

**MANYEZİTİN YÜZEY ÖZELLİKLERİ VE  
REAKTİF ADSORPLAMA MEKANİZMASI**

**Nermin GENÇE**

**DOKTORA TEZİ**

**Maden Mühendisliği Anabilim Dalı**

**1991**

MANYEZİTİN YÜZEY ÖZELLİKLERİ VE  
REAKTİF ADSORPLAMA MEKANİZMASI

Nermin GENCE

Anadolu Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
Lisansüstü Yönetmeliği Uyarınca  
Maden Mühendisliği Anabilim Dalında  
DOKTORA TEZİ  
Olarak Hazırlanmıştır

Danışman : Doç.Dr.Hüseyin ÖZDAĞ

Nisan - 1991

Anadolu Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
Merkez Kütüphane

Nermin GENÇE'nin DOKTORA TEZİ olarak hazırladığı "Manyezitin Yüzey Özellikleri ve Reaktif Adsorplama Mekanizması" başlıklı bu çalışma, jürimizce lisansüstü yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca değerlendirilerek kabul edilmiştir.

26.04.1991

Başkan : Prof. Dr. Halim Demirel

Üye : Doç. Dr. Hüseyin Özdağ

Üye : Prof. Dr. Rifat Bozkurt

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun 1 MAYIS 1991  
gün ve 276-6 sayılı kararıyla onaylanmıştır.

**Prof. Dr. Rüstem KAYA**  
Enstitü Müdürü

## ÖZET

Manyezit ve serpantinin selektif olarak ayrılmasını sağlamak için, bu minerallerin özelliklerini incelemek ve çeşitli iyonlarla, flotasyon reaktiflerinin flotasyona etkisini araştırmak amacı ile çalışmalar yapılmıştır.

Manyezit-serpantin flotasyonunda flotasyon reaktiflerinin adsorplanma mekanizmalarını incelemek için, saf manyezit ve serpantinin elektrokinetik potansiyeli ve sıfır yük noktası (z.P.c) belirlenmiş, çeşitli iyonların ve flotasyon reaktiflerinin manyezit ve serpantin yüzey özellikleri üzerindeki etkileri incelenmiştir. Adsorpsiyon mekanizmasını açıklamak ve yorumlamak için infrared (IR) spektra çalışmaları yapılmıştır. Saf manyezit ve serpantin sıfır yük noktası pH = 5,8'de oluşmaktadır. Infrared spektrofotometre çalışmaları,  $\text{RCOO}^-$  iyonunun manyezit yüzeyine kimyasal olarak adsorplanmasına karşın, serpantin yüzeyine fiziksel olarak adsorplandığını, diğer reaktiflerin her iki mineralin yüzeyine de fiziksel olarak adsorplandığını göstermektedir. Flotasyon deneylerinde iki yöntem uygulanmıştır. Birincisinde, silikatlar bastırılarak yağ asitleri ve sabunlarla manyezit yüzdürülmüş, ikincisinde de aminlerle silikatlar yüzdürülerek yüzmeyen kısımda manyezit zenginleştirilmiştir.

## SUMMARY

In this study, effects of various ions and flotation reagents in magnesite-serpentine flotation were investigated with the aim of overcoming the problems encountered in selective flotation of magnesite and serpentine.

In order to examine the adsorption mechanism of reagents in magnesite-serpentine flotation, elektrokinetic potential and zero point of charge of pure magnesite and serpentine were determined, the effect of various ions such as,  $Mg^{2+}$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $Na^+$ ,  $CO_3^{--}$ ,  $SiO_3^{--}$ , and flotation reagents such as, oleic acid, sodium oleate, amine and sulfate on surface properties of magnesite and serpentine were examined. Infrared spectra studies were carried out in order to interpret and elucidate the adsorption mechanism in the magnesite-serpentine having z.p.c. (Zero point of charge) at pH5,8. Infrared spectrophotometry studies indicated that  $RCOO^-$  ion was chemically adsorbed on the surface of magnesite, and it was physically adsorbed on the surface of serpentine while other reagents were physically adsorbed on the surfaces of magnesite and serpentine.

Magnesite-serpentine separation was performed in two ways applying froth flotation method. In the direct flotation magnesite was concentrated in the float fraction and in the reverse flotation magnesite was enriched in the sink fraction.

### TEŞEKKÜR

Doktora çalışmalarımın yönetimini kabul ederek, bana bu tezi hazırlama olanağını sağlayan, çalışmam süresince yapıcı eleştirileri ile çalışmalarımı yön veren Sayın Hocam Doç.Dr.Hüseyin ÖZDAĞ'a, öneri ve fikirlerinden yararlandığım Sayın Hocam Prof.Dr.Rifat BOZKURT'a teşekkür ederim.

Laboratuvarlarında çalışma olanağı sağlayan Eskişehir Hava İkmal Bakım Merkez Komutanlığı yetkililerine, Met.Yük.Müh.Binb.Süleyman AY'a, Kim.Yük.Müh.Yzb.Dr.Ö.Lütfü UYANIK'a, tez içindeki şekilleri çizen Öğretim Grv. Hüsnü DÖNMEZ'e, kimyasal analizlerin yapılmasında yardımcı olan Selahaddin ÖNÇEK'e ve tezi yazan A.Ü.Müh.Mim.Fakültesi Maden Müh. Böl.Sekreteri Nurten ŞEN'e teşekkür ederim.

## İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZET .....	i
SUMMARY .....	ii
TEŞEKKÜR .....	iii
ŞEKİLLER DİZİNİ .....	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ .....	xi
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ .....	xvii
1. GİRİŞ .....	1
2. GENEL BİLGİLER .....	2
2.1. Manyezit .....	2
2.2. Serpantin .....	3
2.3. Elektrokimyasal Potansiyel ve Arayüzeylerdeki Potansiyel Farkı .....	4
2.3.1. Elektrokinetik potansiyelin ölçümü .....	8
2.3.1.1. Elektroforez yöntemiyle elektrokinetik potansiyelin ölçülmesi .....	8
2.4. Infrared (IR) Spektrofotometre .....	10
2.5. Manyezitin Zenginleştirilmesi .....	12
2.5.1. El ile ayıklama (Tavuklama-Triyaj) .....	13
2.5.2. Boyut küçültme ile zenginleştirme .....	13
2.5.3. Ağır-Ortam ayırması ile zenginleştirme .....	13
2.5.4. Elektrostatik ayırma ile zenginleştirme .....	13
2.5.5. Manyetik ayırma ile zenginleştirme .....	14
2.5.6. Hidrotasyon yoluyla ayırma ile zenginleştirme ...	14
2.5.7. Dereceli kalsinasyon ile zenginleştirme .....	14
2.5.8. Kalsinasyon ve Gravite yoluyla ayırma ile zenginleştirme .....	15
2.5.9. Flotasyon ile zenginleştirme .....	15
3. DENEYSEL ÇALIŞMALAR .....	18
3.1. Elektrokinetik Potansiyel Ölçümleri .....	19
3.1.1. Mikro-elektroforez cihazının kalibrasyonu .....	19
3.1.2. Manyezit ve serpantin elektrokinetik potansiyelinde pH'ın etkisi .....	25
3.1.3. Çeşitli iyonların manyezit ve serpantin elektrokinetik potansiyeline etkisi .....	26

## İÇİNDEKİLER (Devam)

	<u>Sayfa</u>
3.1.4. Flotasyon reaktiflerinin elektrokinetik potansiyele etkisi .....	43
3.2. Infrared Spektrofotometre Çalışmaları .....	74
3.3 Flotasyon Çalışmaları .....	74
3.3.1. Manyezit Flotasyonu .....	96
3.3.1.1. En uygun reaktif cinsinin belirlenmesi için yapılan deneyler .....	96
3.3.1.2. En uygun reaktif miktarının belirlenmesi için yapılan deneyler .....	97
3.3.1.3. pH değerinin flotasyona etkisini belirlemek amacıyla yapılan deneyler .....	98
3.3.1.4. Pülp yoğunluğunun flotasyona etkisini belirlemek amacıyla yapılan deneyler .....	99
3.3.1.5. Kıvam zamanının flotasyona etkisini belirlemek amacıyla yapılan deneyler .....	100
3.3.1.6. Sodyum silikatın ( $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ ) flotasyona etkisini belirlemek amacıyla yapılan deneyler .....	101
3.3.1.7. Manyezit + Serpantin miktarının flotasyona etkisini belirlemek amacıyla yapılan deneyler .....	102
3.3.1.8. Şebeke suyunun flotasyona etkisini belirlemek amacıyla yapılan deneyler .....	104
3.3.1.9. En iyi şartlarda manyezit ile flotasyon deneyi .....	104
3.3.1.10. En iyi şartlarda serpantin ile flotasyon deneyi .....	105
3.3.1.11. Sodyum Oleatın flotasyona etkisini incelemek amacıyla yapılan deney .....	105
3.3.2. Silikat Flotasyonu (Ters flotasyon) .....	106
3.3.2.1. En uygun reaktif cinsinin belirlenmesi için yapılan deneyler .....	106
3.3.2.2. En uygun reaktif miktarının belirlenmesi için yapılan deneyler .....	107



## İÇİNDEKİLER (Devam)

	<u>Sayfa</u>
3.3.2.3. pH değerinin flotasyona etkisini belirlemek amacıyla yapılan deneyler .....	108
3.3.2.4. Pülp yoğunluğunun flotasyona etkisini belirlemek amacıyla yapılan deneyler .....	109
3.3.2.5. Kıvam zamanının flotasyona etkisini belirlemek amacıyla yapılan deneyler.....	110
3.3.2.6. Gazyağı miktarının flotasyona etkisini belirlemek amacıyla yapılan deneyler .....	111
3.3.2.7. Bastırıcı reaktif miktarının flotasyona etkisini belirlemek amacıyla yapılan deneyler	112
3.3.2.8. En iyi şartlarda serpantin ile yapılan flotasyon deneyi .....	113
3.3.2.9. En iyi şartlarda manyezit ile yapılan flotasyon deneyi .....	114
4.SONUÇLAR VE TARTIŞMA .....	115
4.1. Elektrokinetik Ölçümler .....	115
4.1.1. Manyezit ve serpantin elektrokinetik potansiyelinde pH'ın etkisi .....	115
4.1.2. Çeşitli iyonların manyezitin ve serpantin elektrokinetik potansiyeline etkisi .....	115
4.1.3. Flotasyon Reaktiflerinin Elektrokinetik Potansiyele etkisi .....	116
4.2. Infrared Spektrofotometre Çalışmaları .....	117
4.3. Flotasyon Çalışmaları .....	120
4.3.1. Manyezit flotasyonu .....	121
4.3.2. Silikat flotasyonu .....	122
ÖNERİLER .....	124
KAYNAKLAR .....	125
ÖZGEÇMİŞ	

## ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
2.1. Helmholtz modeli elektriksel çift tabaka .....	5
2.2. Gouy-Chapman modeli elektriksel çift tabaka .....	5
2.3. Stern modeli elektriksel çift tabaka .....	7
3.1. Manyezitin boyut dağılımı eğrisi .....	22
3.2. Serpantin boyut dağılımı eğrisi .....	22
3.3. Manyezitin elektrokinetik potansiyelinde pH'in etkisi .....	27
3.4. Serpantin elektrokinetik potansiyelinde pH'in etkisi .....	27
3.5. NaCl'ün manyezitin elektrokinetik potansiyeline etkisi .....	29
3.6. NaCl'ün serpantin elektrokinetik potansiyeline etkisi ....	29
3.7. $10^{-2}$ M MgCl <sub>2</sub> 'ün manyezitin elektrokinetik potansiyeline etkisi	31
3.8. $10^{-3}$ M MgCl <sub>2</sub> 'ün manyezitin elektrokinetik potansiyeline etkisi	31
3.9. $10^{-2}$ M MgCl <sub>2</sub> 'ün serpantin elektrokinetik potansiyeline etkisi	33
3.10. $10^{-3}$ M MgCl <sub>2</sub> 'ün serpantin elektrokinetik potansiyeline etkisi	33
3.11. $10^{-2}$ M CaCl <sub>2</sub> 'ün manyezitin elektrokinetik potansiyeline etkisi	35
3.12. $10^{-3}$ M CaCl <sub>2</sub> 'ün manyezitin elektrokinetik potansiyeline etkisi	35
3.13. $10^{-2}$ M CaCl <sub>2</sub> 'ün serpantin elektrokinetik potansiyeline etkisi	37
3.14. $10^{-3}$ M CaCl <sub>2</sub> 'ün serpantin elektrokinetik potansiyeline etkisi	37
3.15. Na <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub> 'ün manyezitin elektrokinetik potansiyeline etkisi ...	39
3.16. Na <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub> 'ün serpantin elektrokinetik potansiyeline etkisi ....	39
3.17. Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> 'ün manyezitin elektrokinetik potansiyeline etkisi .....	41
3.18. Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> 'ün serpantin elektrokinetik potansiyeline etkisi ....	41
3.19. $10^{-1}$ M Oleik asitin manyezitin elektrokinetik potansiyeline etkisi .....	45
3.20. $10^{-2}$ M Oleik asitin manyezitin elektrokinetik potansiyeline etkisi .....	45
3.21. $10^{-3}$ M Oleik asitin manyezitin elektrokinetik potansiyeline etkisi .....	47
3.22. $10^{-1}$ M Oleik asitin serpantin elektrokinetik potansiyeline etkisi .....	47
3.23. $10^{-2}$ M Oleik asitin serpantin elektrokinetik potansiyeline etkisi .....	49
3.24. $10^{-3}$ M Oleik asitin serpantin elektrokinetik potansiyeline etkisi .....	49
3.25. Sodyum Oleatın manyezitin elektrokinetik potansiyeline etkisi	52

## ŞEKİLLER DİZİNİ (Devam)

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
3.26. Sodyum Oleatın serpantinin elektrokinetik potansiyeline etkisi .....	52
3.27. 825'in manyezitin elektrokinetik potansiyeline etkisi ...	55
3.28. 825'in serpantinin elektrokinetik potansiyeline etkisi ..	55
3.29. 830'un manyezitin elektrokinetik potansiyeline etkisi ...	58
3.30. 830'un serpantinin elektrokinetik potansiyeline etkisi...	58
3.31. 845'in manyezitin elektrokinetik potansiyeline etkisi ...	61
3.32. 845'in serpantinin elektrokinetik potansiyeline etkisi ..	61
3.33. 870'in manyezitin elektrokinetik potansiyeline etkisi ...	64
3.34. 870'in serpantinin elektrokinetik potansiyeline etkisi ..	64
3.35. Flotigam ENA'nın manyezitin elektrokinetik potansiyeline etkisi .....	67
3.36. Flotigam ENA'nın serpantinin elektrokinetik potansiyeline etkisi .....	67
3.37. Armacflote 17'nin manyezitin elektrokinetik potansiyeline etkisi .....	70
3.38. Armacflote 17'nin serpantinin elektrokinetik potansiyeline etkisi .....	70
3.39. Armacflote 14'ün manyezitin elektrokinetik potansiyeline etkisi .....	73
3.40. Armacflote 14'ün serpantinin elektrokinetik potansiyeline etkisi .....	73
3.41. Manyezitin infrared spektrumu .....	75
3.42. Serpantinin infrared spektrumu .....	75
3.43. KBr'ün infrared spektrumu .....	76
3.44. Oleik asitin infrared spektrumu .....	77

## ŞEKİLLER DİZİNİ (Devam)

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
3.45. Sodyum Oleatın infrared spektrumu .....	77
3.46. 825'in infrared spektrumu .....	77
3.47. 830'un infrared spektrumu .....	78
3.48. 845'in infrared spektrumu .....	78
3.49. 870'in infrared spektrumu .....	79
3.50. Flotigam ENA'nın infrared spektrumu .....	79
3.51. Armacflote 17'nin infrared spektrumu .....	80
3.52. Armacflote 14'ün infrared spektrumu .....	80
3.53. pH= 6.85'de $10^{-1}$ M oleik asitle karıştırılmış manyezitin infrared spektrumu .....	81 81
3.54. pH=10.59'da $10^{-1}$ M oleik asitle karıştırılmış manyezitin infrared spektrumu .....	81 81
3.55. pH=6.10'da $10^{-1}$ M oleik asitle karıştırılmış serpantin infrared spektrumu .....	82 82
3.56. pH=10.67'de $10^{-1}$ M oleik asitle karıştırılmış serpantin infrared spektrumu .....	82 82
3.57. pH=6,25'de $10^{-1}$ M sodyum oleatla karıştırılmış manyezitin infrared spektrumu .....	83 83
3.58. pH=10.70'de $10^{-1}$ M sodyum oleatla karıştırılmış manyezitin infrared spektrumu .....	83 83
3.59. pH=6.01'de $10^{-1}$ M sodyum oleatla karıştırılmış serpantin infrared spektrumu .....	84 84
3.60. pH=10.58'de $10^{-1}$ M sodyum oleatla karıştırılmış serpantin infrared spektrumu .....	84 84
3.61. pH=7.25'de % 5'lik 825'le karıştırılmış manyezitin infrared spektrumu .....	85 85
3.62. pH=7,37'de % 5'lik 825'le karıştırılmış serpantin infra - red spektrumu .....	85 85
3.63. pH=8.76'da % 5'lik 830'la karıştırılmış manyezitin infrared spektrumu .....	86 86
3.64. pH=8.30'da % 5'lik 830 la karıştırılmış serpantin infra- red spektrumu .....	86 86
3.65. pH=8.61'de % 5'lik 845'le karıştırılmış manyezitin infrared spektrumu .....	87 87

## ŞEKİLLER DİZİNİ (Devam)

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
3.66. pH=8.26'da % 5'lik 845'le karıştırılmış serpantinin infrared spektrumu .....	87
3.67. pH=7,90'da % 5'lik 870'le karıştırılmış manyezitin infrared spektrumu .....	88
3.68. pH=7,5'da %5'lik 870'le karıştırılmış serpantinin infrared spektrumu .....	88
3.69. pH=9,12'de % 5'lik Flotigam ENA ile karıştırılmış manyezi - tin infrared spektrumu .....	89
3.70. pH=.70'de % 5'lik Flotigam ENA ile karıştırılmış serpan - tin infrared spektrumu .....	89
3.71. pH=8.85'de % 5'lik Armacflote 17 ile karıştırılmış manye - zitin infrared spektrumu .....	90
3.72. pH=8.22'de % 5'lik Armacflote 17 ile karıştırılmış serpan - tinin infrared spektrumu .....	90
3.73. pH=7,12'de % 5'lik Armacflote 14 ile karıştırılmış manye - zitin infrared spektrumu .....	91
3.74. pH=7,25'de % 5 lik Armacflote 14 ile karıştırılmış serpan - tinin infrared spektrumu .....	91

ÇİZELGELER DİZİNİ

<u>Çizelge</u>	<u>Sayfa</u>
3.1. Saf manyezitin komple kimyasal analizi .....	18
3.2. Saf serpantinin komple kimyasal analizi .....	18
3.3. Saf manyezitin boyut dağılımı .....	20
3.4. Saf serpantinin boyut dağılımı .....	21
3.5. Manyezitin elektrokinetik potansiyelinde pH'ın etkisi .....	25
3.6. Serpantinin elektrokinetik potansiyelinde pH'ın etkisi ...	26
3.7. $10^{-1}$ M NaCl'ün manyezitin elektrokinetik potansiyeline etkisi .....	26
3.8. $10^{-3}$ M NaCl'ün manyezitin elektrokinetik potansiyeline etkisi .....	28
3.9. $10^{-2}$ M NaCl'ün serpantinin elektrokinetik potansiyeline etkisi .....	28
3.10. $10^{-3}$ M NaCl'ün serpantinin elektrokinetik potansiyeline etkisi .....	30
3.11. $10^{-2}$ M MgCl <sub>2</sub> 'ün manyezitin elektrokinetik potansiyeline etkisi .....	30
3.12. $10^{-3}$ M MgCl <sub>2</sub> 'ün manyezitin elektrokinetik potansiyeline etkisi .....	32
3.13. $10^{-2}$ M MgCl <sub>2</sub> 'ün serpantinin elektrokinetik potansiyeline etkisi .....	32
3.14. $10^{-3}$ M MgCl <sub>2</sub> 'ün serpantinin elektrokinetik potansiyeline etkisi .....	34
3.15. $10^{-2}$ M CaCl <sub>2</sub> 'ün manyezitin elektrokinetik potansiyeline etkisi .....	34
3.16. $10^{-3}$ M CaCl <sub>2</sub> 'ün manyezitin elektrokinetik potansiyeline etkisi .....	36
3.17. $10^{-2}$ M CaCl <sub>2</sub> 'ün serpantinin elektrokinetik potansiyeline etkisi .....	36
3.18. $10^{-3}$ M CaCl <sub>2</sub> 'ün serpantinin elektrokinetik potansiyeline etkisi .....	38
3.19. % 1 lik Na <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub> 'ın manyezitin elektrokinetik potansiyeline etkisi .....	38
3.20. % 2'lik Na <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub> 'ın manyezitin elektrokinetik potansiyeline etkisi .....	40

## ÇİZELGELER DİZİNİ (Devam)

<u>Çizelge</u>	<u>Sayfa</u>
3.21. % 1'lik $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ 'ın serpantinin elektrokinetik potansiyeline etkisi .....	40
3.22. % 2'lik $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ 'ın serpantinin elektrokinetik potansiyeline etkisi .....	42
3.23. pH=10'da $\text{Na}_2\text{CO}_3$ 'ın manyezitin elektrokinetik potansiyeline etkisi .....	42
3.24. pH=9'da $\text{Na}_2\text{CO}_3$ 'ın manyezitin elektrokinetik potansiyeline etkisi .....	42
3.25. pH=10'da $\text{Na}_2\text{CO}_3$ 'ın serpantinin elektrokinetik potansiyeline etkisi .....	43
3.26. pH=9'da $\text{Na}_2\text{CO}_3$ 'ın serpantinin elektrokinetik potansiyeline etkisi .....	43
3.27. $10^{-1}$ M Oleik asitin manyezitin elektrokinetik potansiyeline etkisi .....	44
3.28. $10^{-2}$ M Oleik asitin manyezitin elektrokinetik potansiyeline etkisi .....	44
3.29. $10^{-3}$ M Oleik asitin manyezitin elektrokinetik potansiyeline etkisi .....	46
3.30. $10^{-1}$ M Oleik asitin serpantinin elektrokinetik potansiyeline etkisi .....	46
3.31. $10^{-2}$ M Oleik asitin serpantinin elektrokinetik potansiyeline etkisi .....	48
3.32. $10^{-3}$ M Oleik asitin serpantinin elektrokinetik potansiyeline etkisi .....	48
3.33. $10^{-1}$ M Sodyum oleatın manyezit elektrokinetik potansiyeline etkisi .....	50
3.34. $10^{-2}$ M Sodyum oleatın manyezitin elektrokinetik potansiyeline etkisi .....	50
3.35. $10^{-1}$ M Sodyum oleatın serpantinin elektrokinetik potansiyeline etkisi .....	51
3.36. $10^{-2}$ M Sodyum oleatın serpantinin elektrokinetik potansiyeline etkisi .....	51
3.37. % 1'lik 825'in manyezitin elektrokinetik potansiyeline etkisi .....	53

## ÇİZELGELER DİZİNİ (Devam)

<u>Çizelge</u>	<u>Sayfa</u>
3.38. % 2'lik 825'in manyezitin elektrokinetik potansiyeline etkisi .....	53
3.39. % 1'lik 825'in serpantinin elektrokinetik potansiyeline etkisi.....	54
3.40. % 2'lik 825'in serpantinin elektrokinetik potansiyeline etkisi .....	54
3.41. % 1'lik 830'un manyezitin elektrokinetik potansiyeline etkisi .....	56
3.42. % 2'lik 830'un manyezitin elektrokinetik potansiyeline etkisi .....	56
3.43. % 1'lik 830'un serpantinin elektrokinetik potansiyeline etkisi .....	57
3.44. % 2'lik 830'un serpantinin elektrokinetik potansiyeline etkisi .....	57
3.45. % 1'lik 845'in manyezitin elektrokinetik potansiyeline etkisi	59
3.46. % 2'lik 845'in manyezitin elektrokinetik potansiyeline etkisi	59
3.47. % 1'lik 845'in serpantinin elektrokinetik potansiyeline etkisi .....	60
3.48. % 2'lik 845'in serpantinin elektrokinetik potansiyeline etkisi .....	60
3.49. % 1'lik 870'in manyezitin elektrokinetik potansiyeline etkisi .....	62
3.50. % 2'lik 870'in manyezitin elektrokinetik potansiyeline etkisi .....	62
3.51. % 1'lik 870'in serpantinin elektrokinetik potansiyeline etkisi .....	63
3.52. % 2'lik 870'in serpantinin elektrokinetik potansiyeline etkisi .....	63
3.53. % 5'lik Flotigam ENA'nın manyezitin elektrokinetik potansiyeline etkisi .....	65
3.54. % 10'luk Flotigam ENA'nın manyezitin elektrokinetik potansiyeline etkisi .....	65
3.55. % 5'lik Flotigam ENA'nın serpantinin elektrokinetik potansiyeline etkisi .....	66



## ÇİZELGELER DİZİNİ (Devam)

<u>Çizelge</u>	<u>Sayfa</u>
3.56. % 10'luk Flotigam ENA'nın serpantinin elektrokinetik potansiyeline etkisi .....	66
3.57. % 1'lik Armacflote 17'nun manyezitin elektrokinetik potansiyeline etkisi .....	68
3.58. % 5'lik Armacflote 17'nin manyezitin elektrokinetik potansiyeline etkisi .....	68
3.59. % 1'lik Armacflote 17'nin serpantinin elektrokinetik potansiyeline etkisi .....	69
3.60. % 5'lik Armacflote 17'nin serpantinin elektrokinetik potansiyeline etkisi .....	69
3.61. % 1'lik Armacflote 14'ün manyezitin elektrokinetik potansiyeline etkisi .....	71
3.62. % 5'lik Armacflote 14'ün manyezitin elektrokinetik potansiyeline etkisi .....	71
3.63. % 1'lik Armacflote 14'ün serpantinin elektrokinetik potansiyeline etkisi .....	72
3.64. % 5'lik Armacflote 14'ün serpantinin elektrokinetik potansiyeline etkisi .....	72
3.65. % 90 manyezit + % 10 serpantin içeren numunenin komple kimyasal analizi .....	92
3.66. % 80 manyezit + % 20 serpantin içeren numunenin komple kimyasal analizi .....	92
3.67. % 70 manyezit + % 30 serpantin içeren numunenin komple kimyasal analizi .....	93
3.68. % 60 manyezit + % 40 serpantin içeren numunenin komple kimyasal analizi .....	93
3.69. % 50 manyezit + % 50 serpantin içeren numunenin komple kimyasal analizi .....	94
3.70. % 40 manyezit + % 60 serpantin içeren numunenin komple kimyasal analizi .....	94
3.71. % 30 manyezit + % 70 serpantin içeren numunenin komple kimyasal analizi .....	95
3.72. % 20 manyezit + % 80 serpantin içeren numunenin komple kimyasal analizi .....	95

