren sepiyolit minerali ve kireç (sönmüş kireç) olmak üzere 3 farklı malzemeyle çalışılmıştır.

%1,2,3 ve 4'lük(w/w) konsantrasyonlarda hazırlanan bentonit, sepiyolit ve kireç dispersiyonların reolojik özelliklerine bakılmıştır. Bentonit ve kireç süspansiyonlar newtoniyen akış yada ideal Bingham akış modeline uydukları, sepiyolit in ise plastik akış modeline uyduğı görölmüşür. Bu killerin karakteristik özelliklerine de bakılmıştır.

Deneysel çalışmalarda sondaj sıvılarında kullanılacak olan killerin viskozitesini arttırmak, sıvı kaybını önlemek ve akış özelliklerini iyileştirmek amacıyla değışik konsantrasyonlarda HEC ve nişasta kullanılmıştır.

Bentonit ve HEC dispersiyonunda HEC polimerin plastik viskozitesini arttırdığı görölmüşür. Konsantrasyon miktarı arttıkça HEC polimerin yüzeye iyice tutunduğundan akışa daha büyük direnç gösterdiği anlaşılmıştır. Elektrokinetik özelliklerine bakıldığında negatif yük taşıyan kil taneciklerini HEC konsantrasyonu arttıkça polimerler tarafından tamamen kaplandıkları görölmüşür ve bu durum reolojik ölçüm sonuçlarıyla uyumludur. X-ışını difraksiyon analizine bakıldığında yüksek konsantrasyonlarda tabakalar arası d mesafesinin değışmediğı görölmüşür.

Sepiyolit ve HEC süspansiyonlarında HEC polimerin katkısı viskozite orta konsantrasyonlarda gözle görölür bir artış tespit edilmiştir. Yüksek konsantrasyonlara doğıru çıkıldıkça viskozitenin azaldığı görölmüşür. Tiksotropik bir davranış göstermiştir. Elektrokinetik özelliklerinde polimerlerin zeta potansiyel sonuçlarına göre sayısız büyüklükte iğne şekilli demetlerden oluşan sepiyolit in sadece yüzeylerine tutunduğunu ve tabakalar arasına girmedığı anlaşılmıştır. Bu yüzden x-ışını difraksiyon analizi yapılmamıştır.

Kireç HEC, nişasta dispersiyonlarda reolojik, zeta potansiyeli ve XRD ölçüm sonuçlarına bakıldığında kirecin polimerlerle hiç etkileşmediğı görölmüşür.

Nişasta polimerin killere etkileşmesine bakılmıştır. Fakat nişasta polimerin killerin dağılmasına ya da topaklanmasına sebep olmadığı gözlenmiştir. Yüzeylerine tutunmamakta ya da tabakalar arasına girmemekte kısacası hiç etkileşmediğı görölmektedir.

Hazırlanan sondaj çamurların reolojik özelliklerine bakıldığında en iyi sonuçlar polimer, sepiyolit ve bentonit karışımında gözlenmiştir. HEC yada nişasta polimerleri ilavesi ile bentonitin viskozite değerleri artmaktadır. Ortamın viskozite değerlerini ve akış davranışını sepiyolit ilave ederek daha da arttırabildiğimiz gözlenmiştir. Ancak su tutabilme özelliğine bakıldığında sepiyolit ilavesinin ortamdaki suyu tutmakta sadece bentonit ve polimer tutan numunelerden daha başarılı olduğu gözlenmektedir.

HEC ya da nişasta ilavesi termal dayanımlarda ciddi bir iyileşme göstermemiştir. Sepiyolit akış özelliklerini iyileştirmiştir ve yüksek sıcaklıklarda dayanımı arttırmıştır.

Kireç ilavesi ile çöktürülen sistemlere HEC ilaveli bentonitler daha hızlı cevap vermektedir.

Sondaj çamuru uygulamalarında kullanılan nişasta polimerinden daha yüksek viskozite değerleri ve kek kalınlığı veren HEC polimerinin, bu tür uygulamalarda daha başarılı olacağı sonucuna varılmıştır.