## ÇİZELGELER DİZİNİ (Devam)

<u>Çizelge</u>	<u>Sayfa</u>
3.73. % 10 manyezit + % 90 serpantin içeren numunenin komple kimyasal analizi .....	96
3.74. En uygun reaktif cinsinin belirlenmesi için yapılan deneylerin sonuçları .....	97
3.75. En uygun reaktif miktarının belirlenmesi için yapılan deneylerin sonuçları .....	98
3.76. pH değerinin flotasyona etkisini belirlemek amacıyla yapılan deneylerin sonuçları .....	99
3.77. Pülp yoğunluğunun flotasyona etkisini belirlemek amacıyla yapılan deneylerin sonuçları .....	100
3.78. Kıvam zamanının flotasyona etkisini belirlemek için yapılan deneylerin sonuçları .....	101
3.79. $Na_2SiO_3$ miktarının flotasyona etkisini belirlemek amacıyla yapılan deneylerin sonuçları .....	102
3.80. Manyezit+serpantin miktarının flotasyona etkisini incelemek amacıyla yapılan deneylerin sonuçları .....	103
3.81. Şebeke suyunun flotasyona etkisini incelemek amacıyla yapılan deneylerin sonuçları .....	104
3.82. En iyi şartlarda manyezit ile yapılan flotasyon deneyi sonuçları .....	105
3.83. En iyi şartlarda serpantin ile yapılan flotasyon deneyi sonuçları .....	105
3.84. Sodyum oleatın flotasyona etkisini incelemek amacıyla yapılan flotasyon deneyi sonuçları .....	106
3.85. En uygun reaktif cinsinin belirlenmesi için yapılan flotasyon deneyi sonuçları .....	107
3.86. En uygun reaktif miktarının belirlenmesi için yapılan deneylerin sonuçları .....	108
3.87. pH değerinin flotasyona etkisini belirlemek amacıyla yapılan deneylerin sonuçları .....	109
3.88. Pülp yoğunluğunun flotasyona etkisini belirlemek amacıyla yapılan deneylerin sonuçları .....	110
3.89. Kıvam zamanının flotasyona etkisini belirlemek amacıyla yapılan deneylerin sonuçları .....	111

## ÇİZELGELER DİZİNİ (Devam)

<u>Çizelge</u>	<u>Sayfa</u>
3.90. Gazyağı miktarının flotasyona etkisini belirlemek için yapılan deneylerin sonuçları .....	112
3.91. Bastırıcı reaktif miktarının flotasyona etkisini belirlemek amacıyla yapılan deneylerin sonuçları .....	113
2.92. En iyi şartlarda serpantin ile yapılan flotasyon deneyi sonuçları .....	114
3.93. En iyi şartlarda manyezit ile yapılan flotasyon deneyi sonuçları .....	114

## SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

<u>Simgeler</u>	<u>Açıklama</u>
s	Elektroosmozun olmadığı seviye (stationary levels)
d	Hücrenin genişliği (cm)
L	Hücrenin yüksekliği (cm)
U	Tanenin hareketliliği ( $\mu s^{-1} cm volt^{-1}$ )
v	Tanenin hareket hızı ( $\mu s^{-1}$ )
E	Uygulanan elektrik alanı (volt/cm)
l	Elektrodlar arası etkin mesafe (cm)
D	Suyun dielektrik katsayısı
$\zeta$	Elektrokinetik potansiyel (mV)
$\eta$	Suyun viskozitesi
I	Devreden geçen akım (mA)
V	Osiloskoptan okunan gerilim (mV)
R	Devreye bağlanan telin direnci (ohm)
R'	Hücreden geçen direnç (ohm)
A	Hücrenin kesit alanı (cm <sup>2</sup> )
K	10 <sup>-1</sup> M KCl çözeltisinin elektriksel iletkenliği (ohm <sup>-1</sup> . cm <sup>-1</sup> )
V	Uygulanan voltaj (volt)
z.p.c.	Sıfır yük noktası (Zero point of charge)
IR	Infrared spektrofotometre
M.T.A.	Maden Tetkik Arama
M.M.O.	Maden Mühendisleri Odası
T.S.K.B.A.Ş.	Türkiye Sınai Kalkınma Bankası Anonim Şirketi

## 1. GİRİŞ

İlaç sanayiinden ağır sanayiye kadar çok çeşitli kullanım alanlarına sahip magnezyum bileşiklerinin ana hammaddesini oluşturan manyezit minerali, doğada değişik oranlarda karbonatlar, oksitler ve silikat halinde safsızlıklar içerir. Doğal yatakların işletilmesi sonucu üretilen manyezit cevheri bu safsızlıklardan dolayı, zenginleştirme işlemlerine tabi tutulur.

Bugün, manyezit cevherlerinin zenginleştirilmesinde yaygın olarak kullanılan dört yöntem vardır. Bunlar; tavuklama, ağır ortam ayırması, magnetik ayırma ve flotasyondur. Ancak, kristalin (iri kristalli) manyezitin zenginleştirme işlemi amorf (kripto kristalin) manyezitin zenginleştirme işleminden oldukça farklıdır. Bu fark, her iki tip manyezitin serbestleşme tane boyutlarının, gang türlerinin ve manyezit minerallerinin farklı olmasına dayanmaktadır. Kristalin manyezit % 8'e kadar demir oksit içerirken amorf manyezitin demir oranı çok düşüktür, tane boyutu bazen mikronla ölçülemeyecek kadar ince olabilmektedir ve genellikle kristalin manyezitten daha saftır. Kristalin manyezitin tipik gang mineralleri, dolomit, biyotit, gröna, talk ve az miktarda kuvars iken, amorf manyezitte gang olarak serpantin ve opal bulunmaktadır. Dünyada her iki tip manyezit de flotasyon, flotasyon-ağır ortam ayırması veya flotasyon-magnetik ayırma yöntemleri ile zenginleştirilebilmektedir.

Manyezitin yanında gang minerali olarak silikatlar çoğunluktaysa, katyonik bir reaktifle silikatlar yüzdürülerek yüzmeyen kısımda manyezit zenginleştirilir. Dolomit ve/veya kalsit gang minerali olarak çoğunluğu oluşturuyorsa, anyonik bir reaktifle manyezit yüzdürülür. Anyonik reaktif olarak genellikle oleik asit veya sodyum oleat kullanılır.

Bu çalışmanın amacı, manyezit ve serpantin selektif flotasyonuna çeşitli reaktiflerin ve ortam şartlarının etkisini araştırmak, bu etkilerin kimyasal ve fiziko-kimyasal bakımdan nedenlerini bulmak, manyezit ve serpantini birbirinden ayıracak en uygun flotasyon koşullarını saptamaktır.

Çalışmalarda KÜMAŞ-Turan Ocağı'ndan sağlanan olabildiğince temiz manyezit ve serpantin kullanılmıştır.

## 2. GENEL BİLGİLER

### 2.1 Manyezit

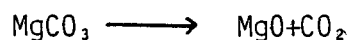
Manyezit,  $MgCO_3$  formülüne sahip, kuramsal olarak %47,8 MgO ve % 52,2  $CO_2$  içeren, doğada değişik oranlarda karbonatlar, oksitler ve silikatlar halinde safsızlıklar içerebilen bir mineraldir. (Bozkurt vd., 1988 ; M.T.A. 1982).

Saf iken 3,5-4,5 Mohs sertliğine sahip olan manyezit cevheri, amorf ve kristal yapıda olmak üzere doğada iki şekilde bulunur. Amorf manyezit yatakları ultrabazik kayaların özellikle serpantinlerin  $CO_2$ 'li sular tarafından alterasyonu ve bu sırada  $Mg^{2+}$  iyonlarının çatlak sistemleri boyunca yataklanmasıyla oluşur. Amorf manyezitin özgül ağırlığı 2,95'tir. Türkiye'deki manyezit oluşumlarının büyük bir kısmı amorf yapıdadır.

Kristalin manyezit yatakları dolomit veya karbonat kayalarının metamorfizması sonucu oluşurlar. Bu yataklar genellikle adese veya düzensiz şekillidirler. Kristal yapıdaki manyezit cevherinin özgül ağırlığı 3.05'tir (M.T.A. 1982, Norton, 1974).

Manyezit içindeki eser elementlerin miktarına göre beyazdan koyu kahverengine kadar çeşitli renklerde bulunur. Midye kabuğu veya düzensiz kırıklıdır. Genellikle saydam ve yarısaydam haldedir (Bozkurt, 1985; Kužvart, 1984).

Manyezit cevheri ham olarak kullanıldığı gibi belirli ısılarda kalsine edilerek değişik endüstri dallarında kullanılır. Doğal manyezit ısıtılınca  $400^{\circ}C$ 'den itibaren termal bozunmaya başlar, bozunma  $680^{\circ}C$  de tamamlanır ve



tepkimesine göre magnezya adı verilen MgO bileşimindeki ürün elde edilir. Manyezitin  $900^{\circ}C$ 'deki kalsinasyonundan elde edilen ürün ise kostik kalsine adını alır. Manyezitin  $1650^{\circ}C$ 'nin üstündeki sinterleşmesinden elde edilen ürüne de sinter manyezit adı verilir. Kostik kalsine manyezit, soral çimentosu yapımında, suni ipek, suni gübre, kimya endüstrisi v.b. de kullanılır. Sinter derecesinde kalsine edilen cevherin bütün  $CO_2$

içeriği ayrılır ve bazik refrakterler yapımında kullanılır. Bazik refrakterlerin % 60 tan fazlası demir ve çelik endüstrisinde tüketilebilmektedir. Bunların dışında  $MgCO_3$ ; izolasyon, lastik, mürekkep, cam, seramik, boya, eczacılık, kozmetik sanayiinde, magnezyum hidroksit; eczacılıkta, şekerin rafinasyonunda, magnezyum klorür; magnezyum metal üretiminde, tekstil, kağıt, seramik ve çimento üretiminde, magnezyum sülfat; eczacılıkta, suni gübre üretiminde kullanılır (M.M.O yayını, 1975; M.T.A. yayını, 1982; T.S.K.B.A.Ş. Kimya Sektörü Araştırması, 1979; Harders und Kienow 1960).

Manyezit ve manyezit ürünlerinin kalitesi ve fiyatları arasında yakın bir ilişki vardır. Refrakter malzeme üretiminde  $CaO:SiO_2$  oranının 2:1 olması üretimi kolaylaştırmakta ve bu oran fiyatlandırmada önemli bir etken olmaktadır. Bunun yanında porozite, yüksek sıcaklığa dayanıklılık, cürufa karşı kimyasal dayanıklılık ve yüksek sıcaklıktaki hacim duyarlılığı kalite ve fiyatlandırmada etkindir (M.T.A. yayını, 1982).

Ham manyezitte MgO oranı % 42-43, kalsine cevherde ise % 93,5 olarak belirlenmiştir. Artış veya düşüş için prim veya ceza verilir.  $Fe_2O_3$  oranının ise düşük olması istenir.

Cevherin kristallliği de özelliğini etkileyen bir faktördür. Refrakter amaçlı sinter manyezitlerde, kristallerin mümkün olduğu kadar büyük fakat düzensiz bir dağılım içinde olması, dayanıklılığı arttırıcı bir etkindir ve fiyatlandırmada dikkate alınır. Sinter manyezitte ise bu özelliği kazandırmak için ısıl işlemin çok itinalı uygulanması gerekir (M.T.A. yayını, 1982; Schmid, 1984; Gareis, 1988; Davis, 1985).

## 2.2 Serpantin

Serpantin  $Mg_3(Si_2O_5)(OH)_4$  formülüne sahip olup, kuramsal olarak % 43 Mg içeren bir magnezyum mineralidir. Sertliği 2,5-4, özgül ağırlığı 2,5-2,6 dır. Krem beyazı ile yeşil ve siyahın bütün tonlarında olabilir, yarısaydam ve mattır.

Türkiye ,özellikle Eskişehir/Kütahya bölgesi manyezit yataklarında ana yantaş serpantindir (Manser, 1973; Bozkurt, 1985; Çoğulu, 1976).

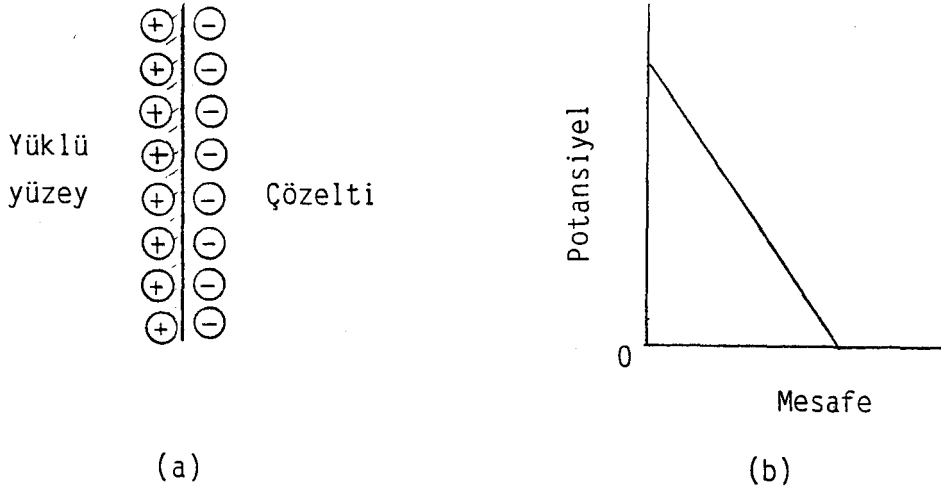
### 2.3 Elektrokimyasal Potansiyel ve Arayüzeylerdeki Potansiyel Farkı

Su içine konan bir mineralden, çözünürlüğe bağlı olarak bazı iyonlar çözeltiye geçer. Çözeltideki bazı iyonlar da mineral yüzeyinde toplanır. Mineralden çözeltiye geçen iyonlar, mineralin anyon ve katyonu- dur. Aynı cins anyon ve katyonlar çözeltide mevcutsa, kimyasal dengeyi sağlamak üzere bunlar mineral yüzeyine bağlanırlar, kristal kafesinde yerlerini buldukları için sağlam bir bağlantı oluştururlar (Manser 1973; Atak, 1974).

İyonların mineralden çözeltiye geçmesi ve çözeltiden ayrılıp mineral yüzeyine adsorpsiyonu, mineral yüzeyinin pozitif veya negatif işaretli bir elektrik yükü kazanmasına neden olur ve Coulomb kanununa göre, mineral yüzeyi ile ters işaretli iyonlar mineral yüzeyi tarafından çekilir, aynı işaretli iyonlar ise itilir. Mineralin yüzey elektrik yükünü mutlak değer ve işaretçe belirleyen ve değiştiren iyonlara "potansiyeli belirleyen iyonlar" denir. Su veya bir çözelti içine konulan katı madde yüzeyinin elektriksel bir yük kazanması, potansiyeli belirleyen iyonlar nedeniyle oluşur. Yüzeyle ters işaretli iyonlar, yüzey yakınında toplanarak, yüzey elektrik yükünü dengelemeye çalışırlar. Katı-sıvı ara yüzeyinde toplanan bu iyonlara, dengeleyici iyonlar adı verilir. Dengeleyici iyonların, yüzey civarında artan konsantrasyonları, yüzeyden uzaklaştıkça azalarak, çözeltinin normal konsantrasyonuna ulaşır. Kimyasal dengeye ulaşıldığında, katı yüzeyindeki elektrik yükü dağılmış iyonların oluşturduğu elektrik yükü ile dengelenmiş olur. Yani mineral yüzeyi potansiyeli sıfıra iner. Bu durum, kondansatörün ters elektrik yüklü levhalarına benzetilerek, elektriksel çift tabaka adını alır.

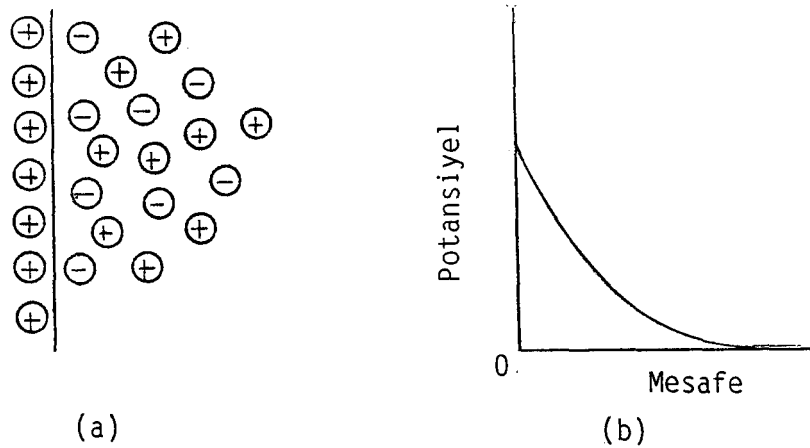
Elektriksel çift tabakanın kalınlığı ve yapısı çeşitli araştırmacılar tarafından incelenmiştir. İlk elektriksel çift tabaka modeli Helmholtz ve Perrin tarafından açıklanmıştır. Buna göre katı-sıvı arayüzeyinde oluşan ve yüzey elektrik yükünü dengeleyen elektriksel çift tabaka, yüzeye ters işaretli iyonların toplanması ile oluşan bir molekül kalınlığında açıklığı bulunan bir kondansatörün plakaları gibidir (Şekil 2.1). Potansiyel yüklü yüzeyden çok kısa bir mesafede hızla sıfıra iner.





Şekil 2.1. Helmholtz modeli elektriksel çift tabaka  
 a) Yüzeydeki elektrik yükü ve denge iyonları  
 b) Dağılmış iyonlar tabakasında yüzeyden uzaklaştıkça potansiyelin değişimi.

Helmholtz modeli, Gouy-Chapman tarafından değiştirilmiş ve elektriksel çift tabaka kalınlığının çözelti içinde katı yüzeyinden belirli bir uzaklığa kadar uzandığı görüşü ileri sürülmüştür. Dağılmış iyonlar tabakası adı verilen bu kısımda iyonlar hareket halindedir. Potansiyel önce hızla düşer ve sonra mesafe arttıkça yavaşlayarak, parça yüzeyinden sonsuz uzaklıktaki mesafede sıfır olur (Şekil 2.2).



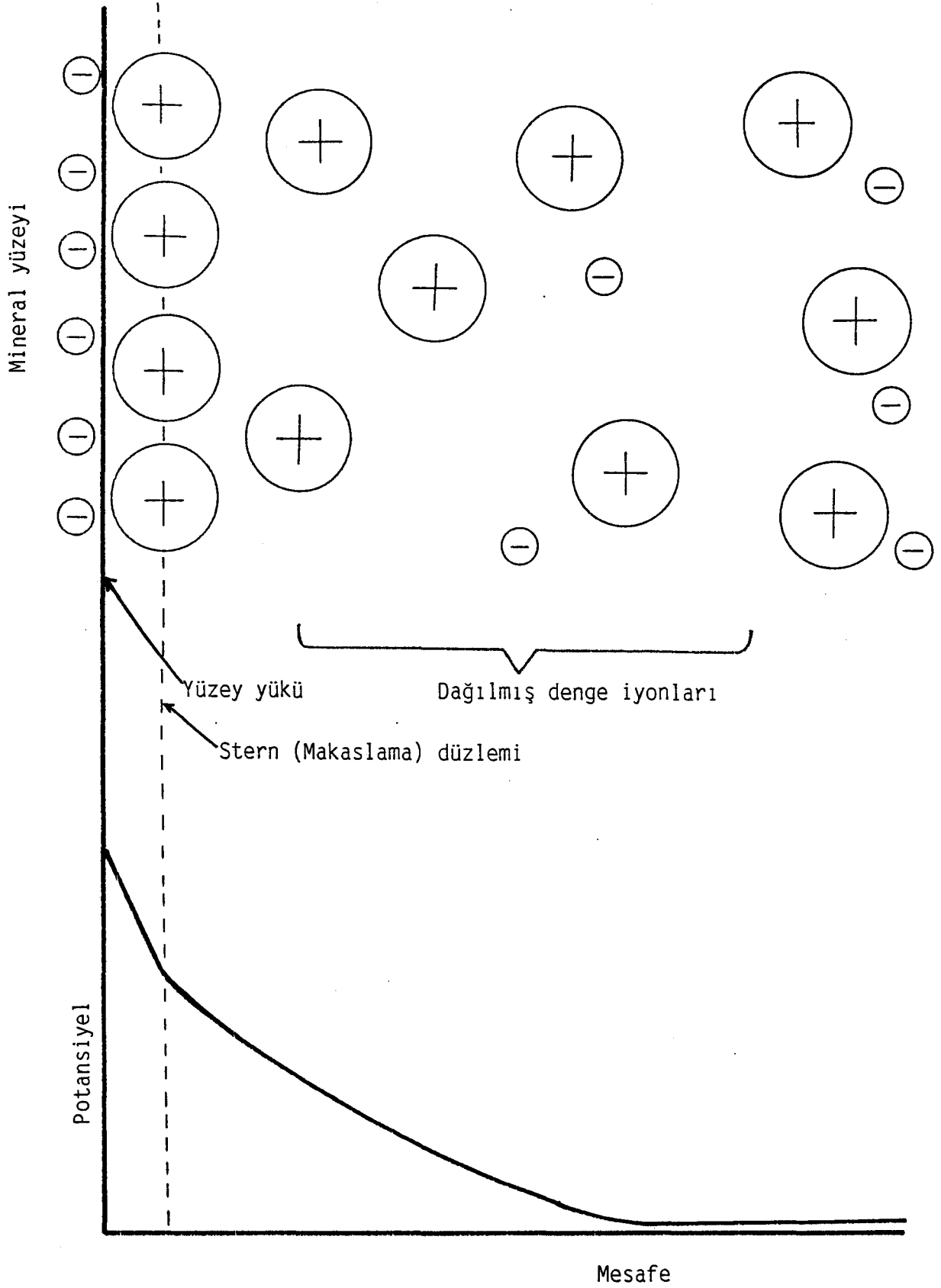
Şekli 2.2. Gouy-Chapman modeli elektriksel çift tabaka  
 a) Yüzeydeki elektrik yükü ve onu dengeleyen dağılmış iyonlar,  
 b) Dağılmış iyonlar tabakasında, yüzeyden uzaklaştıkça potansiyelin değişimi.

Helmholtz ve Gouy-chapman modelini birleştiren elektriksel çift tabaka modeli Stern tarafından ileri sürülmüştür. Stern'e göre, katı yüzeyi yakınında, yaklaşık bir molekül kalınlığındaki mesafede, yüzeye bağlı iyonlar (potansiyeli belirleyen iyonlar) nedeni ile, yüzey potansiyeli lineer olarak azalır. Bağlı iyonların bulunduğu bu bir molekül kalınlığındaki mesafede, "makaslama düzlemi" (shear plane) adı verilen bir yüzeyin bulunduğu düşünülmektedir. Makaslama düzlemi dışında, dengeleyici iyonları taşıyan tabaka bulunur. Dengeleyici iyonlar nedeni ile burada yüzey potansiyeli daha uzun mesafede azalarak sıfıra iner, yani iyon konsantrasyonu yüzeyden uzaklaştıkça azalarak, çözeltinin normal konsantrasyonuna ulaşır (Şekil 2.3).

Yüzey potansiyelinin doğrudan ölçümü çok zordur, ancak mineral tanesinin çevresine göre hareket etmesi yüzeyin durumu hakkında bilgi verebilir. Yüklü mineral tanecikleri ile etraflarındaki sulu çözeltinin birbirlerine göre hareketlerinde, çözelti-tane arasındaki makaslama düzleminde ölçülebilen potansiyel farkına "elektrokinetik potansiyel" veya "zeta potansiyel" denir (Leja, 1982; Atak, 1979; Fuerstenau, et al, 1984; Bruyn and Agar, 1962, Atalay, 1985; Hunter, 1981).

Yüzey yükünü sıfır yapan pH değerine "sıfır yük noktası" (Zpc) denir. Sıfır yük noktası, potansiyeli belirleyen iyonlarla yüzey elektrik yükünün sıfır yapılmasıdır. Sıfır yük noktasının altındaki pH'larda yüzey elektrik yükü pozitif, daha yüksek pH'larda ise negatif işaretlidir.

Elektroforetik hareketliliğin sıfır olduğu pH'a da "eş elektriksel nokta" (i.e.p) denir. Eş elektriksel noktada, asit iyonlaşması bazik iyonlaşmaya veya pozitif iyon konsantrasyonu negatif iyon konsantrasyonuna eşittir. Bu noktada, elektrik yükü bakımından nötral bir sistem oluşur ve elektrik alan altında hareket olmaz, yani elektroforez olayı olmaz. Bu noktaya karşın olan pH'dan daha düşük pH'larda asit, daha yüksek pH'larda da bazik fonksiyon faaliyettedir (Parks, 1965; Berkem ve Baykut, 1975).



Şekil 2.3. Stern modeli elektriksel çift tabaka

### 2.3.1 Elektrokinetik potansiyelin ölçümü

Elektrik yüklü bir yüzey ile bunu çevreleyen çözeltinin birbirlerine göre hareketi elektrokinetik olaylara neden olur. Bunlardan yararlanılarak minerallerin elektrokinetik potansiyelleri ölçülebilir. Elektrokinetik potansiyeli ölçmede çeşitli yöntemler kullanılır.

- a. Elektroforez yöntemi,
- b. Elektroosmoz yöntemi,
- c. Akma potansiyeli (streaming potential) yöntemi,
- d. Çökme potansiyeli (sedimentation potential) yöntemi.

Bu yöntemler arasında en önemlileri elektroforez ve akma potansiyeli yöntemleridir.

#### a. Elektroforez

Bir elektrik alanı uygulandığında yüklü parçacıkların durgun sıvı içindeki hareketidir. Parçanın hareket hızı ve yönünden yararlanılarak elektrokinetik potansiyeli hesaplamak ve yüzey elektrik yükünün işaretini belirlemek mümkündür.

#### b. Elektroosmoz

Elektrik alanı uygulandığında katının sabit kalmasına karşılık çözeltinin hareket etmesidir.

#### c. Akma Potansiyeli (Streaming potential)

Sabit yüklü bir katıya göre sıvı hareket ettirildiğinde bir potansiyel farkının oluşmasıdır.

Bu yöntemde süspansiyon bir kapiler tüp boyunca veya öğütülmüş cevherin gözenekleri arasından akmaya zorlanır. Bu akışın oluşturduğu potansiyel farkı ölçülerek, elektrokinetik potansiyel hesaplanır.

#### d. Çökme Potansiyeli (Sedimentation potential)

Yüklü tanecikler hareketsiz bir sıvı içinde çökmeye başladığında bir potansiyel farkının oluşmasıdır.

#### 2.3.1.1 Elektroforez yöntemiyle elektrokinetik potansiyelin ölçülmesi

Mineral taneciklerinin elektrokinetik potansiyelinin ölçülmesinde en çok kullanılan yöntem elektroforez yöntemidir. Bu yöntemde mineral

süspansiyonu bir elektroliz cihazında elektrolit olarak kullanılır. Cihaza elektrik akımı verildiği zaman süspansiyondaki taneler yüklerine göre çözelti içindeki elektrik alanında hareket ederler. Hareketin hızı ve yönünden yararlanılarak, elektrokinetik potansiyeli hesaplamak ve yüzey elektrik yükünün işaretini belirlemek mümkündür (Manser, 1973; Atak, 1974).

Cihaz, bir mikroskobun görüş alanına yerleştirilmiş, yatay durumda duran yassı bir elektroliz hücresinden ibarettir. Katıyı taşıyan süspansiyon, hücre içinde elektrolit olarak kullanılır. Platin elektrotlar yardımı ile belirli bir gerilim uygulandığında, parçacıklar yüzey elektrik yüküne göre, anot veya katoda doğru hareket ederler. Hareketin hızı, mikroskobun okülerinde bulunan retikül ve alete bağlı kronometre yardımı ile belirlenir. Uygulanan gerilim ve ölçülen hızdan yararlanılarak elektrokinetik potansiyel hesaplanır.

Ölçüm yapabilmek için elektroosmoz'un olmadığı noktaları saptamak gereklidir. Bu noktalar dikdörtgen kesitli bir hareket alanı için;

$$\frac{S}{d} = 0,500 \left( 0,0833 + \frac{32}{\pi^5} \cdot \frac{d}{L} \right)^{1/2}$$

eşitliği yardımıyla bulunabilir. Burada;

S = Elektroosmozun olmadığı seviye

d = Hücrenin genişliği

L = Hücrenin yüksekliği

Bu seviye bir dikdörtgen hareket alanı için kenarlardan genişliğin yaklaşık % 20,4 kadar uzaktadır.

Elektrokinetik potansiyeli hesaplamak için Helmholtz-Smoluchawski eşitliğinden yararlanılır.

$$U = \frac{v}{E} = \frac{D\zeta}{4\pi\eta}$$

U = Tanenin hareketliliği,

v = Tanenin hareket hızı

E = Uygulanan elektrik alanı

l = Elektrotlar arası etkin mesafe

D = Suyun dielektrik katsayısı

$\zeta$  = Elektrokinetik potansiyel

$\eta$  = Suyun viskozitesi

Gerekli katsayı düzeltmeleri yapılırsa eşitlik;

$$\zeta = 12,83 \times U \quad (\text{milivolt})$$

şeklını alır. 12,83 katsayısı hücre tankındaki suyun 25°C olduğu durumlarda geçerlidir. Eğer suyun sıcaklığı 20°C olursa katsayı 14,2 olur (Atalay, 1986; Fuerstenau and Raghavan, 1976; Fuerstenau, et al, 1984; Castellan, 1971; Mari, et al, 1980; Rank Brothers kataloğu).

Elektrokinetik potansiyelin işaretinin ve mutlak değerinin değişmesi, potansiyeli belirleyici iyonları veya yüzey-aktif iyonları içeren bir elektrolitin ortama ilave edilmesi durumunda söz konusudur. Elektrokinetik potansiyelin mutlak değeri ve işareti, mineralin toplayıcı reaktiflerle muamelesinde büyük önem taşır. Toplayıcılar mineral yüzeyine adsorbe olduklarında, mineral yüzeyi elektrik yükünü kuvvetle değiştirirler. Bu nedenle bunlara yüzey-aktif reaktifler de denebilir. Mineral yüzeyi kimyasal özelliklerine dayanan flotasyon sürecinde, mineral tanelerinin uygun elektrolitlerle muamele edilerek, elektrokinetik potansiyelinin mutlak değeri ve işaretinin kontrolü önem kazanır. Yüzey pozitif yüklü yani pH değeri düşük olunca, anyonik reaktifler kullanılırsa flotasyon verimi yüksek olur. Buna karşılık bazik pH'larda yani yüzey negatif yüklü iken, katyonik reaktif kullanılması flotasyon verimini arttırır. Ancak, anyonik reaktif olan yağ asitleri için durum farklıdır. Asit ortamda çözünürlüğün az olması ve buna bağlı olarak toplayıcılık özelliğinin azalması nedeni ile, yağ asitleri bazik pH'larda kullanılır ve bazik pH'larda ortamda karboksilat iyonu konsantrasyonu artar (Atak; 1974; Hornsby and Leja, 1982; Dibbs, 1972; Mackenzie, 1971; Boarson and Treweek, 1962).

#### 2.4 Infrared (IR) Spektrofotometre

Infrared (IR) spektrofotometre, katı yüzeyindeki gaz ve sıvı adsorpsiyonunun incelenmesinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Infrared spektroskopi, maddenin infrared ışınlarını absorblaması esasına dayanır-

olarak geliştirilmiş bir spektroskopi dalıdır. Hemen hemen bütün moleküller ( $N_2$ ,  $O_2$ ,  $Cl_2$  v.b. hariç) infrared ışınlarını absorpladıklarından infrared spektrumu veriler (Hilton and Snell, 1966).

Infrared spektrofotometre kantitatif analizden çok kalitatif analizde kullanılır. Her maddenin kendine özgü spektrumu vardır. Bu spektrumlardan yararlanılarak kalitatif analizler yapmak mümkündür. Katı maddelerin spektrumları ya mineral yağı (nujol) ile süspansiyon oluşturularak veya KBr (Potasyum bromür) ile pelet yapılarak alınır (Atak, 1979; Kiselev and Lygin, 1975).

Katı yüzeyindeki adsorbsiyonun, infrared spektrofotometre ile incelenmesinde saf katı malzemenin spektrumuna göre adsorpsiyon işleminden sonraki spektrumunda bazı yeni piklerin oluşması veya bazı piklerin tamamen yok olması ya da piklerin hiç değişmeden olduğu gibi kalması adsorpsiyonun tipi hakkında bilgi verir (White, 1964; Hair, 1967, Atalay, 1986).

Katı madde kırılıp suya konulduğu zaman, su içinde başka iyonlar bulunmasa bile, katı maddeden suya geçen iyonlar ve suyu oluşturan  $H^+$  ve  $OH^-$  iyonları nedeni ile katı madde yüzeyi pozitif veya negatif işaretli bir elektrik yükü kazanır ve bunu çevreleyen su, çeşitli iyonları içeren bir çözelti durumunu alır. Bu durumda, Coulomb kanununa göre, mineral yüzeyi ile ters işaretli iyonlar mineral yüzeyi tarafından çekilir. Böylece çözelti içindeki iyonların bazılarının konsantrasyonu katı yüzeyi civarında artar, bazılarınıninki azalır.

Bir katı ya da sıvının sınır yüzeyindeki konsantrasyon değişmesi olayına "ADSORPSİYON" denir. Konsantrasyonun artması durumunda buna "Pozitif Adsorpsiyon", azalması durumunda da "Negatif Adsorpsiyon" denir. Yüzeyde konsantrasyonu artmış olan maddeye "Adsorplanmış madde", adsorplayan maddeye de "Adsorplayıcı madde" ya da "Adsorban" adı verilir.

Adsorpsiyon olayı maddenin sınır yüzeyinde moleküller arasındaki kuvvetlerin dengelenmemiş olmasından kaynaklanır. Adsorpsiyon olayında, adsorplanan madde adsorplayıcı maddenin içine doğru yayılır, adsorpsiyonda ise sınır yüzeyinde bir birikme olur. Adsorpsiyon ve absorpsiyon birlikte oluyor ise buna da "SORPSİYON" denir (Berkem ve Baykut, 1975; Kayıkçı, 1988).

Katı ile sıvı arasında Van der Walls kuvvetleri ile oluşan bir etkileşme varsa yoğunlaşmaya benzer bir olay, kuvvetli bir etkileşme varsa kimyasal reaksiyona benzer bir olay olur. Bunlardan birincisine "Fiziksel adsorpsiyon (Van der Walls adsorpsiyonu)" denir. Adsorplayıcı ile adsorplanan madde arasında Van der Walls bağları söz konusudur. Düşük adsorpsiyon ısısı ile karakterizedir (2-5 kcal/mol). Fiziksel adsorpsiyon tek tabakalı (monomoleküler) olabildiği gibi çok tabakalı (multimoleküler) da olabilir. Adsorplanan miktar, sıcaklıkla azalır. Fiziksel adsorpsiyonda infrared spektrumu genellikle hiç değişme göstermez. İkinci olaya ise "Kimyasal adsorpsiyon (chemisorption)" denir. Kimyasal adsorpsiyonda adsorplayıcı ile adsorplanan madde arasında kuvvetli bir etkileşim vardır. Yüksek adsorpsiyon ısısı ile karakterizedir (15-20 kcal/mol) Kimyasal adsorpsiyon yalnız ve ancak tek tabakalı olabilir ve adsorplanan miktar, sıcaklıkla artar. Kimyasal adsorpsiyon sırasında infrared spektrumu tamamen değişir, bazı yeni pikler oluşurken bazıları da tamamen yok olabilir (Akyüz and Akyüz, 1982, Barrow, 1973; Nakanishi and Salomon, 1977; Leja, 1982; Wedler, 1929; Satterfield, 1980; Gül ve Boybay, 1983; Hall, 1983; Rosenthal and Asimov, 1971; Mateescu, 1966; Peck, 1963).

## 2.5 Manyezitin Zenginleştirilmesi

Manyezit cevheri üretimden sonra zenginleştirme işlemine tabi tutulur. Ancak, manyezitin amorf veya kristalin yapıda olması uygulanacak zenginleştirme işleminin farklı olmasına neden olur. Bu fark, her iki tip manyezitin serbestleşme tane boyutlarının, gang türlerinin ve manyezit minerallerinin niteliklerinin farklı olmasından kaynaklanır. Kristalin manyezit % 8'e dek Fe içerirken, amorf manyezitin Fe oranı çok düşük olduğu gibi, tane büyüklükleri de bazen mikronla ölçülemeyecek kadar ince olabilmektedir. Amorf manyezitte gang olarak serpantin ve opal bulunurken, kristalin manyezitin karakteristik gang mineralleri, dolomit, biyotit, talk, gñöna ve az miktarda kuvarstır (M.T.A., 1982; M.M.O., 1975).

Genel olarak manyezit için aşağıdaki zenginleştirme yöntemleri uygulanır (T.S.K.B.A.Ş., 1979, Atak, 1974).



### 2.5.1 El İle Ayıklama (Tavuklama-Triyaj)

Bu yöntem manyezit ile gang mineralleri arasındaki renk farkından yararlanılarak uygulanır. Ancak, uygulanabilen boyutlar 40 mm'nin üstündedir. Bunun yanında optik prensiple çalışan otomatik triyaj makinaları da vardır. Serbestleşme boyutuna indirilen cevherdeki mineraller, renk farklılıklarına göre ayrılabilen ve böylece triyajda tane boyutu oldukça düşürülebilmektedir (4 mm).

### 2.5.2 Boyut Küçültme ile Zenginleştirme

Bazı manyezit cevherlerinde gang mineralleri manyezit kadar sert olmadıkları için boyut küçültme sırasında daha fazla ufalanarak inceye geçerler. Bu özellikten, manyezitin kaba olarak zenginleştirilmesinde yararlanır ve böylece  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  ve Fe içeriği önemli ölçüde düşürülebilir.

### 2.5.3 Ağır-Ortam Ayırması ile Zenginleştirme

Manyezit ile gang mineralleri arasındaki yoğunluk farkından yararlanılarak yapılan zenginleştirme yöntemidir. Manyezitin yoğunluğu 2,9 - 3,1, gang minerallerininki ise 2,5 - 2,7 arasında değişir. Yaygın olarak kullanılan ağır-ortam ferrosilikonun sudaki süspansiyonu ile sağlanır ve modern teknolojide ayırıcı olarak ağır-ortam siklonları kullanılır.

Bazı manyezit cevherleri porozite ve dolayısıyla düşük yoğunluk nedeniyle ağır-ortam ayırmasına uygun değildir.

### 2.5.4 Elektrostatik Ayırma ile Zenginleştirme

Manyezit ve gang minerallerinin arasında az da olsa bir iletkenlik farkı vardır. Teorik olarak bu özellikten yararlanılarak manyezitin gang minerallerinden ayrılması mümkündür. Ancak, uygulamada pahalı olması nedeniyle pek yaygın değildir.

### 2.5.5 Manyetik Ayırma ile Zenginleştirme

Özellikle gang olarak içinde çeşitli şekillerde demir bulunan, serpantin içeren amorf manyezitlerde uygulanmaktadır. Uygun tane iriliklerinde, manyetik olan serpantin ile manyetik olmayan manyezit birbirinden ayrılmaktadır. Ancak, gang olarak bulunan serpantin az altere olmuş olması ve dolayısıyla manyetik özelliğini yitirmemiş olması gerekir.

Bunun yanında demir içeriği yüksek olan kristalen manyezitlerde de bu yöntemin uygulanması söz konusudur. Bu durumda demirli cevher kavurulmakta, bu kavurma sonunda manyetik özellikleri olan "Magnezioferrit" ( $MgO.Fe_2O_3$ ) oluşmakta ve bu ayırma yönteminin temelini hazırlamaktadır. Demirli manyezit ürünlerinin, önemini yitirmesi nedeniyle bu yöntem artık uygulanmamaktadır.

Manyetik ayırıcıların manyetik alan şiddetlerinin teknolojinin gelişmesine paralel olarak artması, bu yöntemin manyezitin gang minerallelerinden ayrılmasında yaygın olarak kullanılmasını sağlamaktadır.

### 2.5.6 Hidrotasyon Yoluyla Ayırma ile Zenginleştirme

"Kalsine manyezit" su ya da su buharı ile ısıtıldıktan ve bir kaç gün bu durumda bekletildikten sonra tromel elekten geçirilerek kısmen temizlenir. Manyezitin içerdiği  $CaO$  hidratlaşarak  $CaOH$  haline gelir ve tromel elekten elendiği zaman daha iri taneli olan kalsine manyezitten ayrılır.

### 2.5.7 Dereceli Kalsinasyon ile Zenginleştirme

Manyezit, kalsit ve dolomitten daha düşük sıcaklık derecelerinde kalsine olur. Cevher, manyezitin kalsine olduğu sıcaklıkta kalsine edilir. Bu sırada manyezitin sertliği azalır ve daha sert olan kalsit, dolomit ve silikatlardan öğütülmek ve sınıflandırılmak suretiyle ayrılabilir.

### 2.5.8 Kalsinasyon ve Gravite Yoluyla Ayırma ile Zenginleştirme

Silisli gang içeren manyezit cevheri, konsantrasyon öncesi 600 - 900°C'de kalsine edilir. Bu işlem sırasında manyezit kısmen ya da tamamen 1.3-1.9 gr/cm<sup>3</sup> lük bir görünür yoğunluk kazanır. Silisli gang ise yalnızca suyunu yitirir ve 2.2 - 2.3 gr/cm<sup>3</sup> görünür yoğunluk kazanır. Böylece ayırma, uygulanan gravite konsantrasyonu yöntemleri ile kolayca gerçekleşir. Sulu ortamlarda gravite (jig, sallantılı masa, ağır-ortam) ayırması kostik kalsine manyezitin su almasını ve görünür yoğunluğunun 1.9-2.1 gr/cm<sup>3</sup>'e yükselmesine neden olur ve ayırma güçleşir, fakat oldukça kabul edilebilir sonuçlar alınabilir.

### 2.5.9 Flotasyon ile Zenginleştirme

Manyezit madenciliğinde uygulanan diğer bir zenginleştirme yöntemi de flotasyon'dur. Bu yöntemde, cevher serbestleşme tane boyutuna dek öğütülür ve uygun reaktifler kullanılarak duruma göre manyezit yüzdürülür veya bastırılır (ters flotasyon). Manyezitin yanında gang minerali olarak silikatlar çoğunluktaysa, katyonik bir reaktif kullanılarak silikatlar yüzdürülür, yüzmeyen kısımda da manyezit zenginleştirilir. Gang olarak dolomit ve/veya kalsit çoğunluğu oluşturuyorsa ancak anyonik bir reaktifle manyezit yüzdürülürken, uygun bastırıcı reaktifler kullanılarak gang bastırılır (Clemmer, et al, 1943).

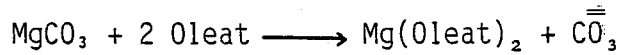
Doğal olarak hidrofilik (suyu seven) özelliğe sahip olan manyeziti hidrofob (suyu sevmeyen) yapmak ve yüzdürmek için genellikle anyonik toplayıcı olan yağ asitleri ile yağ asidi tuzu olan sabunlar kullanılır.

Karboksil grubunu (COO) içeren organik asitler ve bunların tuzlarına karbosilikatlar (RCOOH) denir. Karboksilatların hidrokarbon zincirindeki karbon sayısı 12'den fazla ise bunlara yağ asitleri adı verilir.

Flotasyonda kullanılan yağ asitleri bitkisel ve hayvansal yağlardan kısmi sentez veya damıtma ile elde edilir. Yağ asitleri, hidrokarbon zincirlerinde çift bağ yoksa, doymuş yağ asitleri, bir veya daha fazla çift bağ varsa, doymamış yağ asitleri adını alır. Flotasyonda doymamış yağ asitleri doymuşlara tercih edilir. Yağ asitlerinin hidrokarbon zinciri uzadıkça, suda çözünmeleri azalır. Aynı hidrokarbon zincirine sahip yağ asitlerinde çift bağ sayısı arttıkça,

suda çözünürlük de artar, yani doymamış yağ asitleri doymuş yağ asitlerine göre suda daha fazla çözünürler. Yağ asitlerinin alkali metallere yaptıkları bileşiklere sabun denir. Sabunlar uzun zincirli bile olsalar suda çözünürler. Sabunlar, zayıf bir asidin tuzu olduğundan, asit iyonunun suda hidrolizi ile yağ asitleri oluşur ve çözünürlük azalır. Bu nedenle de asidik ortamda yağ asitlerinin ve sabunların toplayıcılık özelliği azalır. Bazı pH'larda ise ortamda karboksilat iyonu konsantrasyonu dolayısıyla toplayıcılık özelliği artar. Bu nedenle de yağ asitleri ve sabunlarla flotasyon bazı ortamda yapılır.

Toprak alkali metalleri içeren, manyezit, kalsit, barit, fluorit, vb. minerallerin flotasyonunda yağ asitleri ve sabunlar başarılı olarak kullanılır. Yağ asitleri toprak alkali metallere (iki değerlikli metallerle) suda erimeyen bileşikler oluştururlar. Mineral yüzeyinde metal iyonu ile karboksilat iyonunun kimyasal reaksiyonu sonucu, yeni bir bileşik oluşur. Bu olaya "Kimyasal adsorpsiyon" denir. Manyezit oleik asit ile muamele edildiğinde;



reaksiyonu oluşur ve mineral yüzeyi yaklaşık bir molekül kalınlığında toplayıcı bileşiği ile kaplanır. Böylece manyezitin yağ asidi ile flotasyonu mümkün olur. Yağ asitlerinin içinde en ucuzu oleik asit ( $\text{C}_{17}\text{H}_{35}\text{COO}^-$ ) olduğu için flotasyonda yaygın olarak kullanılır.

Yağ asitleri ile manyezitin yüzdürüldüğü anyonik flotasyonda gang minerallerini bastırmak için sodyum silikat ( $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ ) ve kalgon (sodyum heksametafosfat) kullanılır.

Manyezitin yanında gang minerali olarak silikatlar çoğunluktaysa, katyonik reaktif kullanarak silikatları yüzdürmek ve yüzmeyen kısımda manyeziti zenginleştirmek mümkündür. Katyonik toplayıcı olarak flotasyonda en çok aminler veya aminlerin klorürlü ve asetatlı tuzları kullanılır.

Aminler, hidrojen yerine geçen hidrokarbon zincirinin sayısına göre birincil (primary), ikincil (secondary), üçüncül (tertiary) ve dördüncül (quaternary) aminler olmak üzere dört sınıfa ayrılırlar.

Aminler ayrıca hidrokarbon zincirinin düz veya halka şeklinde olmasına göre, alkil amin, aril amin veya alkil-aril amin gibi çeşitli isimler alırlar. Kısa zincirli aminler suda çözünürler. Hidrokarbon zinciri uzadıkça çözünürlük azalır ve kolloid özellikler başlar. Flotasyonda kullanılan aminler genellikle 8'den fazla karbon içerdikleri için, uzun zincirli sayılırlar ve suda çözündükleri zaman, kolloid özellikler gösterirler.

Hidroliz nedeni ile, flotasyon ortamının pH'ı çözeltideki amin iyonu konsantrasyonu bakımından çok önemlidir. Ortam asit veya orta derecede bazik olduğu zaman, çözeltide amin iyonu bulunur. pH yükselirse, ( $\text{pH} > 11$ ), çözeltide amin iyonunun yerini amonyum hidroksit bileşiği alır. Bu nedenle amin flotasyonu  $\text{pH} = 6-9$  arasında yapılır. Çünkü bu sınırlar arasında genellikle yüzeyler negatif yüklüdür ve çözeltide bol miktarda amin iyonu mevcuttur.

Aminlerle manyezit flotasyonunda, bazik ortamda manyezitin aminle temas açısının "0" olduğu belirlenmiştir (Atak, 1974). Silikatların aminlerle flotasyonunda, yüzey reaksiyonundan çok, elektrostatik etkilerin önemli olduğu bilinmektedir. Yüzey potansiyelinin negatif işaretli olduğu durumlarda flotasyonun mümkün olduğu, negatif elektrik yükü arttıkça flotasyonun kolaylaştığı saptanmıştır. Dolayısıyla aminlerle silikat flotasyonunda fiziksel adsorpsiyonun varlığından söz etmek mümkündür.

Amin flotasyonunda, manyeziti bastırmak için nişasta kullanılabilir gibi, manyezitin temas açısının amin flotasyonunda sıfır olması nedeniyle hiçbir bastırıcı kullanmadan da silikatları yüzdürmek mümkün olabilmektedir. Silikat minerallerinin flotasyon yeteneğini arttırmak ve reaktif sarfiyatını azaltmak için nötr hidrokarbon yağları kullanılabilir. Mineral yüzeyine ince bir tabaka halinde yayılan ve suda çözünmeyen bu yağlar, mineralin köpüğe yapışmasını sağlarlar. Petrol, odun vekömürden elde edilen nötr hidrokarbon yağlarına örnek olarak gazyağı, mineral yağı (nujol), fuel oil ve tall oil verilebilir. Ucuz olduğu için silikat flotasyonunda en çok gazyağı kullanılır (Matis and Gallios, 1988; Hanna and Samasundaran, 1976; Smith and Akhtar, 1976; Fuerstenau and Polmer, 1976; Sengupta, et al. 1974; Sengupta, et al. 1978; Sengupta et al., 1980; Sastri, et al., 1981; Sengupta, et al., 1980; Fuerstenau and Chander, 1985; Lagaly and Sander, 1983).

### 3. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

Deneysel çalışmalar, elektrokinetik potansiyel ölçümü, infrared spektrofotometre ve flotasyon çalışmalarını içermektedir.

Çalışmalarda KÜMAŞ'a ait Turan Ocağı'ndan alınan olabildiğince temiz manyezit ve serpantin numuneleri kullanılmıştır. Manyezit ve serpantin kimyasal analiz sonuçları Çizelge 3.1 ve 3.2'de gösterilmiştir. Manyezit ve serpantin boyut küçültme işleminden sonra öğütücü ve kırıcı ortamdan gelebilecek demirli aksamı ayırmak amacıyla temizlenmiştir.

Elektrokinetik potansiyel ölçümlerinde ve infrared spektrofotometre çalışmalarında kullanılan NaCl, MgCl<sub>2</sub>, CaCl<sub>2</sub>, Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, Oleik asit ve Sodyum Oleat mol ağırlıkları dikkate alınarak, Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub>, 825, 830, 845, 870, Flotigam ENA, Armacflote 14 ve Armacflote 17 ise % miktar olarak değişik konsantrasyonlarda ve bir litrelik kaplarda damıtık su ile stok çözelti olarak hazırlanmıştır. Bu stok çözeltilerden 100 cc alınarak 1-2 gr manyezit veya serpantin ile karıştırılarak dengeli bir süspansiyon haline getirilmiş ve gerekli miktarlarda HCl ve NaOH eklenerek pH ayarı yapılmıştır.

% Miktar olarak hazırlanan stok çözeltiler % 1'lik (10 gr/lt), % 2'lik (20 gr/lt), % 5'lik (50 gr/lt), % 10'luk (100 gr/lt) şeklinde hazırlanmıştır.

Çizelge 3.1. Manyezit'in Komple Kimyasal Analizi

Madde	%	Madde	%
MgO	46,87	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,28
CaO	1,15	Na <sub>2</sub> O	0,095
SiO <sub>2</sub>	1,47	K <sub>2</sub> O	0,048
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,26	Ateş Kaybı	49,83

Çizelge 3.2. Serpantin'in Komple Kimyasal Analizi

Madde	%	Madde	%
MgO	31,98	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	7,49
CaO	1,29	Na <sub>2</sub> O	2,13
SiO <sub>2</sub>	36,14	K <sub>2</sub> O	0,096
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4,58	Ateş Kaybı	16,30

### 3.1 Elektrokinetik Potansiyel Ölçümleri

Manyezit ve serpantinın yüzey özelliklerini belirlemek amacıyla elektrokinetik ölçümler yapılmıştır. Ölçümler de kullanılan manyezit ve serpantin numuneleri 37 mikronun altına öğütülmüştür. 37 mikronun altına öğütülen numuneler bir kaç kez damıtık su ile yıkandıktan sonra içinde damıtık su bulunan bir litrelik dereceli silindir bir kaba konularak bir kaç dakika karıştırılmış ve 10 mikronun üzerindeki boyuta sahip tanelerin Stokes yasasına göre çökmesi sağlanmış, 10 mikron ve daha küçük boyuttaki taneler ise elektrokinetik ölçümlerde kullanılmak üzere alınarak başka bir kaptaki stok numune olarak saklanmıştır.

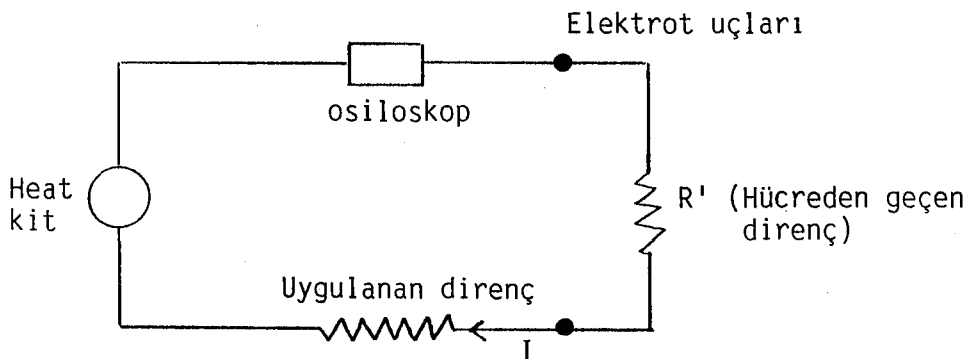
Elektrokinetik ölçümlerde kullanılan manyezit ve serpantin numunelerinin boyut dağılım analizi Malvern Master Particle Sizer M.G.10 ile yapılmış ve sonuçlar Çizelge 3.3 ve Çizelge 3.4.de ve Şekil 3.1 - 3.2 de gösterilmiştir.