KAYNAKLAR

- [1] **Company, A. P.** (1994) Amoco Drilling Fluids Manual.
- [2] **HUGHES, B.** (2006) Drilling Fluids Reference Manual.
- [3] **Güngör, N.** (1981) Bentonit kil minerallerinin yapı ve özellikleri üzerine değişebilen katyonlarının etkilerinin fiziksel yöntemlerle incelenmesi, Doktora Tezi, İ.T.Ü. Temel Bilimler Fakültesi, İstanbul.
- [4] **Alemdar, A.** (2001) Bentonit ve montmorillonit dispersiyonlarının reolojik, viskoelastik, kolloidal özellikleri üzerine organik ve inorganik katkıların etkisi, Doktora Tezi, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [5] **Murray, H. H.** (2006) Applied Clay Mineralogy.
- [6] **Erdinç, Ş. Ş.** (1976) Bentonitlerin metalürijideki uygulamalar yönünden araştırılması ve Reşadiye bentonitlerinin bu açıdan incelenmesi, Doktora Tezi, İ.T.Ü. Maden Fakültesi, İstanbul.
- [7] **Chivrac, F., Pollet, E., Schmutz, M., and Averous, L.** (2010) Starch nanobiocomposites based on needle-like sepiolite clays, *Carbohydrate Polymers* 80, 145-153.
- [8] **Galan, E., and Ferrero, A.** (1982) Palygorskite-Sepiolite Clays of Lebrija, Southern Spain, *Clays and Clay Minerals* 30, 191-199.
- [9] **Sugiura, M., Horii, M., Hayashi, H., and Sasayama, M.** (1996) Application of sepiolite to prevent bleeding and blooming for EPDM rubber composition, *Applied Clay Science* 11, 89-97.
- [10] **Bispo, T. S., Barin, G. B., Gimenez, I. F., and Barreto, L. S.** (2011) Semiconductor carbon composite from coir dust and sepiolite, *Materials Characterization* 62, 143-147.
- [11] **Franchini, E., Galy, J., and Gerard, J. F.** (2009) Sepiolite-based epoxy nanocomposites: Relation between processing, rheology, and morphology, *Journal of Colloid and Interface Science* 329, 38-47.
- [12] **Chen, H. X., Zeng, D. L., Xiao, X. Q., Zheng, M. S., Ke, C. M., and Li, Y. J.** (2011) Influence of organic modification on the structure and properties of polyurethane/sepiolite nanocomposites, *Materials Science and Engineering a-Structural Materials Properties Microstructure and Processing* 528, 1656-1661.
- [13] **Erkut, H., and Tüzün, Ş.** (1984) Kolloid Kimya, Güryay Matbaacılık, İstanbul.
- [14] **Patfoort, G. A.** (1984) Polymers, Scientific Publishers, Belgium.
- [15] **Dean, B. R., and Baysal, B.** (1956) Modern Kolloidler, Şirketi Murettebiye Basımevi, İstanbul.
- [16] **Ring, S. G., Colonna, P., Ianson, K. J., Kalichevsky, M. T., Miles, M. J., Morris, V. J., and Orford, P. D.** (1987) The Gelation and Crystallization of Amylopectin, *Carbohydrate Research* 162, 277-293.
- [17] **Forssell, P., Lahtinen, R., Lahelin, M., and Myllarinen, P.** (2002) Oxygen permeability of amylose and amylopectin films, *Carbohydrate Polymers* 47, 125-129.
- [18] **Krogars, K., Antikainen, O., Heinamaki, J., Laitinen, N., and Yliruusi, J.** (2002) Tablet film-coating with amylose-rich maize starch, *European Journal of Pharmaceutical Sciences* 17, 23-30.

- [19] **Ahamed, N. T., Singhal, R. S., Kulkarni, P. R., and Pal, M.** (1997) Deep fat-fried snacks from blends of soya flour and corn, amaranth and chenopodium starches, *Food Chemistry* 58, 313-317.
- [20] **Gaouar, O., Zakhia, N., Aymard, C., and Rios, G. M.** (1998) Production of maltose syrup by bioconversion of cassava starch in an ultrafiltration reactor, *Industrial Crops and Products* 7, 159-167.
- [21] **Vandesteeg, H. G. M., Dekeizer, A., Stuart, M. A. C., and Bijsterbosch, B. H.** (1993) Adsorption of Cationic Amylopectin on Microcrystalline Cellulose, *Colloids and Surfaces a-Physicochemical and Engineering Aspects* 70, 77-89.
- [22] **Barnes, H. A.** (1989) An Introduction to Rheology, Elsevier, Amsterdam - Lausanne - New York - Tokyo - Oxford.
- [23] **Neaman, A., and Singer, A.** (2000) Rheology of Mixed Palygorskite-Montmorillonite Suspensions, *Clays and Clay Minerals* 48.
- [24] **Güven, N., and Clay Minerals Society.** (1992) *Clay-water interface and its rheological implications*, The Clay Minerals Society, Boulder, Colo.
- [25] **Lagaly, G.** (1989) Applied Clay Science.
- [26] **Günister, E.** Bentonit dispersiyonlarına organik ve inorganik katkıların adsorbsiyonunun reolojik özelliklere etkisi Yüksek Lisans Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [27] **Zeta-Meter, I.** (1997) Zeta potential: A Complete Course in 5 Minutes.
- [28] **Hunter, R. J.** (1981) Zeta Potential in Colloid Science Principles and Applications.
- [29] **Url-1** <http://www.marbleport.com/dogal-kaynaklar/32/bentonit>, alındığı tarih: 23.04.2015.
- [30] **Url-2** <http://www.marbleport.com/dogal-kaynaklar/47/kiretasi>, alındığı tarih: 24.04.2015.
- [31] **Url-3** http://www.pharmacopeia.cn/v29240/usp29nf24s0_alpha-2-31.html, alındığı tarih: 24.04.2015.
- [32] **Url-4** <http://infohost.nmt.edu/~petro/faculty/Nguyen/PE311/Presentations/C2>, alındığı tarih: 20.04.2015.

ÖZGEÇMİŞ

Ad Soyad : Eren KARGI

Doğum Yeri ve Tarihi : Köln-ALMANYA 24.02.1988

E-Posta :

ÖĞRENİM DURUMU:

- **Lisans** : 2013, Hacettepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi,
Fizik Mühendisliği