Manyezit ve serpantin numunelerinin elektrokinetik potansiyeli Rank-Brothers mikro-elektroforez cihazı ile ölçülmüştür.

#### 3.1.1 Mikro-Elektroforez Cihazının Kalibrasyonu

Mikro-elektroforez cihazının mikroskopundaki okülerinde bulunan retikül uzunluğu bir mikrometre yardımıyla belirlenmiştir. Ölçümler su altında ve havada olmak üzere iki kez yapılmış ve her iki ölçümde de aynı objektif kullanılmıştır.

Elektrotlar arası etkin mesafenin ölçülebilmesi için hücre önce -likle elektriksel iletkenliği "K" bilinen bir çözelti ile doldurulmuştur ve sonra "Kikisui cos 5100 100 MHz osiloskop" ve "Heatkit function generation" aletleri kullanılarak aletin iç direnci bulunmuştur.



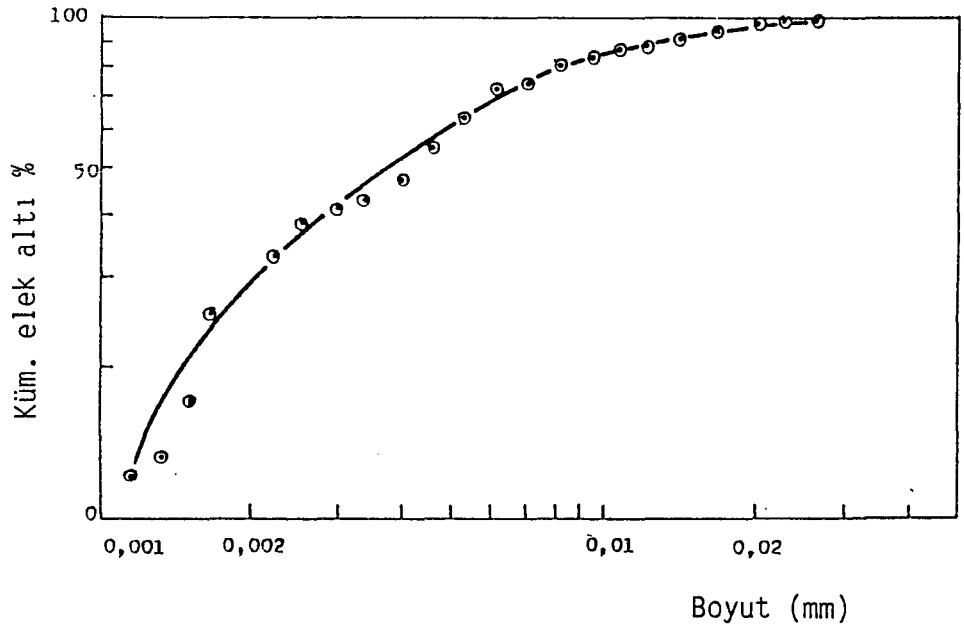
Çizelge 3.3. Manyezitin Boyut Dağılımı Sonuçları

Boyut (mm)	Kümülatif Elek altı %	Kümülatif Elek üstü %
+ 0,0270	—	0,10
- 0,0270 + 0,0233	99,90	0,20
- 0,0233 + 0,0201	99,80	2,00
- 0,0201 + 0,0174	98,00	5,00
- 0,0174 + 0,0150	95,00	8,30
- 0,0150 + 0,0129	91,70	11,00
- 0,0129 + 0,0111	89,00	13,10
- 0,0111 + 0,0096	86,90	15,70
- 0,0096 + 0,0083	84,30	19,00
- 0,0083 + 0,0072	81,00	23,10
- 0,0072 + 0,0062	76,90	28,80
- 0,0062 + 0,0053	71,20	36,70
- 0,0053 + 0,0046	63,30	45,30
- 0,0046 + 0,0040	54,70	52,50
- 0,0040 + 0,0034	47,50	56,60
- 0,0034 + 0,0030	43,40	58,60
- 0,0030 + 0,0026	41,40	60,80
- 0,0026 + 0,0022	39,20	65,90
- 0,0022 + 0,0019	34,10	74,40
- 0,0019 + 0,0016	25,60	84,60
- 0,0016 + 0,0014	15,40	91,70
- 0,0014 + 0,0012	8,30	94,50
- 0,0012	5,50	—

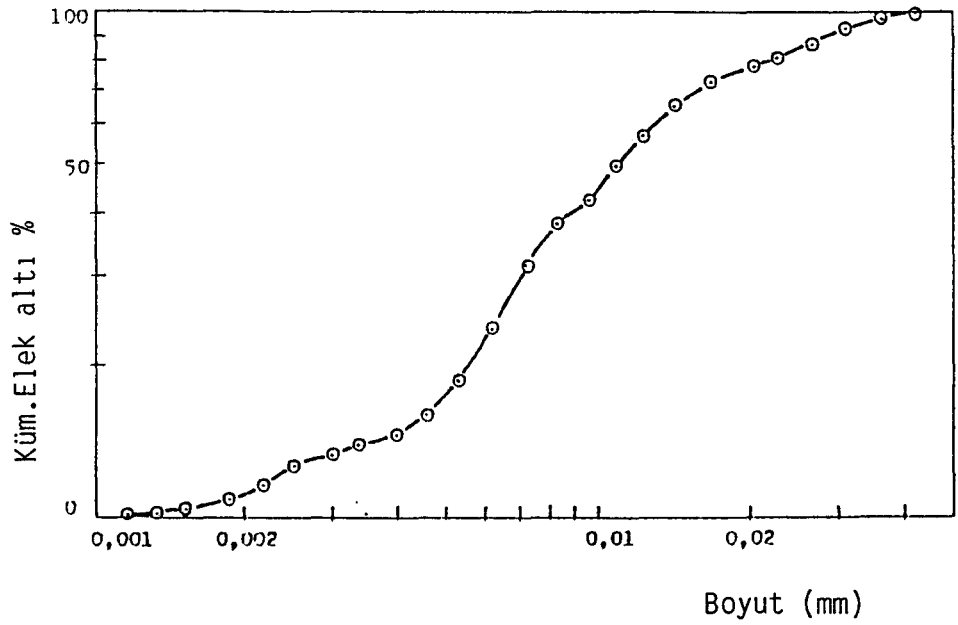


Çizelge 3.4. Serpantin Boyut Dağılımı

Boyut (mm)	Kümülatif Elek altı %	Kümülatif Elek üstü %
+ 0,0421	—	0,60
- 0,0421 + 0,0363	99,40	2,60
- 0,0363 + 0,313	97,40	6,90
- 0,0313 + 0,0270	93,10	12,90
- 0,0270 + 0,0233	87,10	18,40
- 0,0233 + 0,0201	81,60	22,60
- 0,0201 + 0,0174	77,40	27,40
- 0,0174 + 0,0150	72,60	34,80
- 0,0150 + 0,0129	65,20	43,10
- 0,0129 + 0,0111	56,90	50,70
- 0,0111 + 0,0096	49,30	57,50
- 0,0096 + 0,0083	42,50	63,90
- 0,0083 + 0,0072	36,10	69,90
- 0,0072 + 0,0062	30,10	76,00
- 0,0062 + 0,0053	24,00	82,30
- 0,0053 + 0,0046	17,70	86,80
- 0,0046 + 0,0040	13,20	89,30
- 0,0040 + 0,0034	10,70	90,70
- 0,0034 + 0,0030	9,30	91,90
- 0,0030 + 0,0026	8,10	93,90
- 0,0026 + 0,0022	6,70	95,60
- 0,0022 + 0,0019	4,40	97,60
- 0,0019 + 0,0016	2,40	98,80
- 0,0016 + 0,0014	1,20	99,50
- 0,0014	0,50	—



Şekil 3.1. Manyezitin boyut dağılımı eğrisi



Şekil 3.2. Serpantin'in boyut dağılımı eğrisi

Elektrod uçları ile heat kit arasına  $100 \Omega$  'luk bir direnç bağlanmış ve heatkit (sinyal verici) yardımıyla 10 voltluk bir sinyal verilerek osiloskoptaki dalga boyu gözlenmiştir.

$$I = \frac{V}{R} = \frac{170 \text{ mV}}{100 \Omega} = 1.7 \text{ mA}$$

$$I = \text{Devreden geçen akım} = 1,7 \text{ mA}$$

$$V = \text{Osiloskoptan okunan gerilim} = 170 \text{ mV}$$

$$R = \text{Devreye bağlanan telin direnci} = 100 \Omega$$

$$R' = \text{Hücreden geçen direnç } (\Omega)$$

$$1,7 \text{ mA} = \frac{10 \text{ V}}{R' + 100 \Omega} \quad R' + 100 = 5,882 \text{ k}\Omega = 5882 \Omega$$

$$R' = 5882 - 100 = 5782 \Omega$$

Hücreden geçen direnç belirlendikten sonra hücrenin kesit alanını belirlemek amacıyla hücrenin genişlik ve yüksekliği cihazdaki mikrometreler yardımıyla belirlenmiştir. Hücrenin görünür genişliğini bulmak için hücrenin içine mürekkepli su konularak mikroskop önce hücrenin en iç yüzeyine daha sonra dış yüzeyine odaklanarak cihazın alt kısmındaki mikrometreden okuma yapılmış ve iki okuma arasındaki fark hücrenin görünür genişliği olarak kabul edilmiştir. Gerçek genişliği bulmak için görünür genişlik suyun kırılma indisi (1,33) ile çarpılmıştır.

Hücrenin yüksekliğini bulmak için yine içi mürekkepli su ile dolu iken hücrenin en alt ve en üst yüzeyleri görülerek üst kısımdaki mikrometreden okuma yapılmış ve iki okuma arasındaki fark hücrenin yüksekliği olarak kabul edilmiştir.

$$\text{Hücrenin görünür genişliği} = 1.010 \text{ mm}$$

$$\text{Hücrenin gerçek genişliği} = \text{Görünür genişlik} \times \text{suyun kırılma-indisi}$$

$$\text{Suyun kırılma indisi} = 1.33$$

$$\text{Hücrenin gerçek genişliği} = 1.010 \text{ mm} \times 1,33 = 1.343 \text{ mm}$$

$$\text{Hücrenin yüksekliği} = 9.67 \text{ mm}$$

$$\text{Hücrenin kesit alanı} = 1,343 \text{ mm} \times 9,67 \text{ mm} = 12,99 \text{ mm}^2 = 0,1299 \text{ cm}^2$$

$$\text{Retikül uzunluğu} = 100 \text{ mikron}$$

$$10^{-1} \text{ M KCl çözeltisinin elektriksél iletkenliği} = K = 1,288 \times 10^2 \text{ Ohm}^{-1} \text{ cm}^{-1}$$

$l$  = Elektrodlar arası etkin mesafe (cm)

$l = R \times K \times A$

$R$  = Hücreden geçen direnç = 5782  $\Omega$

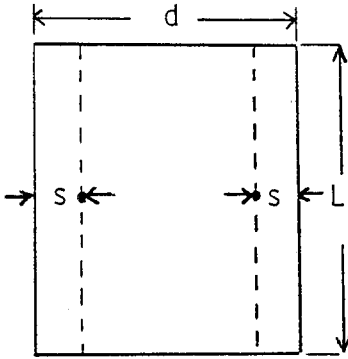
$K = 10^{-1}$  M KCl çözeltisinin elektriksel iletkenliği

$A$  = Hücrenin kesit alanı = 0,1299 cm<sup>2</sup>

$$l = 5782 \times 1.288 \times 10^{-2} \times 0.1299 = 9.67 \text{ cm}$$

Cihazın kalibrasyonu yapıldıktan sonra mineral taneciklerinin hareket hızını ölçebilmek için elektroosmoz'un olmadığı noktaları (stationary levels) belirlemek gerekir. Bu da hücrenin yüksekliğine ve genişliğine bağlı olarak değişir ve Komagata eşitliği ile belirlenir (Rank Brothers kataloğu).

$$\frac{S}{d} = 0.500 \left( 0.0833 + \frac{32}{\pi^5} \cdot \frac{d}{L} \right)^{1/2}$$



$d$  = Hücrenin kalınlığı

$L$  = Hücrenin yüksekliği

$S$  = Elektroosmozun olmadığı noktalar

$$\text{Elektrokinetik potansiyel} = \zeta = 12,83 \times U \quad (\text{milivolt})$$

Ölçümler sırasında hücre tankındaki su sürekli 25°C olarak tutulmuştur.

$$U = \frac{v}{E}$$

$$E = \frac{V}{l}$$

$U$  = Tanenin hareketliliği ( $\mu \text{sn}^{-1} \text{cmvolt}^{-1}$ )

$v$  = Tanenin hareket hızı ( $\mu/\text{sn}$ )

$E$  = Uygulanan elektrik alanı (volt/cm)

$V$  = Uygulanan voltaj (Volt)

$l$  = Elektrodlar arası etkin mesafe (cm)

Manyezit ve serpantin tanelerinin hareket hızları değişik pH'larda ve inorganik tuzlarla organik reaktiflerin değişik konsantrasyonlarında ölçülmüştür. Çözeltilerin pH'larını ayarlamak için HCl ve NaOH kullanılmıştır.

### 3.1.2 Manyezit ve Serpantinin Elektrokinetik Potansiyelinde pH'ın Etkisi

Manyezit ve serpantin numunelerinin elektrokinetik potansiyelinin pH'a göre değişimi Çizelge 3.5 - 3.6 ile Şekil 3.3 - 3.4 de verilmiştir.

Manyezit ve serpantin için sıfır yük noktası (z.p.c) pH = 5,8 olarak belirlenmiştir. Sıfır yük noktasının altındaki pH'larda yüzey elektrik yükü pozitif işaretli, daha yüksek pH'larda da negatif işaretlidir. Yüzey elektrik yükü pH = 5,5 civarında minimum olmaktadır.

Çizelge 3.5. Manyezitin Elektrokinetik Potansiyelinde pH Değişiminin Etkisi

pH	U Tanenin Hareketliliği ( $\mu\text{sn}^{-1}\text{ cm volt}^{-1}$ )	$\zeta$ Elektrokinetik Potansiyel (mV)
4,0	0,95	12,19
4,5	1,51	19,37
5,5	0,80	10,26
6,5	1,15	-14,75
7,0	1,63	-20,91
7,5	1,98	-25,40
8,0	2,27	-29,12
8,5	2,52	-32,33
9,0	2,82	-36,18
9,3	3,01	-38,62
9,8	3,16	-40,54
10,5	3,29	-42,21
11,2	3,47	-44,52
12,0	3,62	-46,44
12,5	3,71	-47,60

Çizelge 3.6. Serpantinin Elektrokinetik Potansiyelinde pH Değişiminin Etkisi

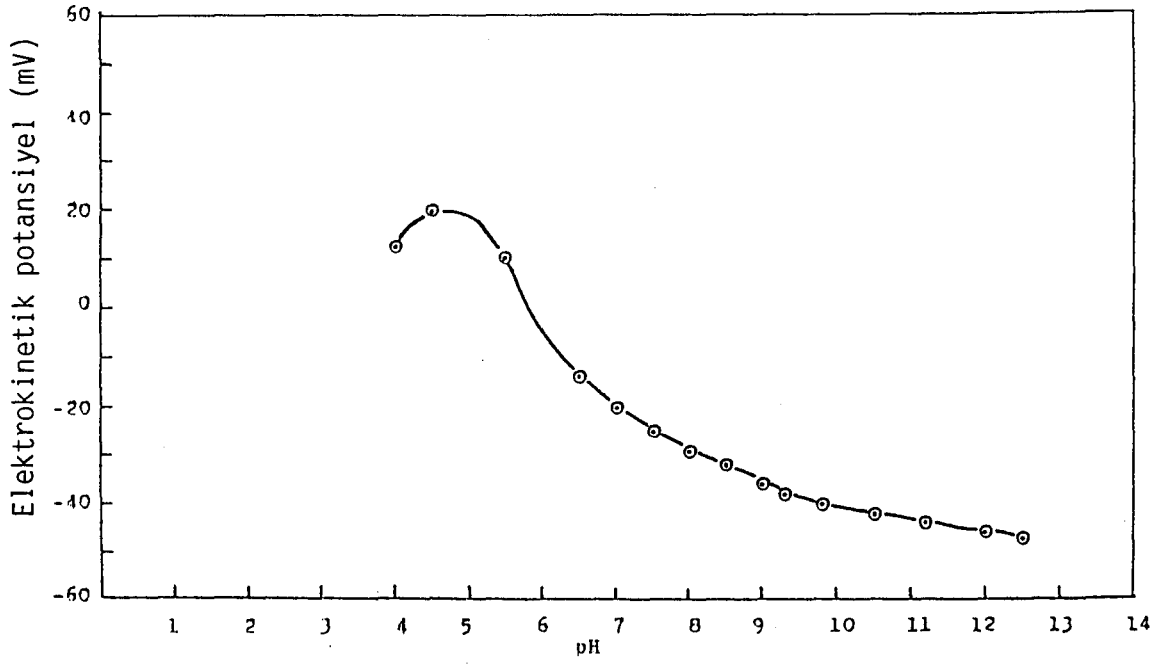
pH	U Tanenin Hareketliliği ( $\mu\text{s}\bar{n}^{-1}$ cm volt $^{-1}$ )	$\zeta$ Elektrokinetik Potansiyel (mV)
4.0	0.94	12.06
4.5	1.40	17.96
5.5	0.75	9.62
6.5	1.19	-15.27
7.0	1.64	-21.04
7.5	2.10	-26.94
8.0	2.23	-28.61
8.5	2.54	-32.59
9.5	2.81	-36.05
10.5	3.10	-40.93

### 3.1.3. Çeşitli iyonların manyezit ve serpantinin elektrokinetik potansiyeline etkisi

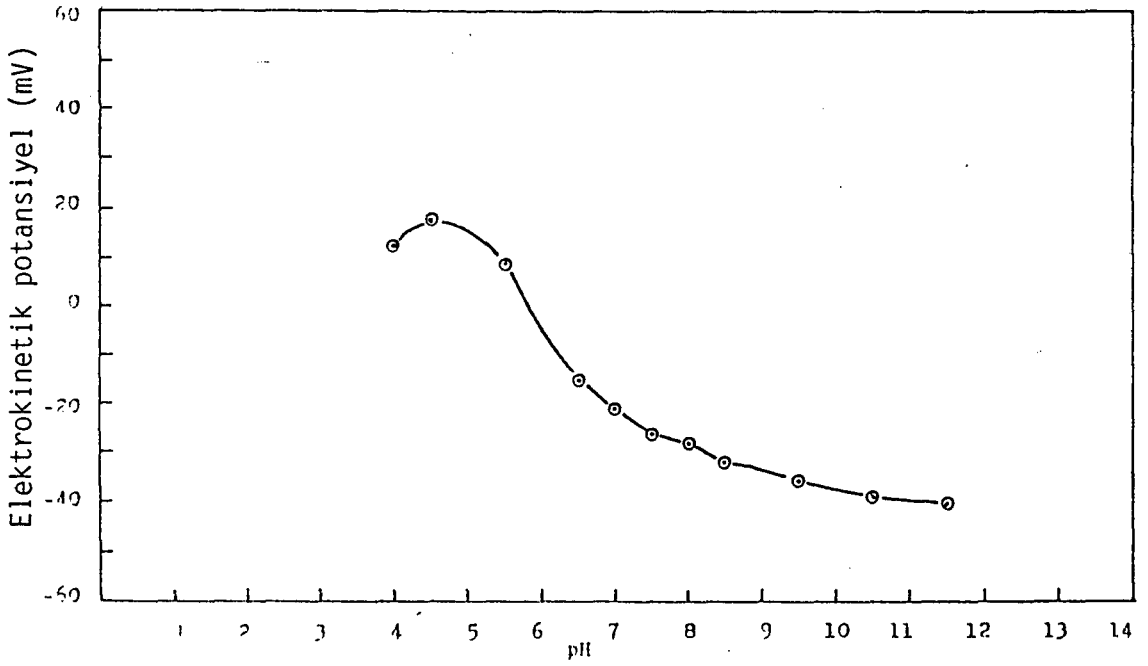
NaCl, MgCl<sub>2</sub>, CaCl<sub>2</sub>, Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> ve Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub>'ün manyezitin ve serpantinin elektrokinetik potansiyeline etkisi ve elektrolit olarak etkisi değişik pH'larda ve değişik konsantrasyonlarda incelenmiştir. Sonuçlar Çizelgeler 3.7 - 3.26 ile şekil 3.5 - 3.18'de verilmiştir.

Çizelge 3.7. 10<sup>-2</sup> M NaCl'ün Manyezitin Elektrokinetik Potansiyeline Etkisi

pH	U Tanenin Hareketliliği ( $\mu\text{s}\bar{n}^{-1}$ cm volt $^{-1}$ )	$\zeta$ Elektrokinetik Potansiyel (mV)
3.0	1.87	23.99
4.0	1.05	14.47
4.5	0.66	8.47
6.0	0.59	- 7.57
7.0	1.17	-15.01
8.0	1.54	-19.76
9.0	1.84	-23.61
10.0	1.95	-25.02
11.0	2.05	-26.30
11.5	2.07	-26.56



Şekil 3.3. Manyezitin elektrokinetik potansiyelinde pH'in etkisi



Şekil 3.4. Serpantinin elektrokinetik potansiyelinde pH'in etkisi

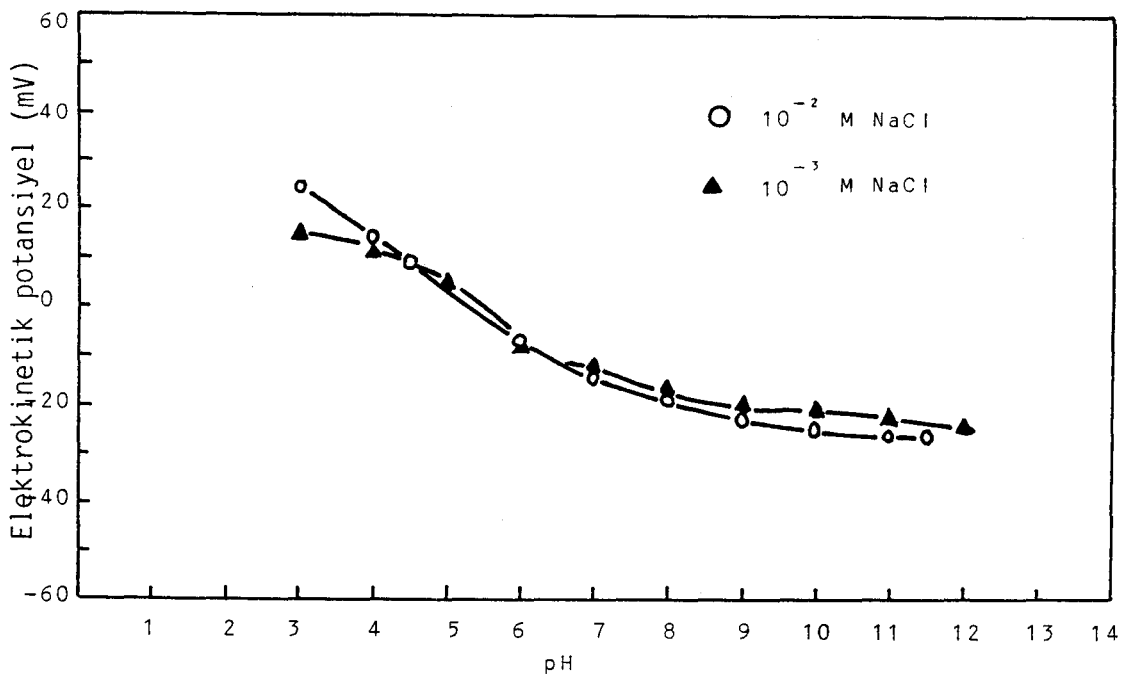
Çizelge 3.8.  $10^{-3}$  M NaCl'ün Manyezitin Elektrokinetik Potansiyeline Etkisi

pH	U Tanenin Hareketliliği ( $\mu\text{s}\bar{\text{n}}^{-1}$ cm volt $^{-1}$ )	$\zeta$ Elektrokinetik Potansiyel (mV)
3.0	1.24	15.91
4.0	0.94	12.06
5.0	0.44	5.65
6.0	0.55	- 7.06
7.0	1.01	-12.96
8.0	1.33	-17.06
9.0	1.58	-20.27
10.0	1.68	-21.55
11.0	1.79	-22.97
12.0	1.91	-24.51

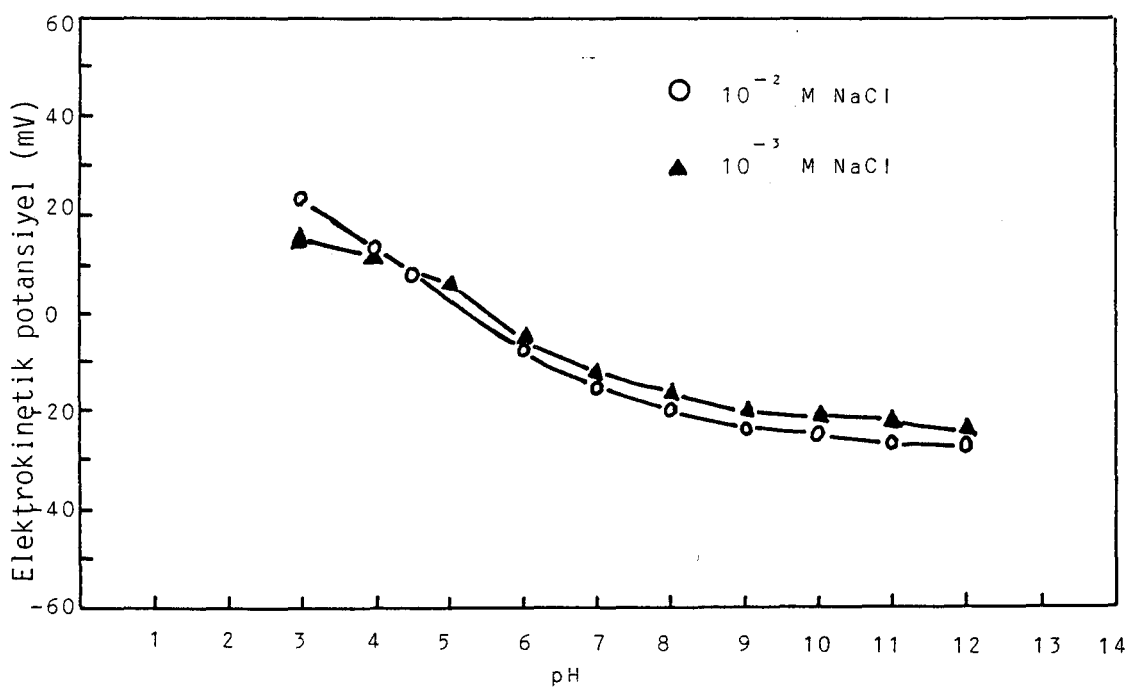
Çizelge 3.9.  $10^{-2}$  M NaCl'ün Serpantinin Elektrokinetik potansiyeline Etkisi

pH	U Tanenin Hareketliliği ( $\mu\text{s}\bar{\text{n}}^{-1}$ cm volt $^{-1}$ )	$\zeta$ Elektrokinetik Potansiyel (mV)
3.0	1.84	23.61
4.0	1.07	13.73
4.5	0.64	8.21
6.0	0.57	- 7.31
7.0	1.16	-14.88
8.0	1.52	-19.50
9.0	1.80	-23.09
10.0	1.89	-24.25
11.0	2.03	-26.05
12.0	2.06	-26.43





Şekil 3.5. NaCl'ün manyezitin elektrokinetik potansiyeline etkisi



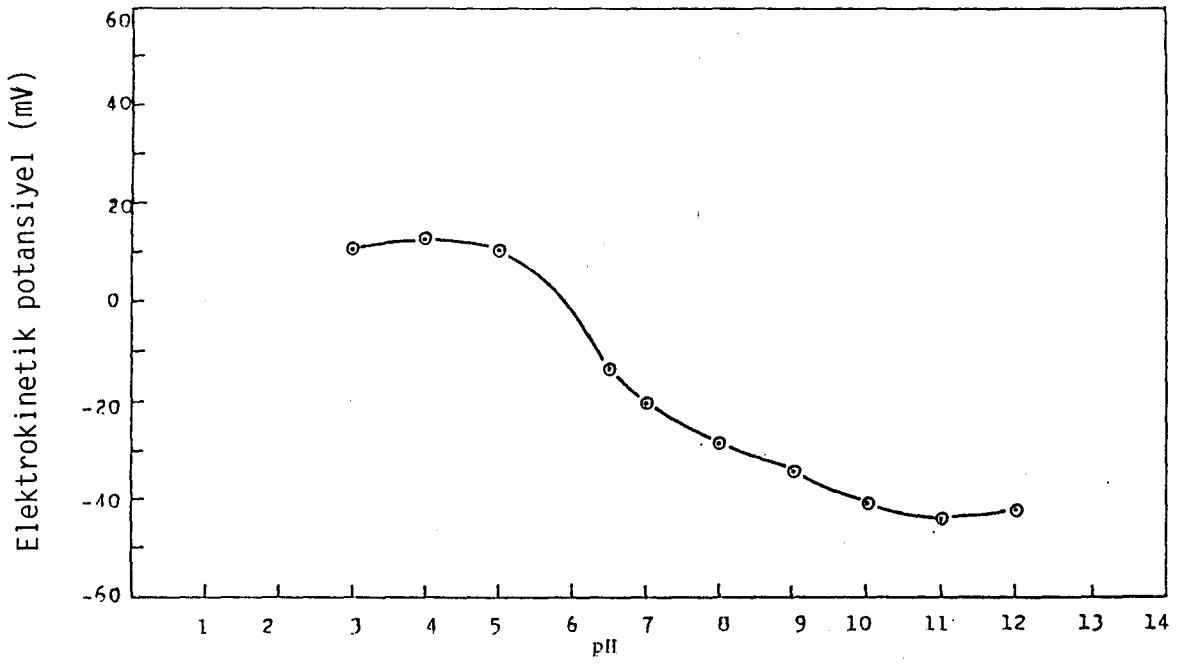
Şekil 3.6. NaCl'ün serpantinin elektrokinetik potansiyeline etkisi

Çizelge 3.10.  $10^{-3}$  M NaCl'ün Serpantinin Elektrokinetik Potansiyeline Etkisi

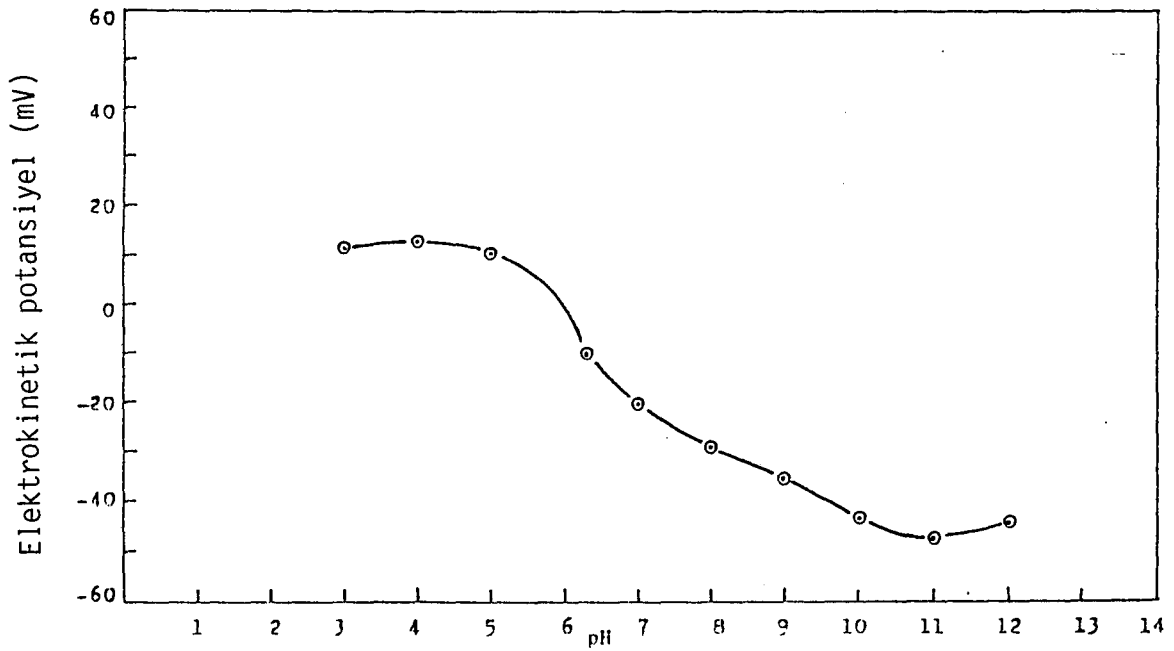
pH	U Tanenin Hareketliliği ( $\mu\text{s}\bar{n}^{-1}$ cm volt $^{-1}$ )	$\zeta$ Elektrokinetik Potansiyel (mV)
3.0	1.18	15.14
4.0	0.93	11.93
5.0	0.43	5.52
6.0	0.53	- 6.80
7.0	1.00	-12.83
8.0	1.32	-16.94
9.0	1.56	-20.02
10.0	1.66	-21.30
11.0	1.78	-22.84
12.0	1.89	-24.25

Çizelge 3.11.  $10^{-2}$  M MgCl $_2$ 'ün Manyezitin Elektrokinetik Potansiyeline Etkisi

pH	U Tanenin Hareketliliği ( $\mu\text{s}\bar{n}^{-1}$ cm volt $^{-1}$ )	$\zeta$ Elektrokinetik Potansiyel (mV)
3.0	0.85	11.16
4.0	0.97	12.45
5.0	0.79	10.14
6.5	1.09	-13.99
7.0	1.59	-20.40
8.0	2.23	-28.61
9.0	2.69	-34.51
10.0	3.22	-41.31
11.0	3.48	-44.65
12.0	3.33	-42.72



Şekil 3.7.  $10^{-2}$  M  $MgCl_2$ 'ün manyezitin elektrokinetik potansiyeline etkisi



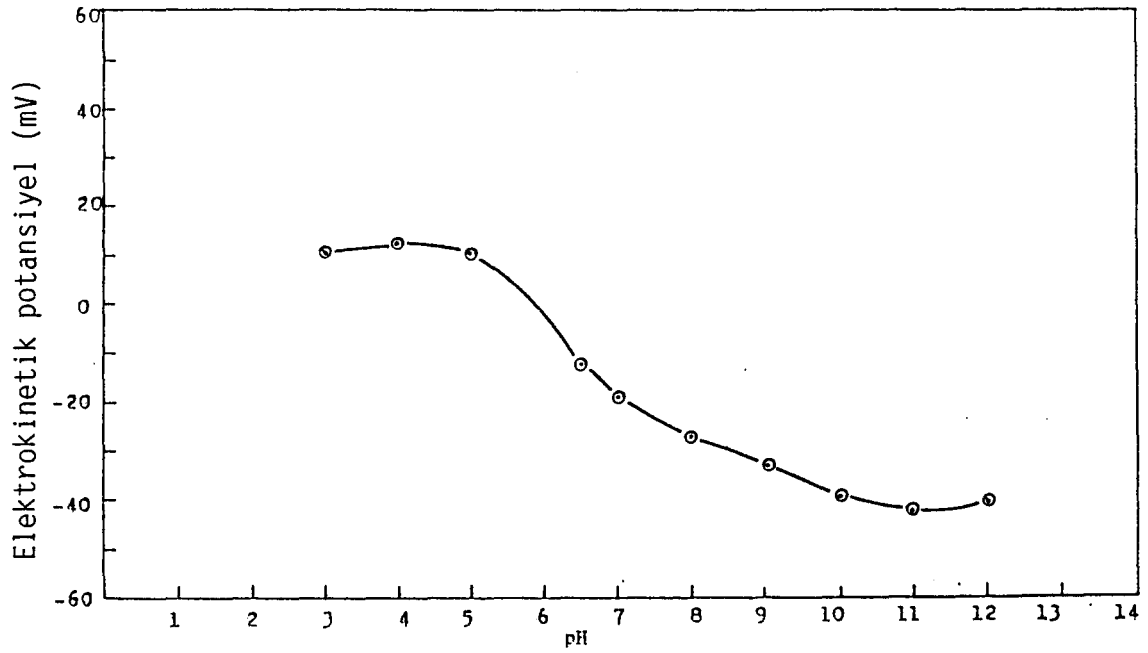
Şekil 3.8.  $10^{-3}$  M  $MgCl_2$ 'ün manyezitin elektrokinetik potansiyeline etkisi

Çizelge 3.12.  $10^{-3}$  M  $MgCl_2$ 'ün Manyezitin Elektrokinetik Potansiyeline Etkisi

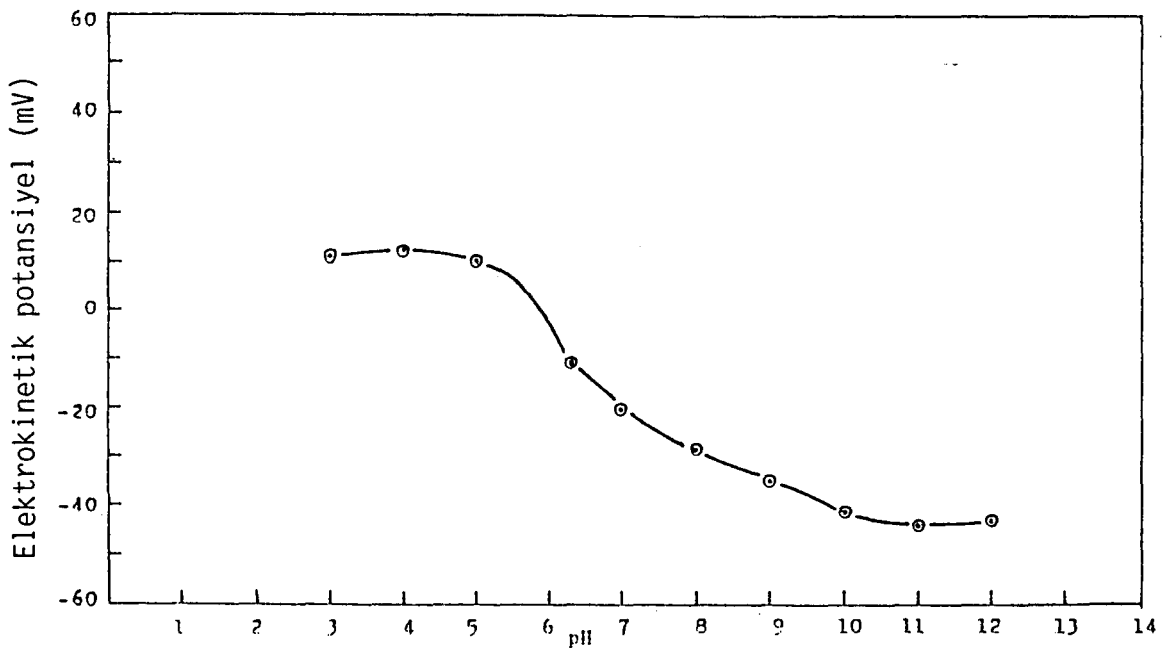
pH	U Tanenin Hareketliliği ( $\mu s^{-1}$ cm volt $^{-1}$ )	$\zeta$ Elektrokinetik Potansiyel (mV)
3.0	0.87	11.16
4.0	0.99	12.70
5.0	0.80	10.26
6.3	0.78	-10.01
7.0	1.62	-20.79
8.0	2.31	-29.64
9.0	2.79	-35.80
10.0	3.37	-43.24
11.0	3.69	-47.34
12.0	3.46	-44.39

Çizelge 3.13.  $10^{-2}$  M  $MgCl_2$ 'ün Serpantinin Elektrokinetik Potansiyeline Etkisi

pH	U Tanenin Hareketliliği ( $\mu s^{-1}$ cm volt $^{-1}$ )	$\zeta$ Elektrokinetik Potansiyel (mV)
3.0	0.84	10.78
4.0	0.95	12.19
5.0	0.78	10.01
6.5	1.01	-12.96
7.0	1.55	-19.89
8.0	2.14	-27.46
9.0	2.61	-33.49
10.0	3.08	-39.52
11.0	3.35	-42.98
12.0	3.17	-40.67



Şekil 3.9.  $10^{-2}$  M  $MgCl_2$ 'ün serpantinin elektrokinetik potansiyeline etkisi



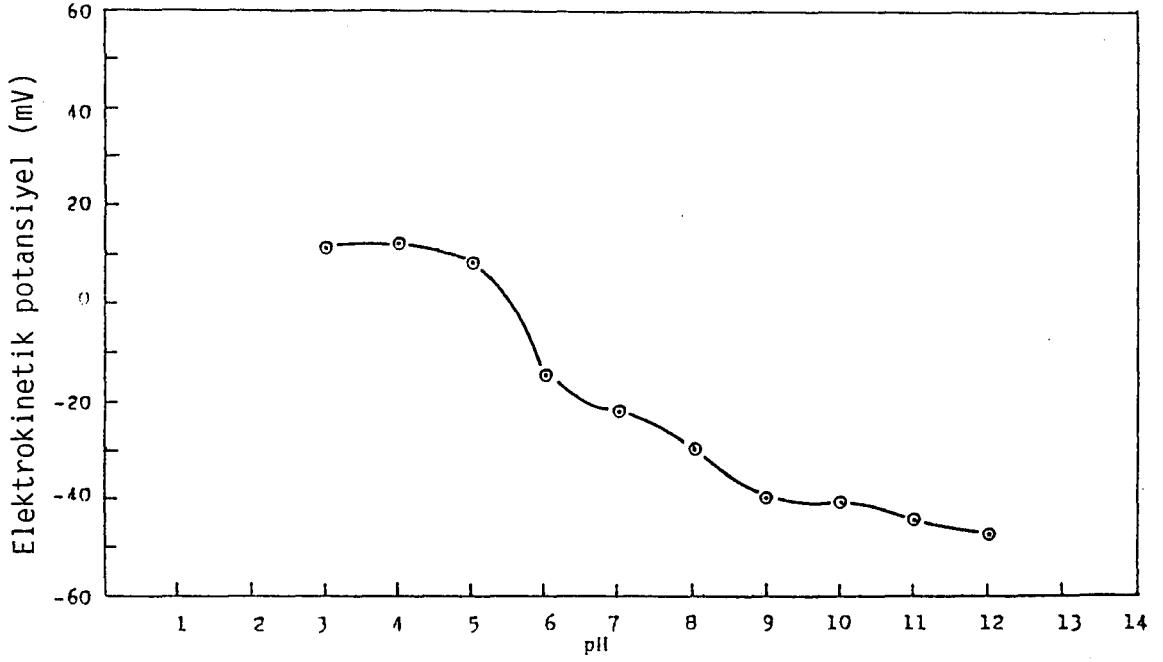
Şekil 3.10.  $10^{-3}$  M  $MgCl_2$ 'ün serpantinin elektrokinetik potansiyeline etkisi

Çizelge 3.14.  $10^{-3}$  M  $MgCl_2$ 'ün Serpantinin Elektrokinetik Potansiyeline Etkisi

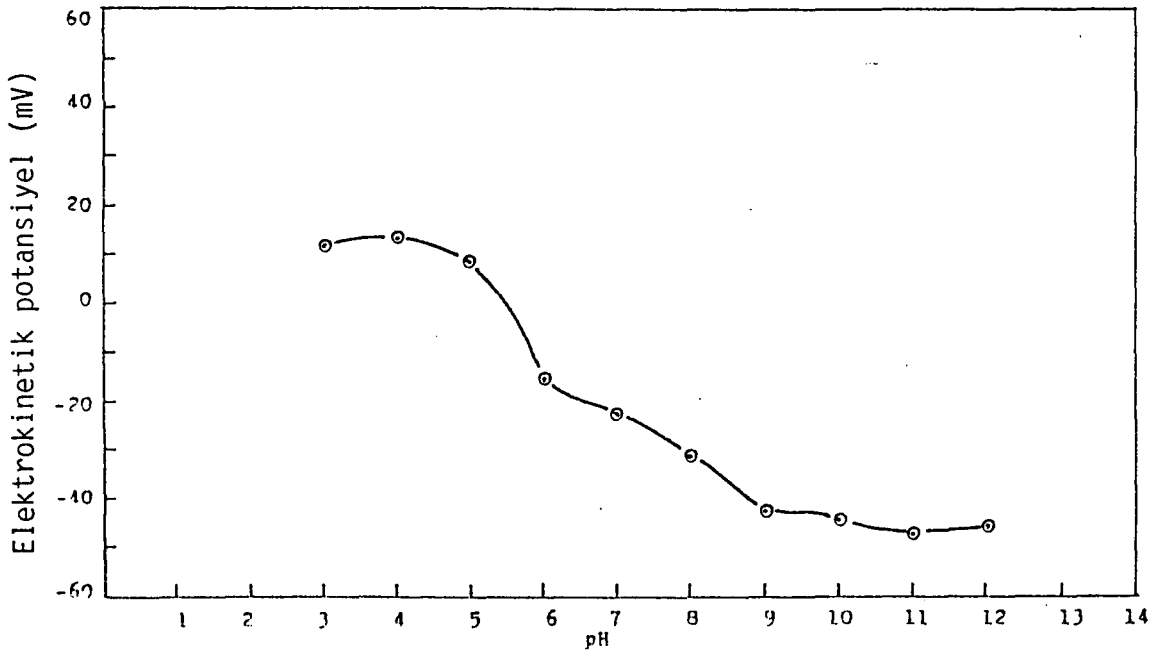
pH	U Tanenin Hareketliliği ( $\mu s n^{-1}$ cm volt $^{-1}$ )	$\zeta$ Elektrokinetik Potansiyel (mV)
3.0	0.86	11.03
4.0	0.97	12.45
5.0	0.79	10.14
6.3	0.86	-11.03
7.0	1.58	-20.27
8.0	2.25	-28.87
9.0	2.76	-35.41
10.0	3.23	-41.44
11.0	3.47	-44.52
12.0	3.36	-43.11

Çizelge 3.15.  $10^{-2}$  M  $CaCl_2$ 'ün Manyezitin Elektrokinetik Potansiyeline Etkisi

pH	U Tanenin Hareketliliği ( $\mu s n^{-1}$ cm volt $^{-1}$ )	$\zeta$ Elektrokinetik Potansiyel (mV)
3.0	0.91	11.68
4.0	1.01	12.96
5.0	0.65	8.34
6.0	1.15	-14.75
7.0	1.70	-21.81
8.0	2.32	-29.77
9.0	3.07	-39.39
10.0	3.18	-40.80
11.0	3.44	-44.14
12.0	3.73	-47.86



Şekil 3.11.  $10^{-2}$  M  $\text{CaCl}_2$ 'ün manyezitin elektrokinetik potansiyeline etkisi



Şekil 3.12.  $10^{-3}$  M  $\text{CaCl}_2$ 'ün manyezitin elektrokinetik potansiyeline etkisi

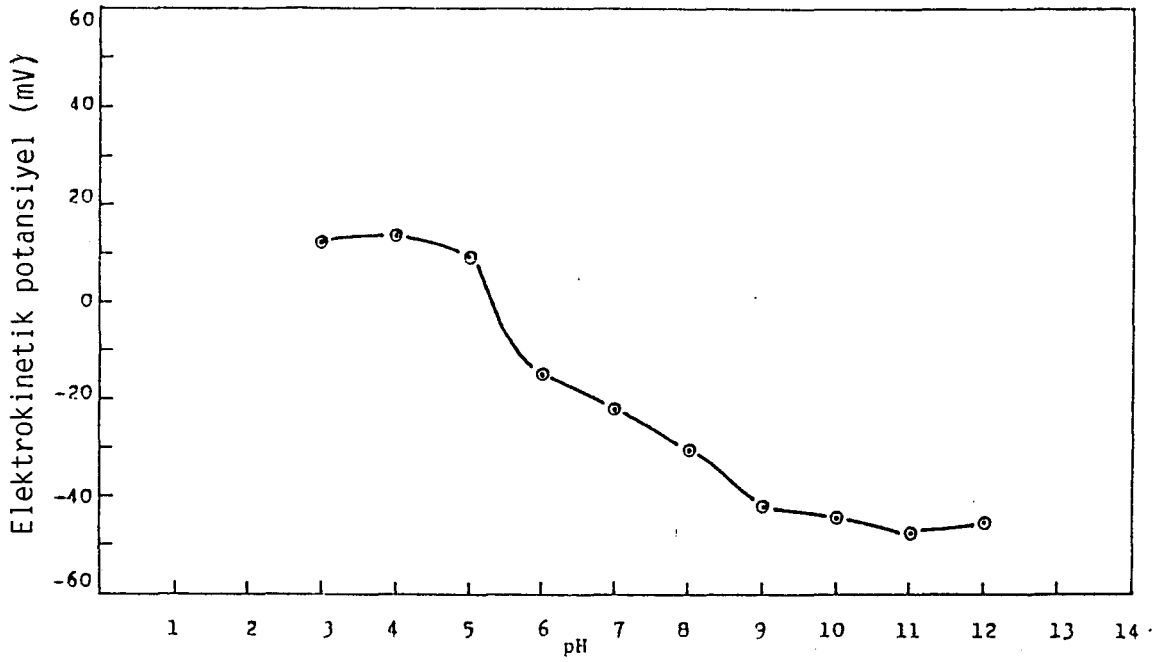
Çizelge 3.16.  $10^{-3}$  M  $\text{CaCl}_2$ 'ün Manyezitin Elektrokinetik Potansiyeline Etkisi

pH	U Tanenin Hareketliliği ( $\mu\text{sn}^{-1}$ cm volt $^{-1}$ )	$\zeta$ Elektrokinetik Potansiyel (mV)
3.0	0.92	11.80
4.0	1.03	13.21
5.0	0.70	8.98
6.0	1.20	-15.40
7.0	1.74	-22.32
8.0	2.44	-31.31
9.0	3.34	-42.85
10.0	3.50	-44.91
11.0	3.68	-47.21
12.0	3.51	-45.03

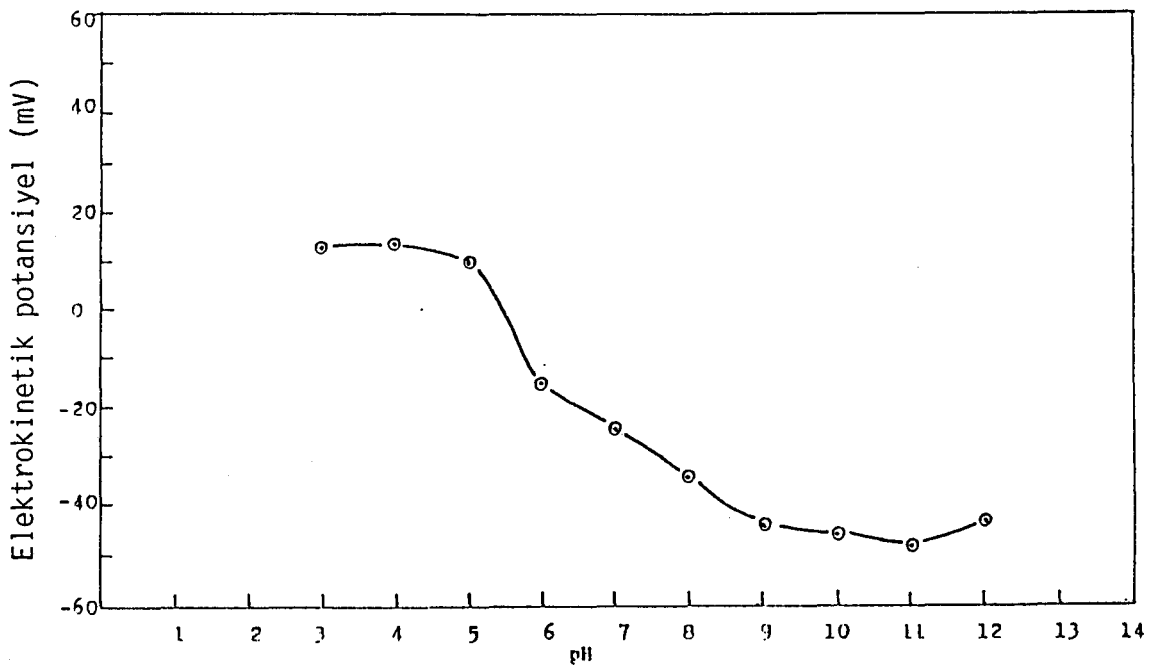
Çizelge 3.17.  $10^{-2}$  M  $\text{CaCl}_2$ 'ün Serpantinin Elektrokinetik Potansiyeline Etkisi

pH	U Tanenin Hareketliliği ( $\mu\text{sn}^{-1}$ cm volt $^{-1}$ )	$\zeta$ Elektrokinetik Potansiyel (mV)
3.0	0.95	12.19
4.0	1.02	13.09
5.0	0.72	9.24
6.0	1,19	-15.27
7.0	1.74	-22.32
8.0	2.41	-30.92
9.0	3.31	-42.47
10.0	3.48	-44.65
11.0	3.70	-47.47
12.0	3.54	-45.42





Şekil 3.13.  $10^{-3}$  M  $\text{CaCl}_2$ 'ün serpantinin elektrokinetik potansiyeline etkisi



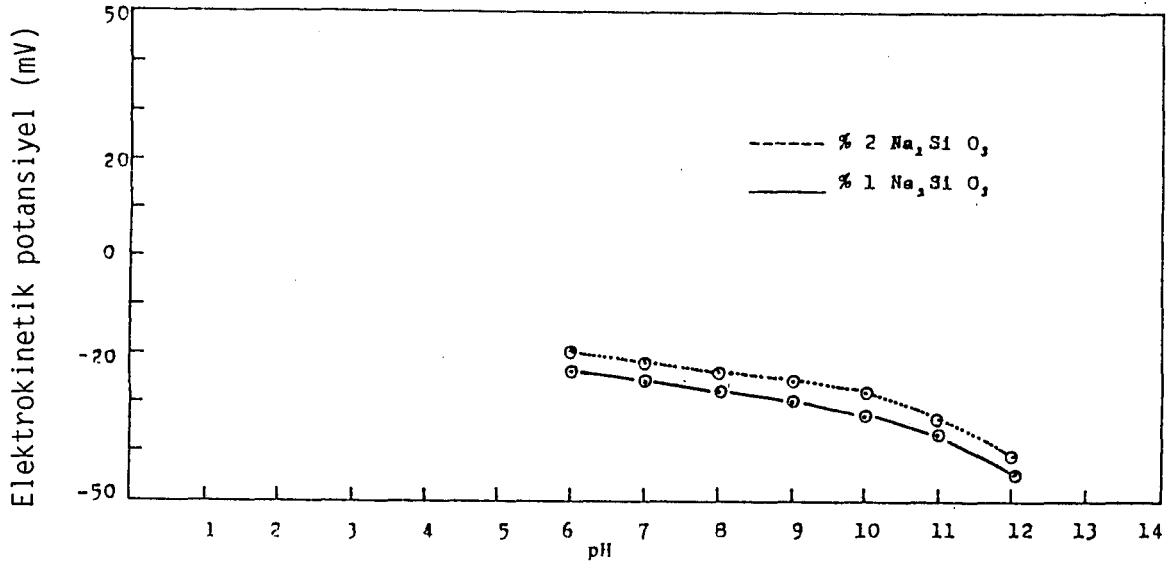
Şekil 3.14.  $10^{-3}$  M  $\text{CaCl}_2$ 'ün serpantinin elektrokinetik potansiyeline etkisi

Çizelge 3.18.  $10^{-3}$  M  $\text{CaCl}_2$ 'ün Serpantinin Elektrokinetik Potansiyeline Etkisi

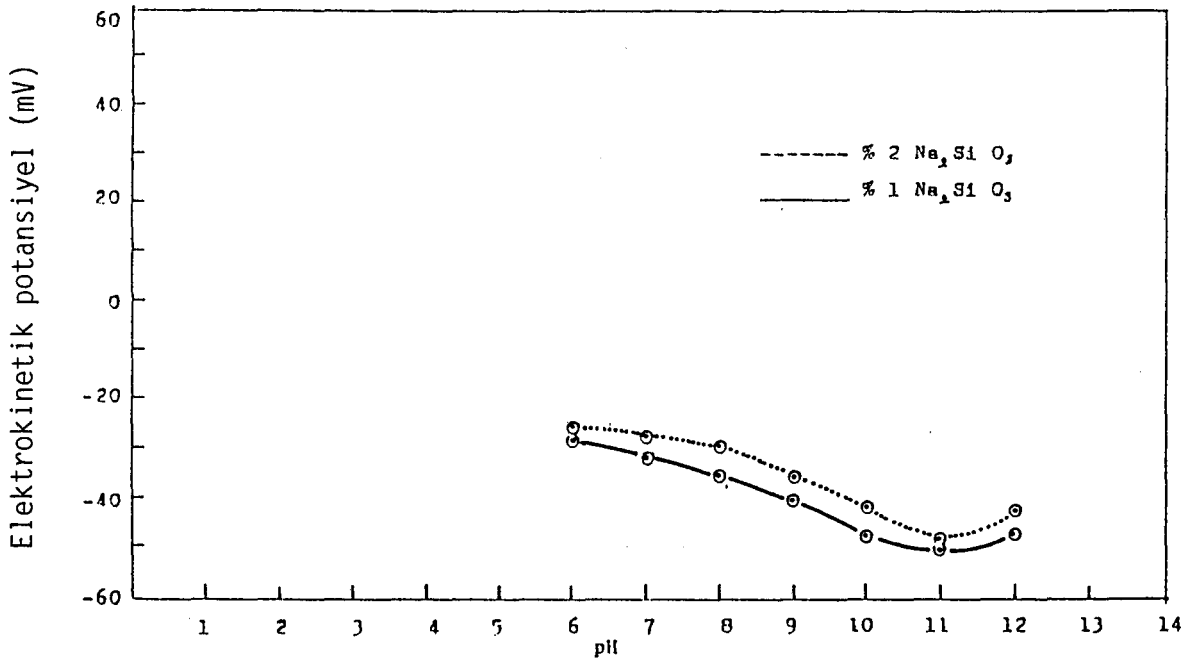
pH	U	$\zeta$
	Tanenin Hareketliliği ( $\mu\text{sn}^{-1} \text{ cm volt}^{-1}$ )	Elektrokinetik Potansiyel (mV)
3.0	0.97	12.45
4.0	1.05	13.47
5.0	0.76	9.75
6.0	1.23	-15.78
7.0	1.93	-24.76
8.0	2.68	-34.38
9.0	3.47	-44.52
10.0	3.59	-46.06
11.0	3.76	-48.24
12.0	3.42	-43.88

Çizelge 3.19. % 1 lik  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ 'ün Manyezitin Elektrokinetik Potansiyeline Etkisi

pH	U	$\zeta$
	Tanenin Hareketliliği ( $\mu\text{sn}^{-1} \text{ cm volt}^{-1}$ )	Elektrokinetik Potansiyel (mV)
6.0	1.87	-23.99
7.0	1.98	-25.40
8.0	2.12	-27.20
9.0	2.27	-29.12
10.0	2.52	-32.33
11.0	2.82	-36.18
12.0	3.43	-44.01



Şekil 3.15. Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub>'ün manyezitin elektrokinetik potansiyeline etkisi



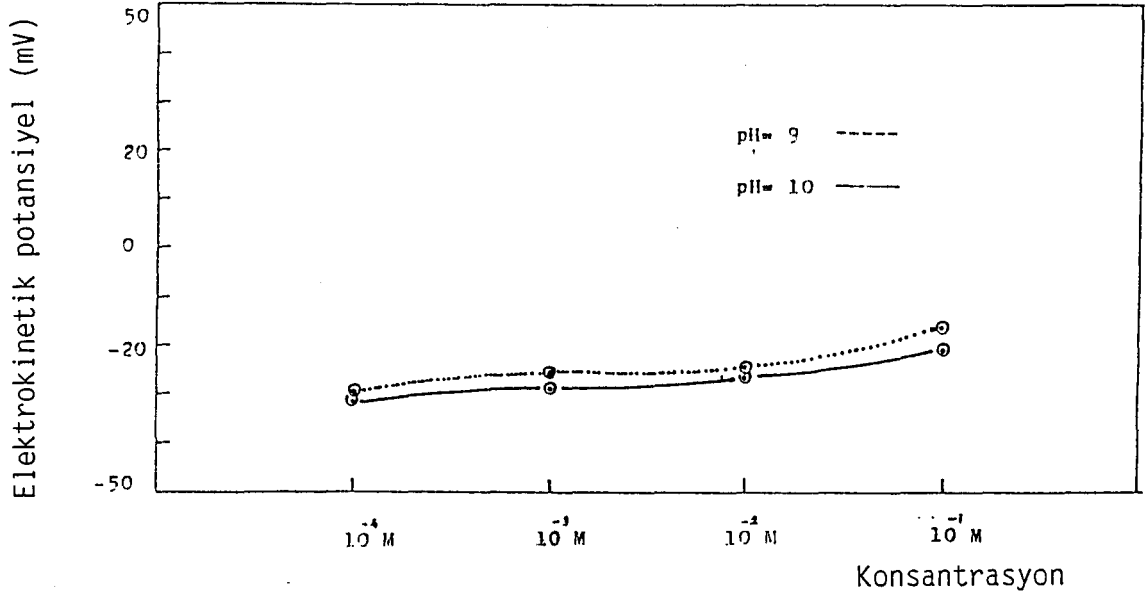
Şekil 3.16. Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub>'ün serpantin elektrokinetik potansiyeline etkisi

Çizelge 3.20. %2'lik  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ 'ün Manyezitin Elektrokinetik Potansiyeline Etkisi

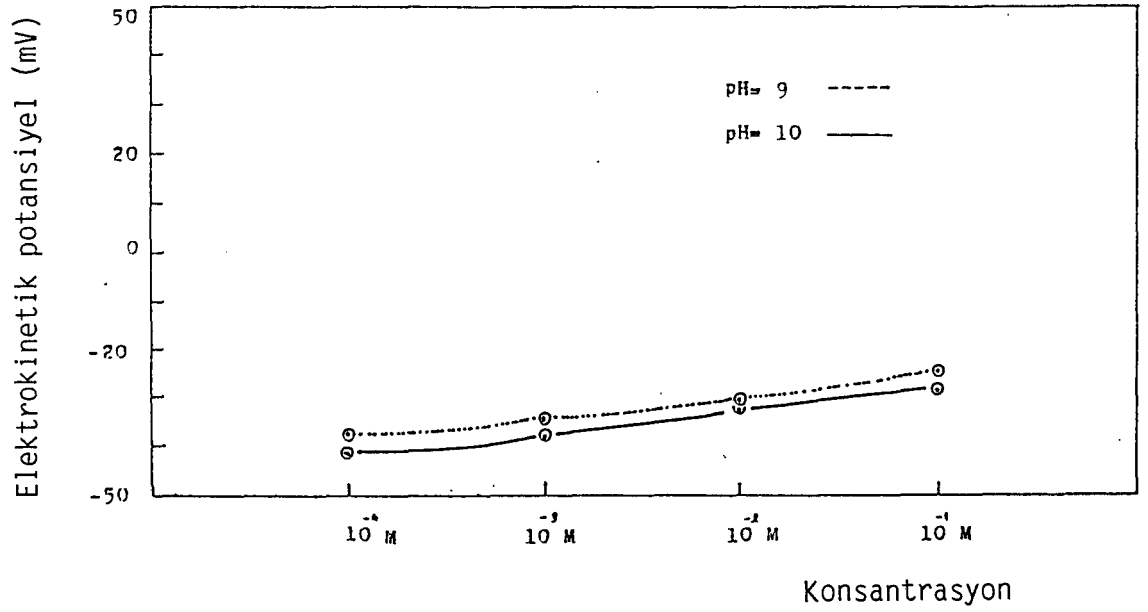
pH	U Tanenin Hareketliliği ( $\mu\text{s}\bar{\text{n}}^{-1} \text{ cm volt}^{-1}$ )	$\zeta$ Elektrokinetik Potansiyel (mV)
6.0	1.54	-19.76
7.0	1.70	-21.81
8.0	1.86	-23.86
9.0	1.99	-25.53
10.0	2.13	-27.33
11.0	2.59	-33.23
12.0	3.19	-40.93

Çizelge 3.21. %1'lik  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ 'ün Serpantinin Elektrokinetik Potansiyeline Etkisi

pH	U Tanenin Hareketliliği ( $\mu\text{s}\bar{\text{n}}^{-1} \text{ cm volt}^{-1}$ )	$\zeta$ Elektrokinetik Potansiyel (mV)
6.0	2.25	-28.87
7.0	2.49	-31.95
8.0	2.78	-35.67
9.0	3.19	-40.93
10.0	3.74	-47.98
11.0	3.95	-50.68
12.0	3.68	-47.21



Şekil 3.17. Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>'ın manyezitin elektrokinetik potansiyeline etkisi



Şekil 3.18. Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>'ın serpantinin elektrokinetik potansiyeline etkisi

Çizelge 3.22. %2'lik  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ 'ün Serpantinin Elektrokinetik Potansiyeline Etkisi

pH	U Tanenin Hareketliliği ( $\mu\text{s}\bar{\text{n}}^{-1} \text{ cm volt}^{-1}$ )	$\zeta$ Elektrokinetik Potansiyel (mV)
6.0	1.96	-25.15
7.0	2.11	-27.07
8.0	2.26	-29.00
9.0	2.74	-35.15
10.0	3.22	-41.31
11.0	3.75	-48.11
12.0	3.33	-42.72

Çizelge 3.23. pH=10'da  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ 'ün Manyezitin Elektrokinetik Potansiyeline Etkisi

$\text{Na}_2\text{CO}_3$ Konsantrasyonu	U Tanenin Hareketliliği ( $\mu\text{s}\bar{\text{n}}^{-1} \text{ cm volt}^{-1}$ )	$\zeta$ Elektrokinetik Potansiyel (mV)
$10^{-4}$ M	2.49	-31.95
$10^{-3}$ M	2.25	-28.87
$10^{-2}$ M	2.10	-26.94
$10^{-1}$ M	1.56	-20.02

Çizelge 3.24. pH=9.0'da  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ 'ün Manyezitin Elektrokinetik Potansiyeline Etkisi

$\text{Na}_2\text{CO}_3$ Konsantrasyonu	U Tanenin Hareketliliği ( $\mu\text{s}\bar{\text{n}}^{-1} \text{ cm volt}^{-1}$ )	$\zeta$ Elektrokinetik Potansiyel (mV)
$10^{-4}$ M	2.30	-29.51
$10^{-3}$ M	1.99	-25.53
$10^{-2}$ M	1.93	-24.76
$10^{-3}$ M	1.31	-16.81

Çizelge 3.25. pH=10'da  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ 'ün Serpantinin Elektrokinetik Potansiyeline etkisi

$\text{Na}_2\text{CO}_3$ Konsantrasyonu	U, Tanenin Hareketliliği ( $\mu\text{s}\bar{\text{n}}^{-1} \text{ cm volt}^{-1}$ )	$\zeta$ , Elektrokinetik Potansiyel (mV)
$10^{-4}$ M	3.20	-41.06
$10^{-3}$ M	2.98	-38.23
$10^{-2}$ M	2.54	-32.59
$10^{-1}$ M	2.23	-28.61

Çizelge 3.26. pH=9.0'da  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ 'ün Serpantinin Elektrokinetik Potansiyeline etkisi

$\text{Na}_2\text{CO}_3$ Konsantrasyonu	U, Tanenin Hareketliliği ( $\mu\text{s}\bar{\text{n}}^{-1} \text{ cm volt}^{-1}$ )	$\zeta$ , Elektrokinetik Potansiyel (mV)
$10^{-4}$ M	2.96	-37.98
$10^{-3}$ M	2.72	-34.90
$10^{-2}$ M	2.41	-30.92
$10^{-1}$ M	1.88	-24.12

#### 3.1.4. Flotasyon Reaktiflerinin Elektrokinetik Potansiyele Etkisi

Oleik asit, Sodyum oleat, Cyanamid Comp.'nin ürettiği 825, 830, 845, 870, Hoechst firmasının ürettiği Flotigam ENA ve Armac firmasının ürettiği Armacflote 14 ve Armacflote 17'nin manyezit ve serpantinin elektrokinetik potansiyeline etkisi değişik pH ve değişik konsantrasyonlarda incelenmiştir.

Bu reaktiflerden oleik asit anyonik bir reaktif olup yağ asitidir. Sodyum oleat ise oleik asitin sodyumlu tuzudur. 825, 830 ve 845 anyonik, 870, flotigam ENA, Armacflote 14 ve Armacflote 17 ise katyonik reaktiflerdir.

Sonuçlar, çizelgeler 3.27 ve 3.64 ile şekiller 3.19 - 3.40 'da verilmiştir.

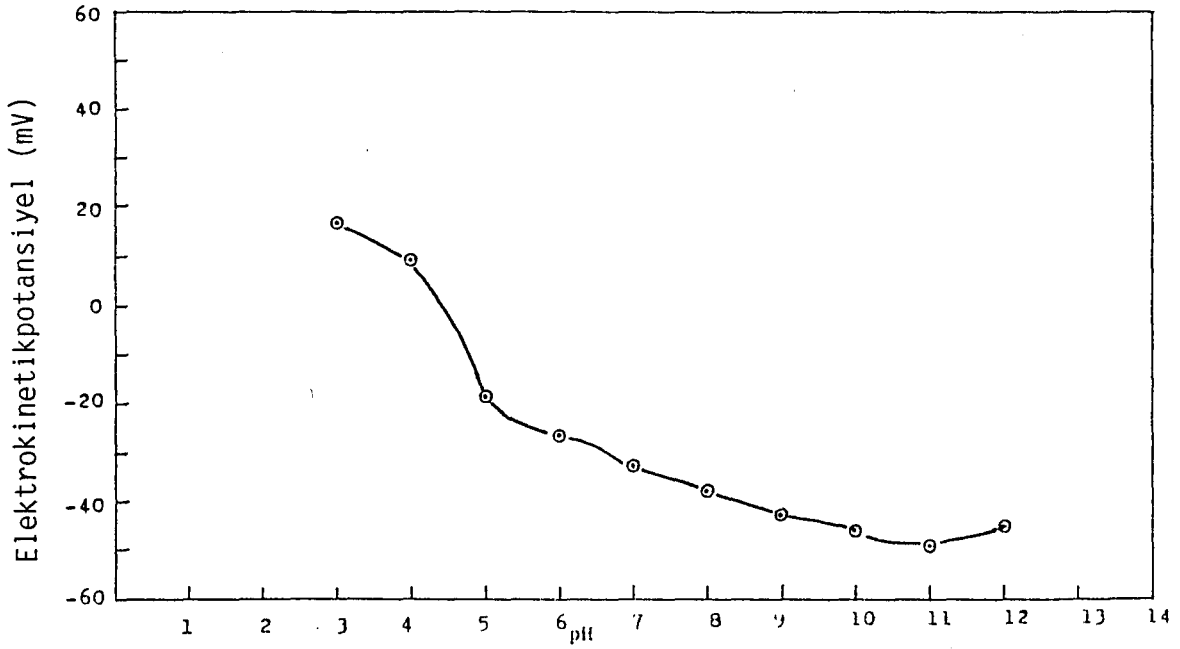
Çizelge 3.27.  $10^{-1}$  M Oleik asitin Manyezitin Elektrokinetik Potansiyeline Etkisi

pH	$\mu$ Tanenin Hareketliliği ( $\mu s n^{-1} cm volt^{-1}$ )	$\zeta$ Elektrokinetik Potansiyel (mV)
3.0	1.28	16.42
4.0	0.71	9.11
5.0	1.48	-18.99
6.0	2.10	-26.94
7.0	2.53	-32.46
8.0	2.96	-37.98
9.0	3.31	-42,47
10.0	3.59	-46.06
11.0	3.82	-49.01
12.0	3.53	-45.29

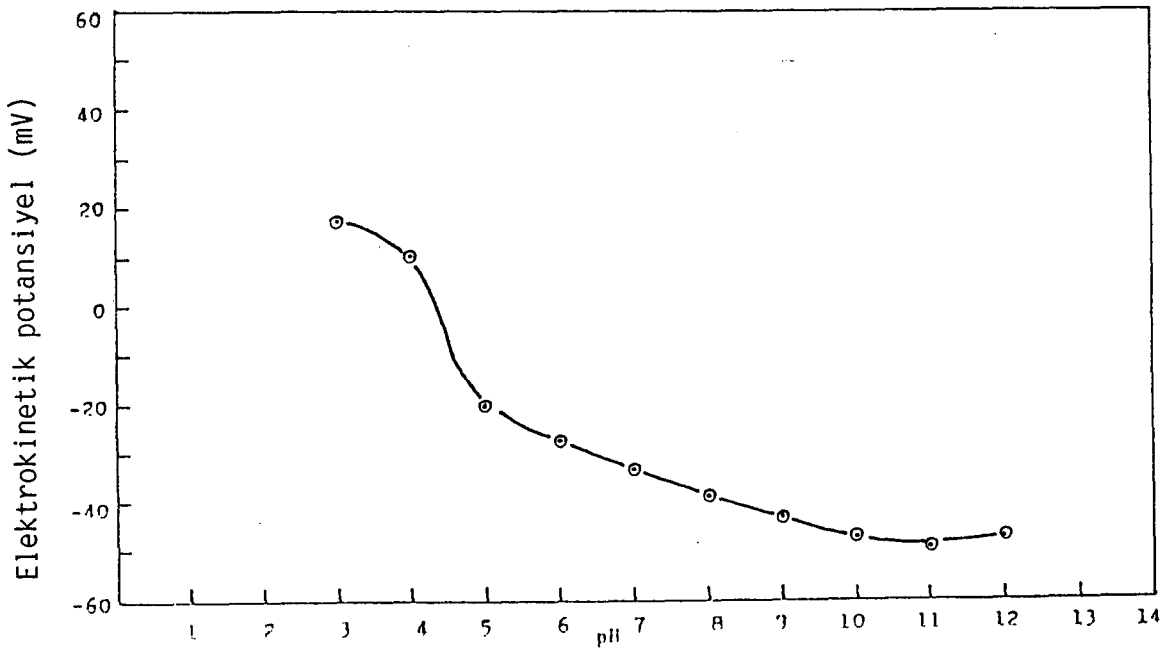
Çizelge 3.28.  $10^{-2}$  M Oleik Asitin Manyezitin Elektrokinetik Potansiyeline Etkisi

pH	$\mu$ Tanenin Hareketliliği ( $\mu s n^{-1} cm volt^{-1}$ )	$\zeta$ Elektrokinetik Potansiyel (mV)
3.0	1.36	17.45
4.0	0.80	10.26
5.0	1.56	-20.02
6.0	2.18	-27.97
7.0	2.60	-33.36
8.0	3.04	-39.00
9.0	3.39	-43.49
10.0	3.69	-47.34
11.0	3.89	-49.91
12.0	3.69	-47.34





Şekil 3.19.  $10^{-1}$  M Oleik asitin manyezitin elektrokinetik potansiyeline etkisi



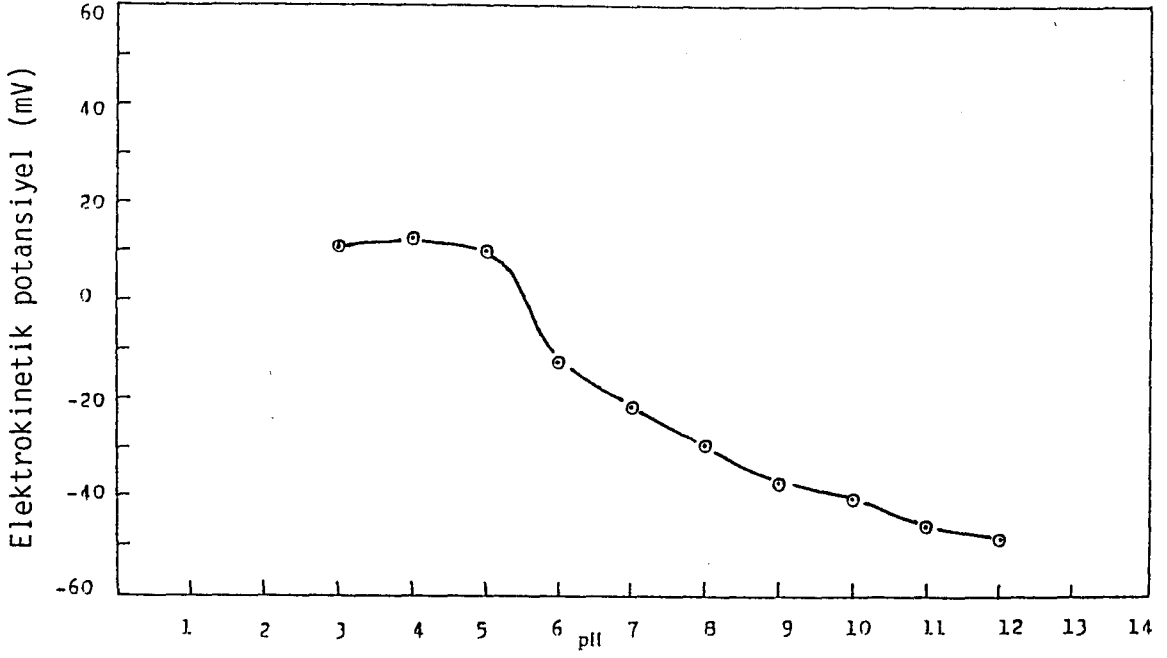
Şekil 3.20.  $10^{-2}$  M oleik asitin manyezitin elektrokinetik potansiyeline etkisi

Çizelge 3.29.  $10^{-3}$  M Oleik Asitin Manyezitin Elektrokinetik Potansiyeline Etkisi

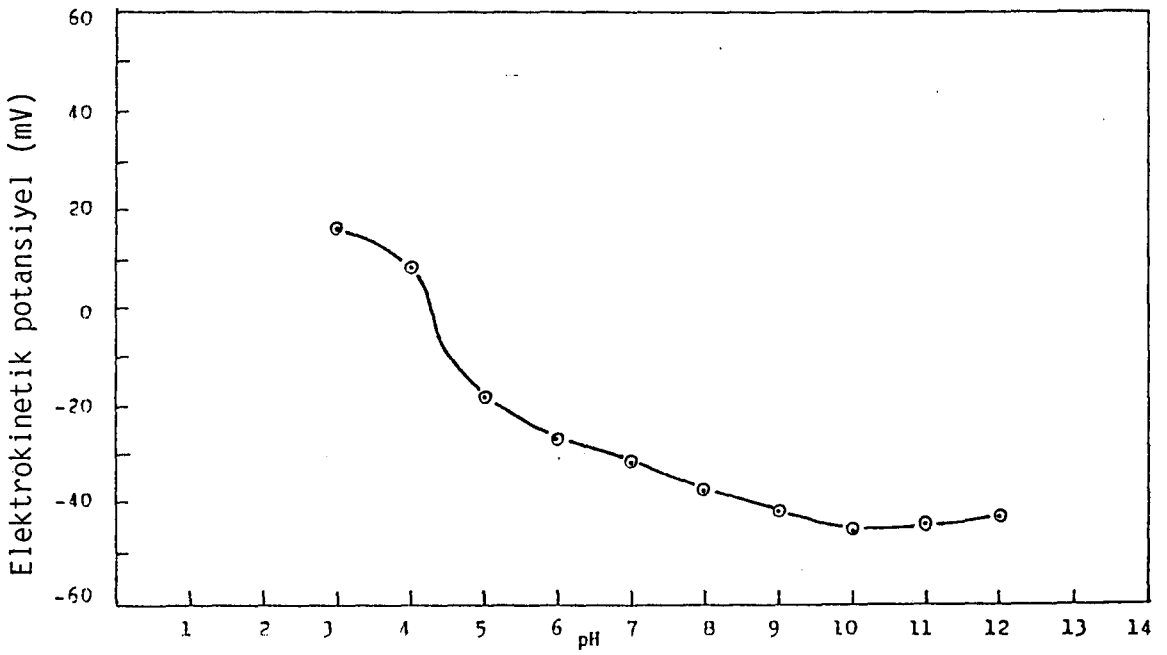
pH	U Tanenin Hareketliliği ( $\mu\text{s}\bar{\text{n}}^{-1}$ cm volt $^{-1}$ )	$\zeta$ Elektrokinetik Potansiyel (mV)
3.0	0.86	11.03
4.0	0.96	12.32
5.0	0.80	10.26
6.0	1.00	-12.83
7.0	1.71	-21.94
8.0	2.32	-29.77
9.0	2.89	-37.08
10.0	3.14	-40.29
11.0	3.60	-46.19
12.5	3.76	-48.24

Çizelge 3.30.  $10^{-1}$  M Oleik Asitin Serpantinin Elektrokinetik Potansiyeline Etkisi

pH	U Tanenin Hareketliliği ( $\mu\text{s}\bar{\text{n}}^{-1}$ cm volt $^{-1}$ )	$\zeta$ Elektrokinetik Potansiyel (mV)
3.0	1.27	16.29
4.0	0.69	8.85
5.0	1.47	-18.86
6.0	2.08	-26.69
7.0	2.48	-31.82
8.0	2.92	-37.46
9.0	3.22	-41.31
10.0	3.52	-45.16
11.0	3.45	-44.26
12.0	3.28	-42.08



Şekil 3.21.  $10^{-3}$  M Oleik asitin manyezitin elektrokinetik potansiyeline etkisi



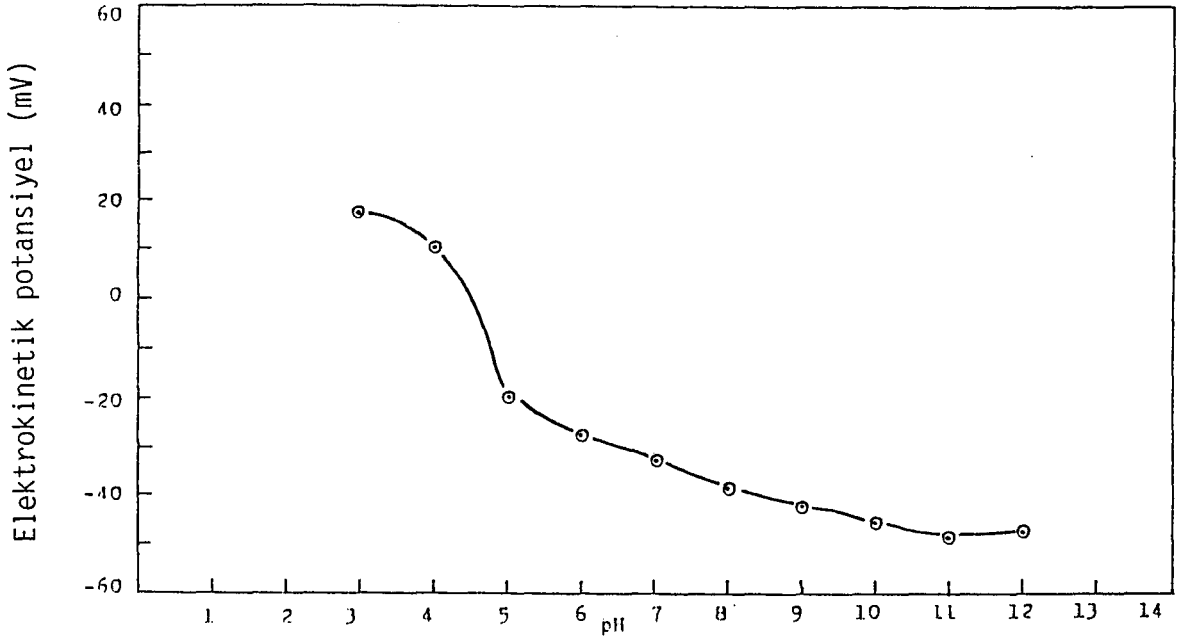
Şekil 3.22.  $10^{-1}$  M oleik asitin serpantinin elektrokinetik potansiyeline etkisi

Çizelge 3.31.  $10^{-2}$  M Oleik Asitin Serpantinin Elektrokinetik Potansiyeline Etkisi

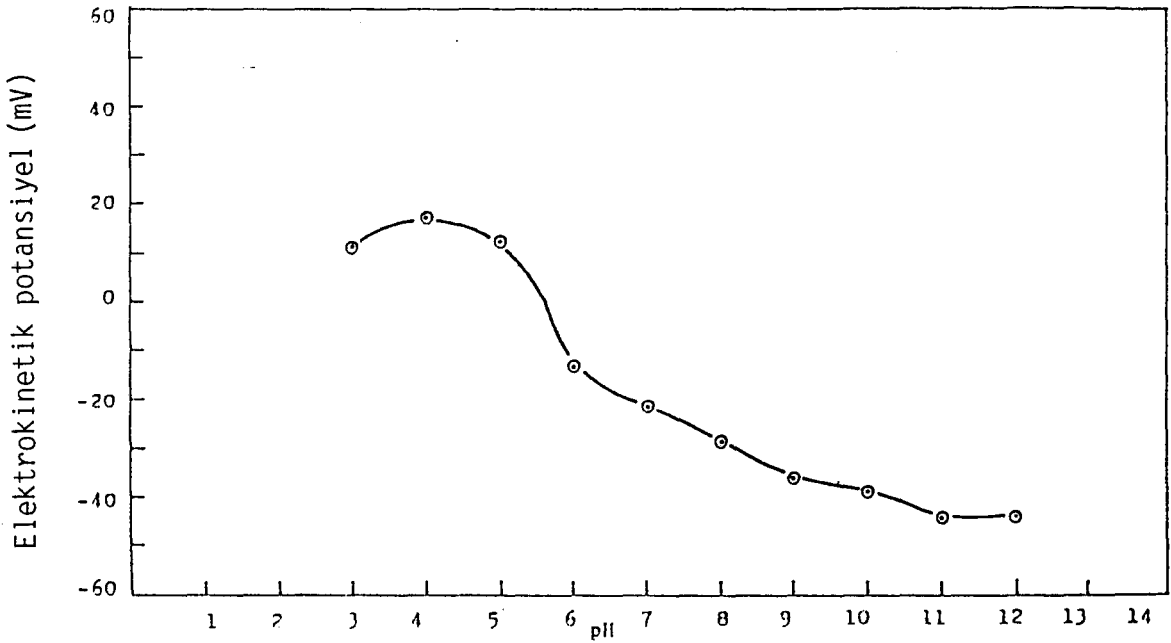
pH	U Tanenin Hareketliliği ( $\mu\text{s}\bar{n}^{-1}$ cm volt $^{-1}$ )	$\zeta$ Elektrokinetik Potansiyel (mV)
3.0	1.35	17.32
4.0	0.78	10.01
5.0	1.55	-19.89
6.0	2.15	-27.59
7.0	2.56	-32.85
8.0	2.99	-38.36
9.0	3.30	-42.34
10.0	3.57	-45.80
11.0	3.77	-48.37
12.0	3.68	-47.21

Çizelge 3.32.  $10^{-3}$  M Oleik Asitin Serpantinin Elektrokinetik Potansiyeline Etkisi

pH	U Tanenin Hareketliliği ( $\mu\text{s}\bar{n}^{-1}$ cm volt $^{-1}$ )	$\zeta$ Elektrokinetik Potansiyel (mV)
3.0	0.87	11.16
4.0	1.35	17.32
5.0	0.95	12.19
6.0	1.07	-13.73
7.0	1.65	-21.17
8.0	2.26	-29.00
9.0	2.86	-36.69
10.0	3.04	-39.00
11.0	3.50	-44.91
12.0	3.45	-44.26



Şekil 3.23.  $10^{-2}$  M oleik asitin serpantinin elektrokinetik potansiyeline etkisi



Şekil 3.24.  $10^{-3}$  M oleik asitin serpantinin elektrokinetik potansiyeline etkisi

Çizelge 3.33.  $10^{-1}$  M Sodyum Oleatın Manyezitin Elektrokinetik Potansiyeline Etkisi

pH	U Tanenin Hareketliliği ( $\mu\text{s}\bar{n}^{-1}$ cm volt $^{-1}$ )	$\zeta$ Elektrokinetik Potansiyel (mV)
3.4	1.03	13.22
4.1	0.70	8.98
5.2	1.47	-18.86
5.9	2.08	-26.69
7.1	2.48	-31.82
8.3	2.89	-37.08
9.0	3.21	-41.18
9.9	3.48	-44.65
11.3	3.69	-47.34
12.1	3.55	-45.55

Çizelge 3.34.  $10^{-2}$  M Sodyum Oleatın Manyezitin Elektrokinetik Potansiyeline Etkisi

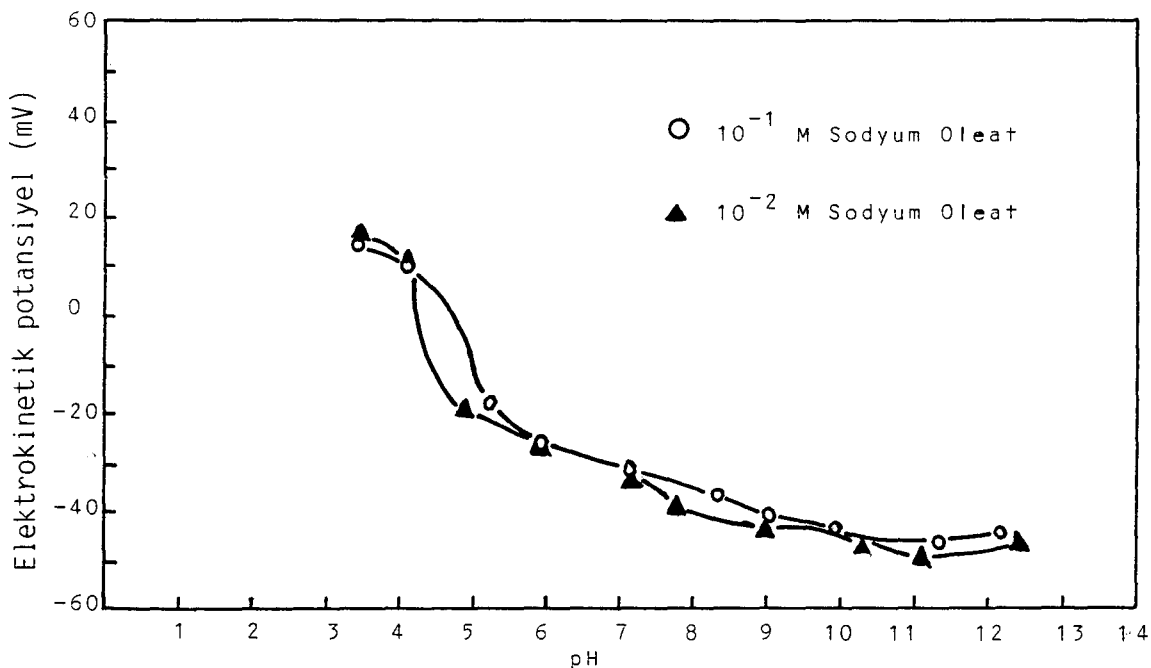
pH	U Tanenin Hareketliliği ( $\mu\text{s}\bar{n}^{-1}$ cm volt $^{-1}$ )	$\zeta$ Elektrokinetik Potansiyel (mV)
3.5	1.23	15.78
4.1	0.80	10.26
4.9	1.56	-20.02
6.0	2.17	-27.84
7.2	2.59	-33.23
7.8	3.07	-39.39
9.0	3.41	-43.75
10.3	3.65	-46.83
11.1	3.84	-49.27
12.4	3.63	-46.57

Çizelge 3.35.  $10^{-1}$  M Sodyum Oleatın Serpantinin Elektrokinetik Potansiyeline Etkisi

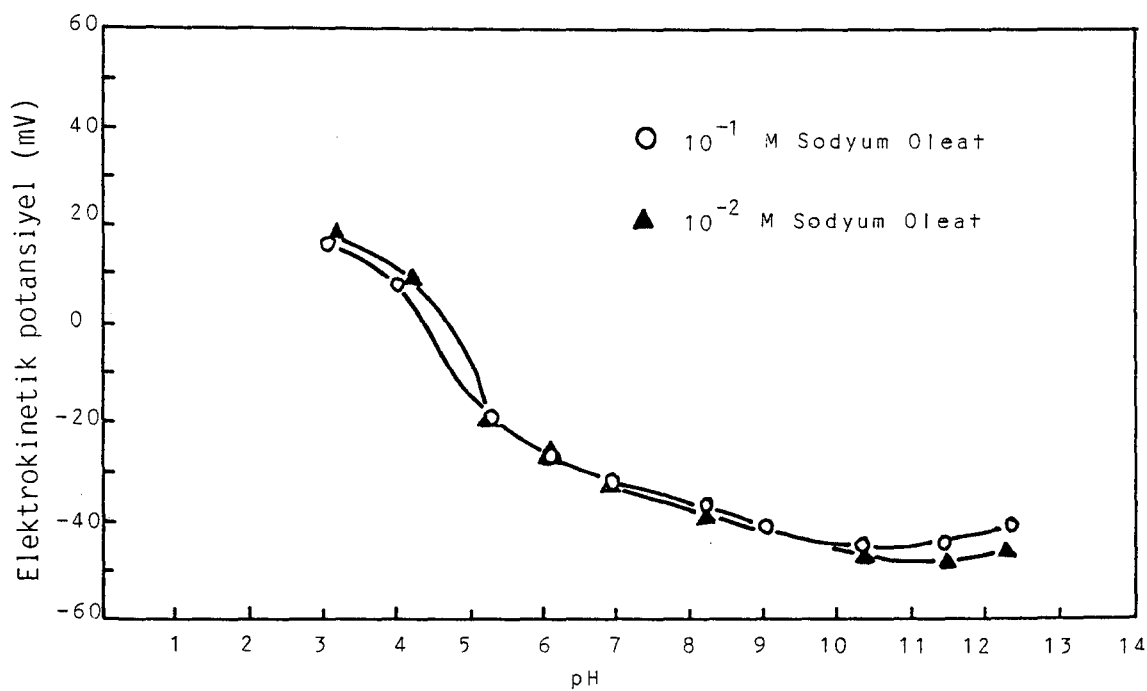
pH	U Tanenin Hareketliliği ( $\mu\text{sn}^{-1}$ cm volt $^{-1}$ )	$\zeta$ Elektrokinetik Potansiyel (mV)
3.1	1.26	16.17
4.0	0.69	8.85
5.3	1.44	-18.48
6.1	2.06	-26.43
6.9	2.45	-31.43
8.2	2.83	-36.31
9.0	3.25	-41.70
10.9	3.48	-44.65
11.4	3.46	-44.39
12.3	3.17	-40.67

Çizelge 3.36.  $10^{-2}$  M Sodyum Oleatın Serpantinin Elektrokinetik Potansiyeline Etkisi

pH	U Tanenin Hareketliliği ( $\mu\text{sn}^{-1}$ cm volt $^{-1}$ )	$\zeta$ Elektrokinetik Potansiyel (mV)
3.1	1.35	17.32
4.2	0.77	9.90
5.3	1.55	-19.90
6.0	2.15	-27.60
6.9	2.56	-32.85
8.2	3.07	-39.40
9.1	3.33	-42.72
10.3	3.74	-47.98
11.4	3.85	-49.40
12.2	3.64	-46.70



Şekil 3.25. Sodyum Oleatın manyezitin elektrokinetik potansiyeline etkisi



Şekil 3.26. Sodyum Oleatın serpantinin elektrokinetik potansiyeline etkisi



Çizelge 3.37. %1'lik 825'in Manyezitin Elektrokinetik Potansiyeline Etkisi

pH	U Tanenin Hareketliliği ( $\mu\text{s}\bar{n}^{-1}$ cm volt $^{-1}$ )	$\zeta$ Elektrokinetik Potansiyel (mV)
3.0	1.05	-13.47
4.0	1.10	-14.11
5.0	1.38	-17.71
6.0	1.51	-19.37
7.0	1.65	-21.17
8.0	1.71	-21.94
9.0	1.75	-22,45
10.0	1.83	-23.48
11.0	1.95	-25.02
12.0	1.99	-25.53

Çizelge 3.38. % 2'lik 825'in Manyezitin Elektrokinetik Potansiyeline Etkisi

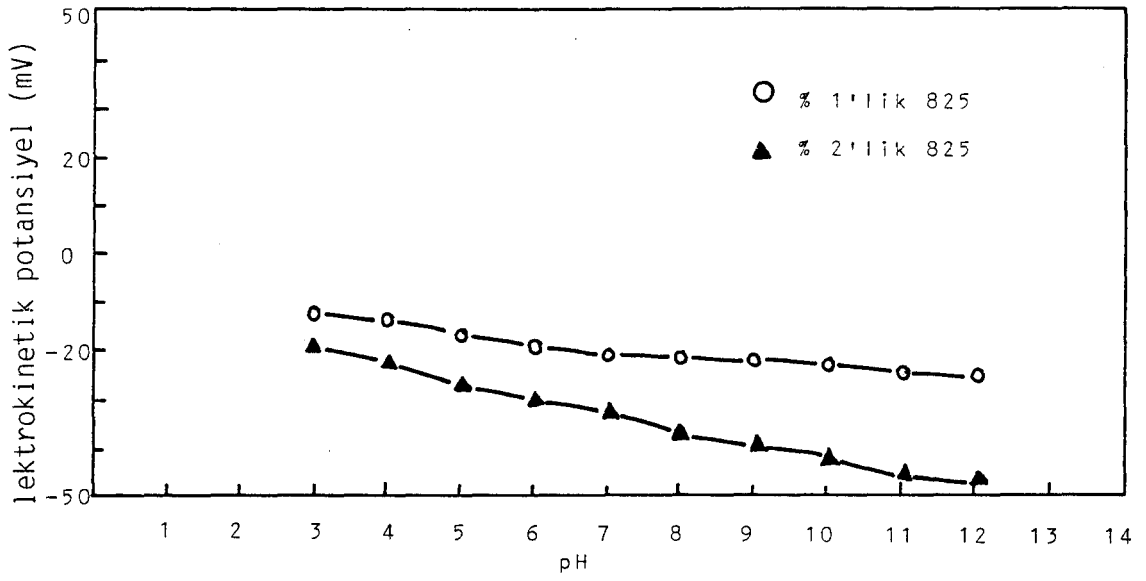
pH	U Tanenin Hareketliliği ( $\mu\text{s}\bar{n}^{-1}$ cm volt $^{-1}$ )	$\zeta$ Elektrokinetik Potansiyel (mV)
3.0	1.55	-19.89
4.0	1.77	-22.71
5.0	2.16	-27.71
6.0	2.39	-30.66
7.0	2.57	-32.97
8.0	2.91	-37.34
9.0	3.10	-39.77
10.0	3.35	-42.98
11.0	3.60	-46.19
12.0	3.68	-47.21

Çizelge 3.39. % 1'lik 825 in Serpantinin Elektrokinetik Potansiyeline Etkisi

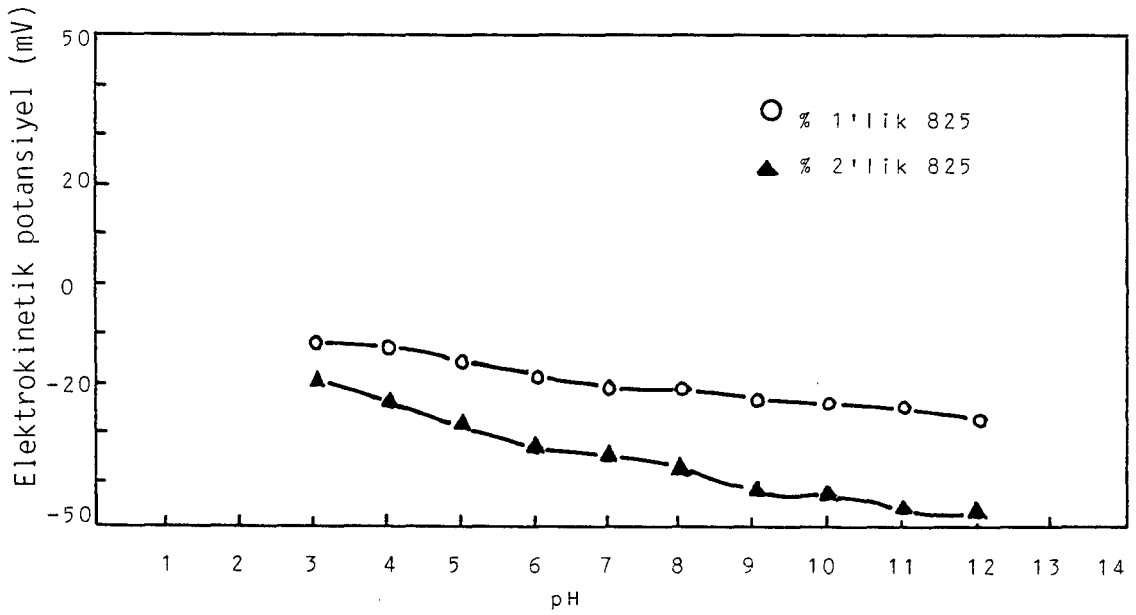
pH	U Tanenin Hareketliliği ( $\mu\text{s}\bar{n}^{-1}$ cm volt $^{-1}$ )	$\zeta$ Elektrokinetik Potansiyel (mV)
3.0	1.07	-13.73
4.0	1.14	-14.63
5.0	1.40	-17.96
6.0	1.56	-20.02
7.0	1.72	-22.07
8.0	1.77	-22.71
9.0	1.93	-24.76
10.0	1.98	-25.40
11.0	2.07	-26.56
12.0	2.26	-29.00

Çizelge 3.40. % 1'lik 825'in Serpantinin Elektrokinetik Potansiyeline Etkisi

pH	U Tanenin Hareketliliği ( $\mu\text{s}\bar{n}^{-1}$ cm volt $^{-1}$ )	$\zeta$ Elektrokinetik Potansiyel (mV)
3.0	1.58	-20.27
4.0	1.94	-24.89
5.0	2.30	-29.51
6.0	2.65	-34.00
7.0	2.74	-35.15
8.0	2.92	-37.46
9.0	3.33	-42.72
10.0	3.40	-43.62
11.0	3.63	-46.57
12.0	3.69	-47.34



Şekil 3.27. 825'in manyezitin elektrokinetik potansiyeline etkisi



Şekil 3.28. 825'in serpantinin elektrokinetik potansiyeline etkisi

Çizelge 3.41. % 1'lik 830'un Manyezitin Elektrokinetik Potansiyeline Etkisi

pH	U Tanenin Hareketliliği ( $\mu\text{s}\bar{n}^{-1}\text{ cm volt}^{-1}$ )	$\zeta$ Elektrokinetik Potansiyel (mV)
2.7	0.86	-11.03
3.5	1.55	-19.89
5.1	2.17	-27.84
6.0	2.36	-30.28
7.7	2.86	-36.69
8.5	2.99	-38.36
9.9	3.40	-43.62
10.4	3.57	-45.80

Çizelge 3.42. % 2'lik 830'un Manyezitin Elektrokinetik Potansiyeline Etkisi

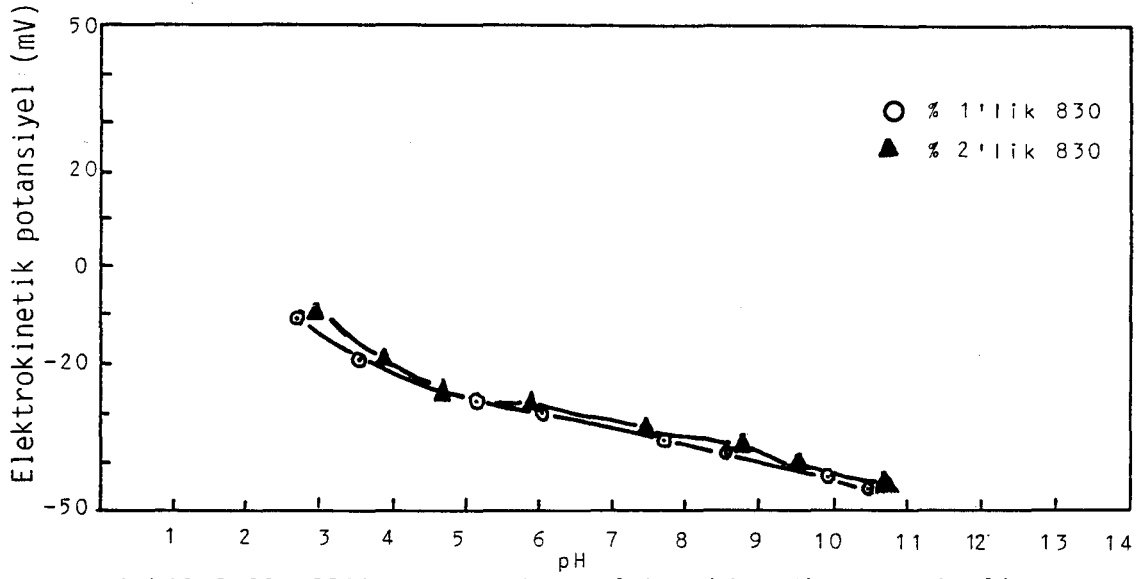
pH	U Tanenin Hareketliliği ( $\mu\text{s}\bar{n}^{-1}\text{ cm volt}^{-1}$ )	$\zeta$ Elektrokinetik Potansiyel (mV)
3.0	0.84	-10.78
3.9	1.51	-19.37
4.7	1.97	-25.28
5.9	2.19	-28.10
7.5	2.59	-33.23
8.8	2.82	-36.18
9.5	3.17	-40.67
10.7	3.49	-44.78

Çizelge 3.43. % 1'lik 830'un Serpantinin Elektrokinetik Potansiyeline Etkisi

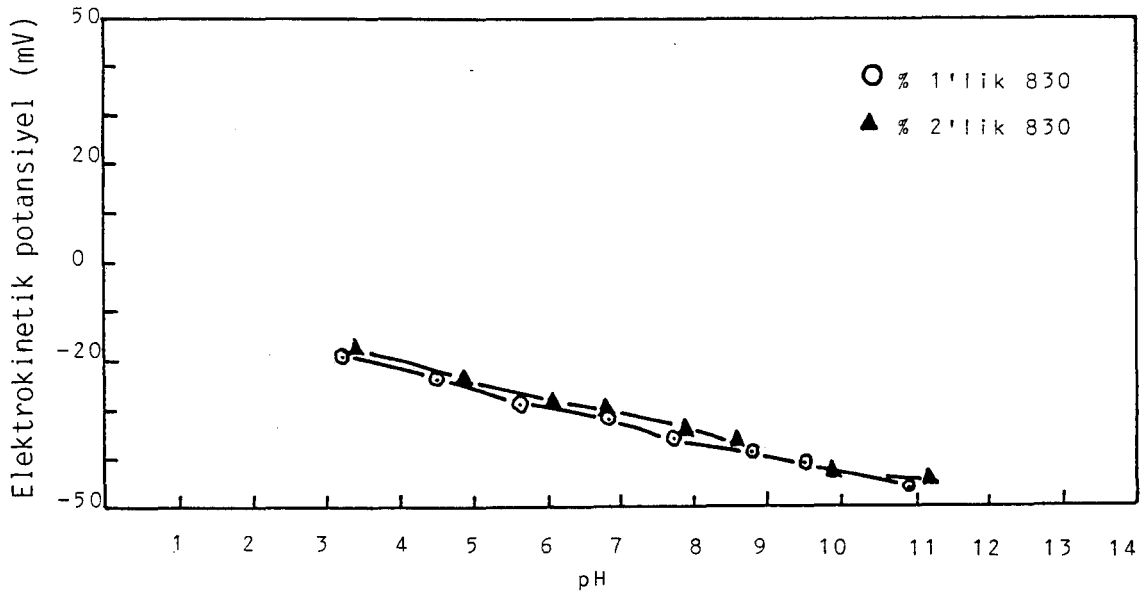
pH	U Tanenin Hareketliliği ( $\mu\text{s}\bar{\text{n}}^{-1}\text{ cm volt}^{-1}$ )	$\zeta$ Elektrokinetik Potansiyel (mV)
3.2	1.52	-19.50
4.5	1.91	-24.51
5.6	2.30	-29.51
6.8	2.54	-32,59
7.7	2.87	-36.82
8.8	3.05	-39.13
9.5	3.25	-41.70
10.9	3.63	-46.57

Çizelge 3.44. % 2'lik 830'un Serpantinin Elektrokinetik Potansiyeline Etkisi

pH	U Tanenin Hareketliliği ( $\mu\text{s}\bar{\text{n}}^{-1}\text{ cm volt}^{-1}$ )	$\zeta$ Elektrokinetik Potansiyel (mV)
3.4	1.43	-18.35
4.9	1.93	-24.76
6.1	2.31	-29.64
6.8	2.34	-30.02
7.9	2.71	-34.77
8.6	2.92	-37.46
9.9	3.36	-43.11
11.2	3.55	-45.55



Şekil 3.29. 830'un manyezitin elektrokinetik potansiyeline etkisi



Şekil 3.30. 830'un serpantinin elektrokinetik potansiyeline etkisi

Çizelge 3.45. % 1'lik 845'in Manyezitin Elektrokinetik Potansiyeline Etkisi

pH	U Tanenin Hareketliliği ( $\mu\text{s}\bar{\text{n}}^{-1} \text{ cm volt}^{-1}$ )	$\zeta$ Elektrokinetik Potansiyel (mV)
3.9	2.17	-27.84
4.5	2.25	-28.87
5.2	2.36	-30.28
6.0	2.47	-31.69
7.1	2.70	-34.64
8.0	2.82	-36.18
9.2	3.03	-38.88
10.5	3.72	-47.73

Çizelge 3.46. % 2'lik 845'in Manyezitin Elektrokinetik Potansiyeline Etkisi

pH	U Tanenin Hareketliliği ( $\mu\text{s}\bar{\text{n}}^{-1} \text{ cm volt}^{-1}$ )	$\zeta$ Elektrokinetik Potansiyel (mV)
3.2	1.97	-25.28
3.9	2.15	-27.59
5.2	2.31	-29.64
6.8	2.55	-32.72
7.7	2.85	-36.57
8.4	2.97	-38.11
9.9	3.33	-42.72
10.8	3.56	-45.68

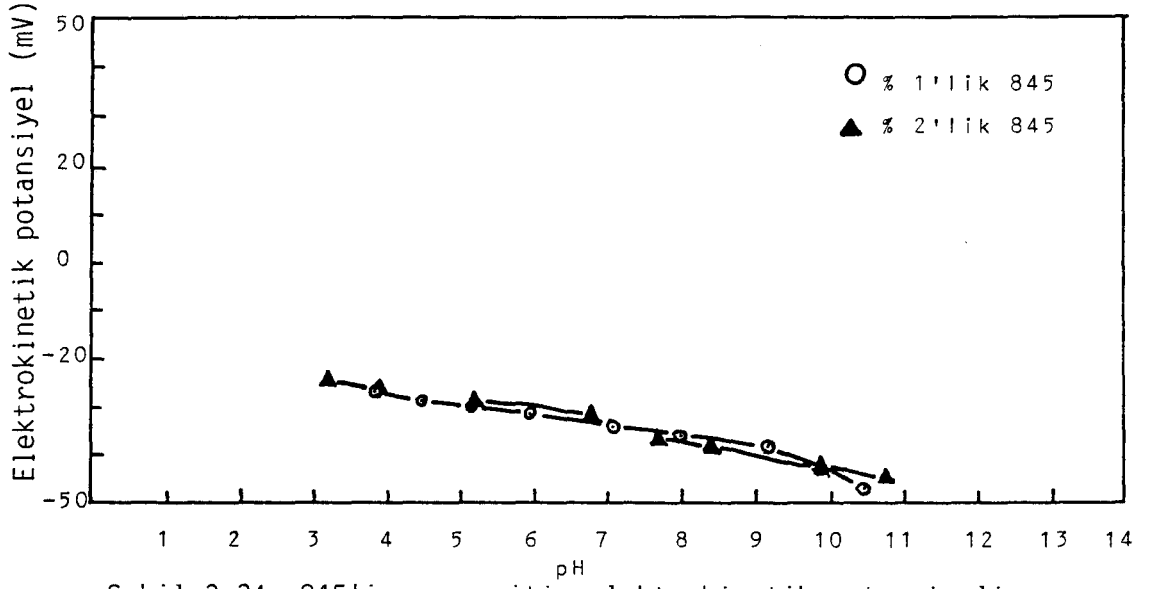
Çizelge 3.47. % 1'lik 845'in Serpantinin Elektrokinetik Potansiyeline Etkisi

pH	U Tanenin Hareketliliği ( $\mu\text{s}^{-1}\text{ cm volt}^{-1}$ )	$\zeta$ Elektrokinetik Potansiyel (mV)
3.4	2.06	-26.43
4.5	2.21	-28.35
5.1	2.34	-30.02
5.7	2.53	-34.77
6.6	2.71	-36.31
7.8	2.83	-38.23
9.0	2.98	-38.23
9.8	3.37	-45.80
10.7	3.57	-45.80

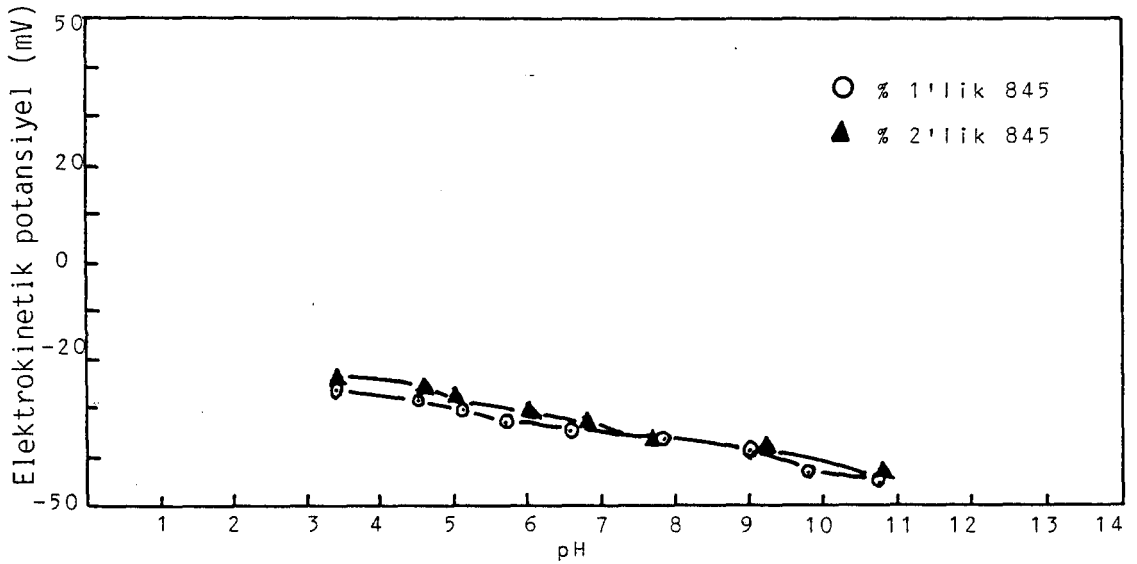
Çizelge 3.48. % 2'lik 845'in Serpantinin Elektrokinetik Potansiyeline Etkisi

pH	U Tanenin Hareketliliği ( $\mu\text{s}^{-1}\text{ cm volt}^{-1}$ )	$\zeta$ Elektrokinetik Potansiyel (mV)
3.4	1.90	-24.38
4.6	2.03	-26.05
5.0	2.20	-28.23
6.0	2.46	-31.56
6.8	2.64	-33.87
7.7	2.81	-36.05
9.2	3.04	-39.00
10.8	3.46	-44.39





Şekil 3.31. 845'in manyezitin elektrokinetik potansiyeline etkisi



Şekil 3.32. 845'in serpantinin elektrokinetik potansiyeline etkisi

Çizelge 3.49. % 1'lik 870'in Manyezitin Elektrokinetik Potansiyeline Etkisi

pH	U Tanenin Hareketliliği ( $\mu\text{s}\bar{n}^{-1} \text{ cm volt}^{-1}$ )	$\zeta$ Elektrokinetik Potansiyel (mV)
3.4	5.18	66.46
4.5	4.87	62.48
5.2	4.56	58.51
5.9	4.36	55.94
6.6	4.12	52.86
7.7	3.98	51.06
9.4	3.79	48.63
10.8	3.53	45.29
11.1	1.32	-16.94

Çizelge 3.50. % 2'lik 870'in Manyezitin Elektrokinetik Potansiyeline Etkisi

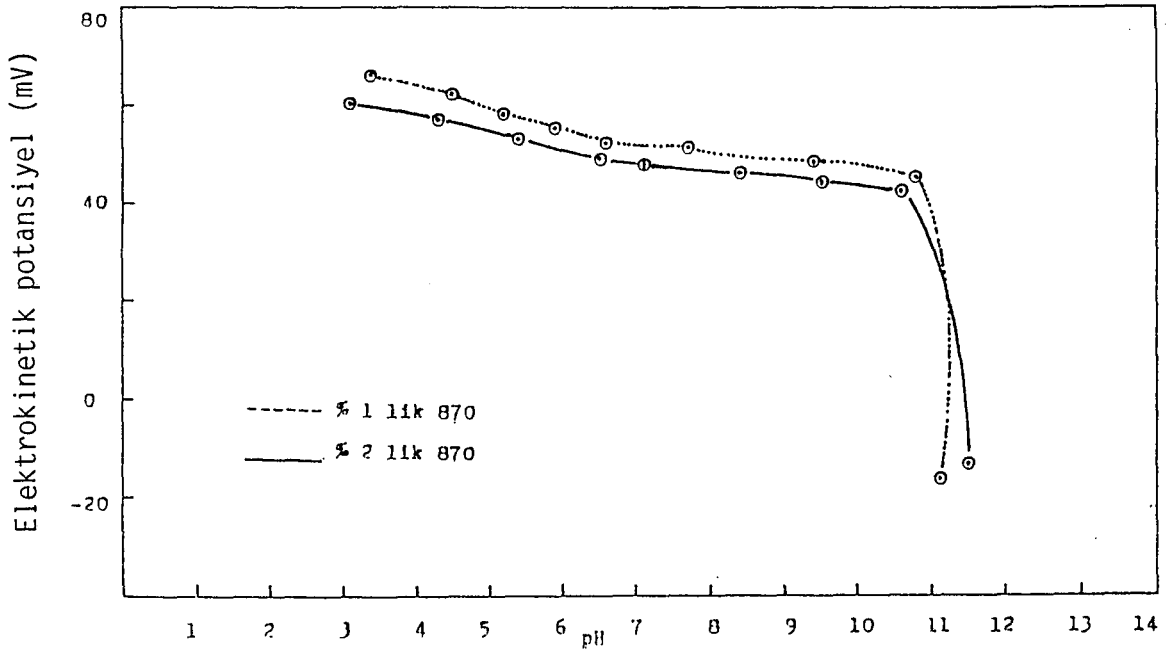
pH	U Tanenin Hareketliliği ( $\mu\text{s}\bar{n}^{-1} \text{ cm volt}^{-1}$ )	$\zeta$ Elektrokinetik Potansiyel (mV)
3.1	4.75	60.94
4.3	4.45	57.09
5.4	4.17	53.50
6.5	3.85	49.40
7.1	3.76	48.24
8.4	3.59	46.06
9.5	3.47	44.52
10.6	3.29	42.21
11.5	1.03	-13.22

Çizelge 3.51. % 1'lik 870'in Serpantin'in Elektrokinetik Potansiyeline Etkisi

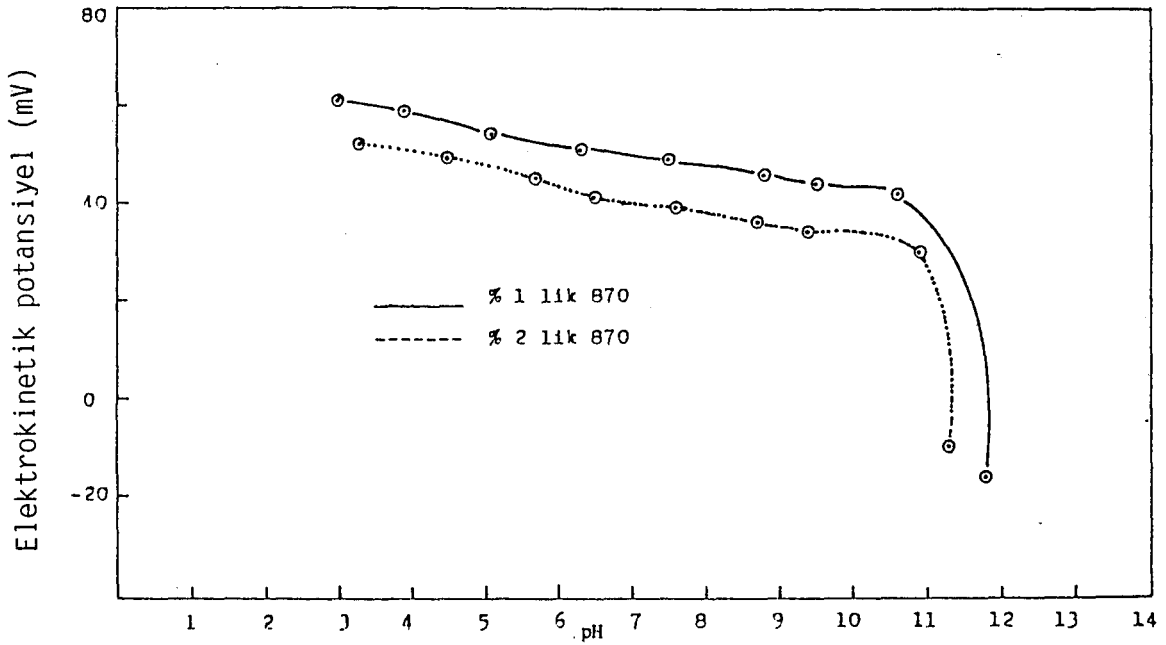
pH	U Tanenin Hareketliliği ( $\mu\text{s}\bar{n}^{-1}$ cm volt $^{-1}$ )	$\zeta$ Elektrokinetik Potansiyel (mV)
3.0	4.82	61.84
3.9	4.61	59.15
5.1	4.24	54.40
6.3	4.04	51.83
7.5	3.83	49.14
8.8	3.60	46.19
9.5	3.48	44.65
10.6	3.35	42.98
11.88	1.24	-15.91

Çizelge 3.52. % 2'lik 870'in Serpantin'in Elektrokinetik Potansiyeline Etkisi

pH	U Tanenin Hareketliliği ( $\mu\text{s}\bar{n}^{-1}$ cm volt $^{-1}$ )	$\zeta$ Elektrokinetik Potansiyel (mV)
3.3	4.67	59.92
4.5	4.46	57.22
5.7	4.09	52.48
6.5	3.82	49.01
7.6	3.56	45.68
8.7	3.27	41.95
9.4	3.09	39.65
10.9	2.85	36.57
11.3	0.74	- 9.49



Şekil 3.33. 870'in manyezitin elektrokinetik potansiyeline etkisi



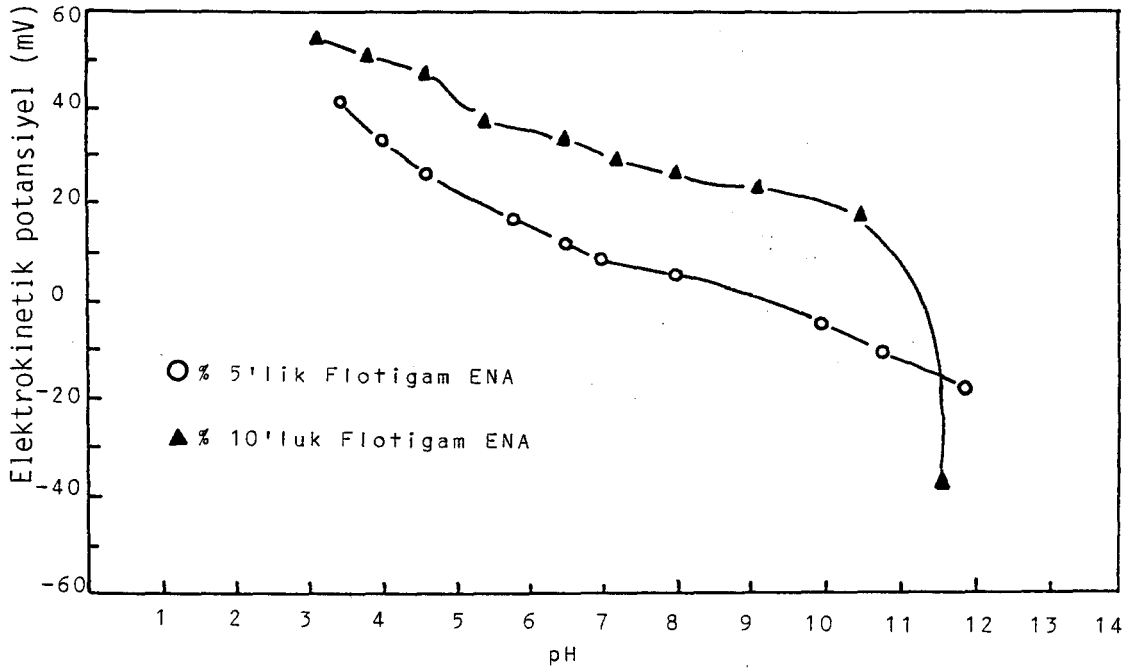
Şekil 3.34. 870'in serpantin elektrokinetik potansiyeline etkisi

Çizelge 3.53. % 5'lik Flotigam Ena'nın Manyezitin Elektrokinetik Potansiyeline Etkisi

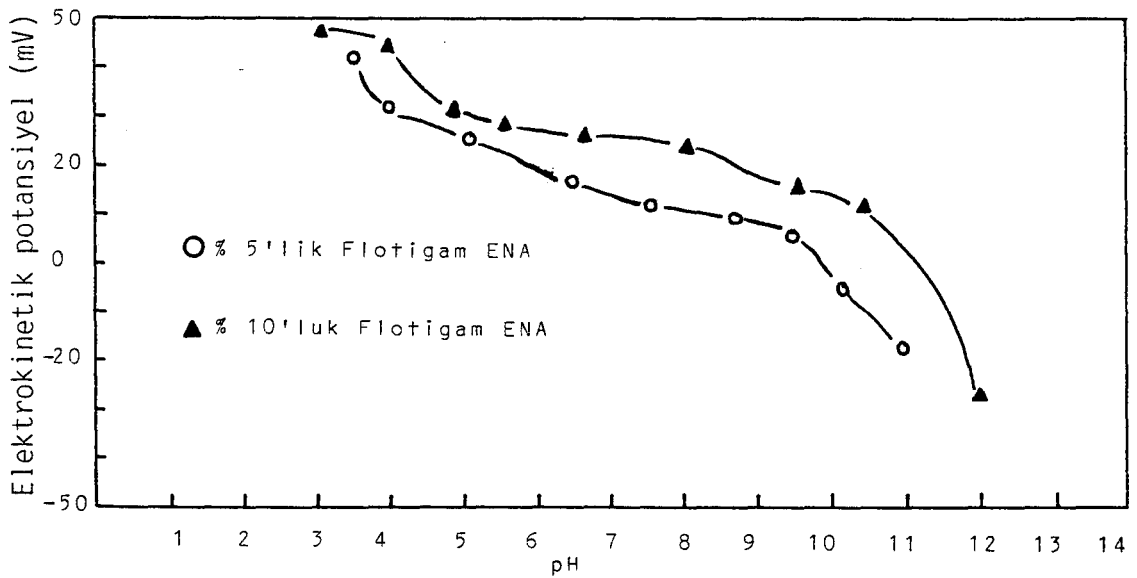
pH	U Tanenin Hareketliliği ( $\mu\text{s}\bar{n}^{-1} \text{ cm volt}^{-1}$ )	$\zeta$ Elektrokinetik Potansiyel (mV)
3.4	3.12	40.03
4.0	2.56	32.85
4.6	1.97	25.28
5.8	1.32	16.94
6.5	0.89	11.42
7.0	0.65	8.34
8.0	0.40	5.13
10.0	0.41	- 5.26
10.8	0.87	-11.16
11.9	1.45	-18.60

Çizelge 3.54. % 10'luk Flotigam Ena'nın Manyezitin Elektrokinetik Potansiyeline Etkisi

pH	U Tanenin Hareketliliği ( $\mu\text{s}\bar{n}^{-1} \text{ cm volt}^{-1}$ )	$\zeta$ Elektrokinetik Potansiyel (mV)
3.1	4.21	54.01
3.8	3.90	50.04
4.6	3.73	47.86
5.4	2.88	36.95
6.5	2.52	32.33
7.2	2.24	28.74
8.0	2.00	25.66
9.1	1.75	22.45
10.5	1.30	16.68
11.6	3.03	-38.88



Şekil 3.35. Flotigam ENA'nın manyezitin elektrokinetik potansiyeline etkisi



Şekil 3.36. Flotigam ENA'nın serpantin elektrokinetik potansiyeline etkisi

Çizelge 3.57. % 1'lik Armacflote 17'nin Manyezitin Elektrokinetik Potansiyeline Etkisi

pH	U Tanenin Hareketliliği ( $\mu\text{s}^{-1}$ cm volt $^{-1}$ )	$\zeta$ Elektrokinetik Potansiyel (mV)
3.2	4.08	52.35
4.0	3.74	47.98
4.8	2.98	38.23
5.4	2.78	35.67
6.7	2.41	30.92
7.2	2.16	27.71
8.1	1.99	25.53
9.0	1.73	22.20
9.7	1.38	17.71
10.4	2.59	-33.23

Çizelge 3.58. % 5'lik Armacflote 17'nin Manyezitin Elektrokinetik Potansiyeline Etkisi

pH	U Tanenin Hareketliliği ( $\mu\text{s}^{-1}$ cm volt $^{-1}$ )	$\zeta$ Elektrokinetik Potansiyel (mV)
3.0	4.23	54.27
4.1	3.83	49.14
4.9	3.07	39.39
5.5	2.82	36.18
6.6	2.49	31.95
7.3	2.21	28.35
8.2	2.03	26.04
9.0	1.76	22.58
9.8	1.39	17.83
10.4	2.65	-34.00

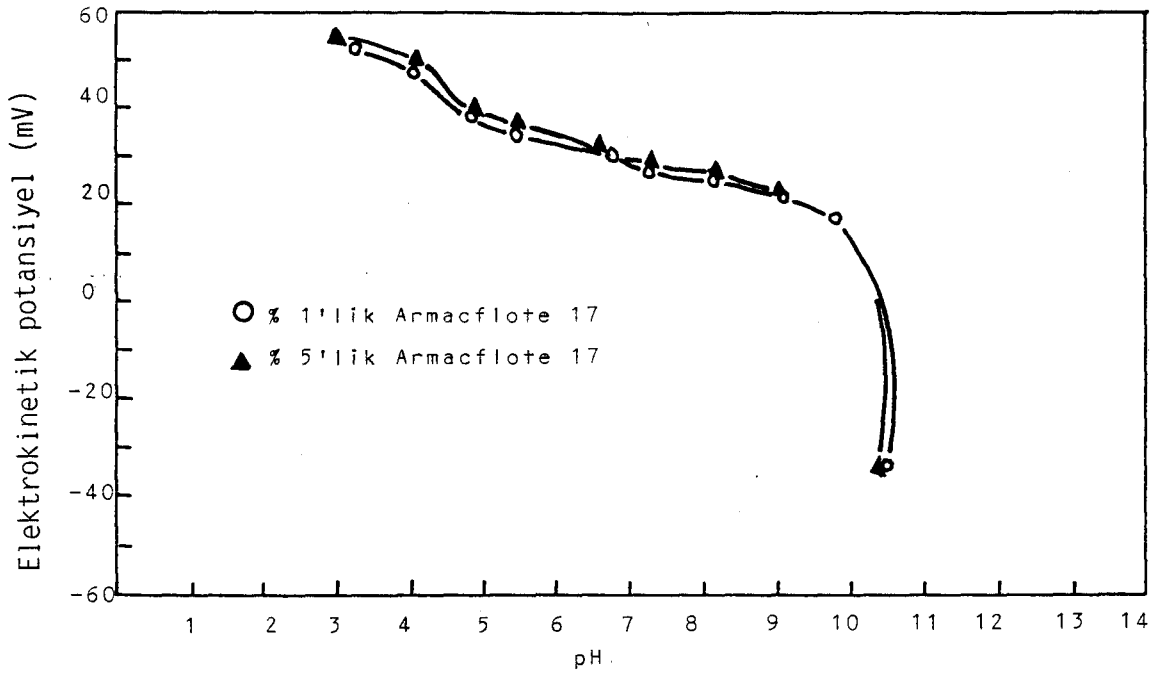
Çizelge 3.59. % 1'lik Armacflote 17'nin Serpantinin Elektrokinetik Potansiyeline Etkisi

pH	U Tanenin Hareketliliği ( $\mu\text{s}\bar{\text{n}}^{-1} \text{ cm volt}^{-1}$ )	$\zeta$ Elektrokinetik Potansiyel (mV)
3.0	4.26	54.66
3.8	3.83	49.14
4.4	3.60	46.20
5.5	2.71	34.80
6.3	2.41	30.92
7.0	2.17	27.84
7.9	2.01	25.80
9.0	1.75	22.45
9.8	1.63	20.90
10.4	1.39	-17.83

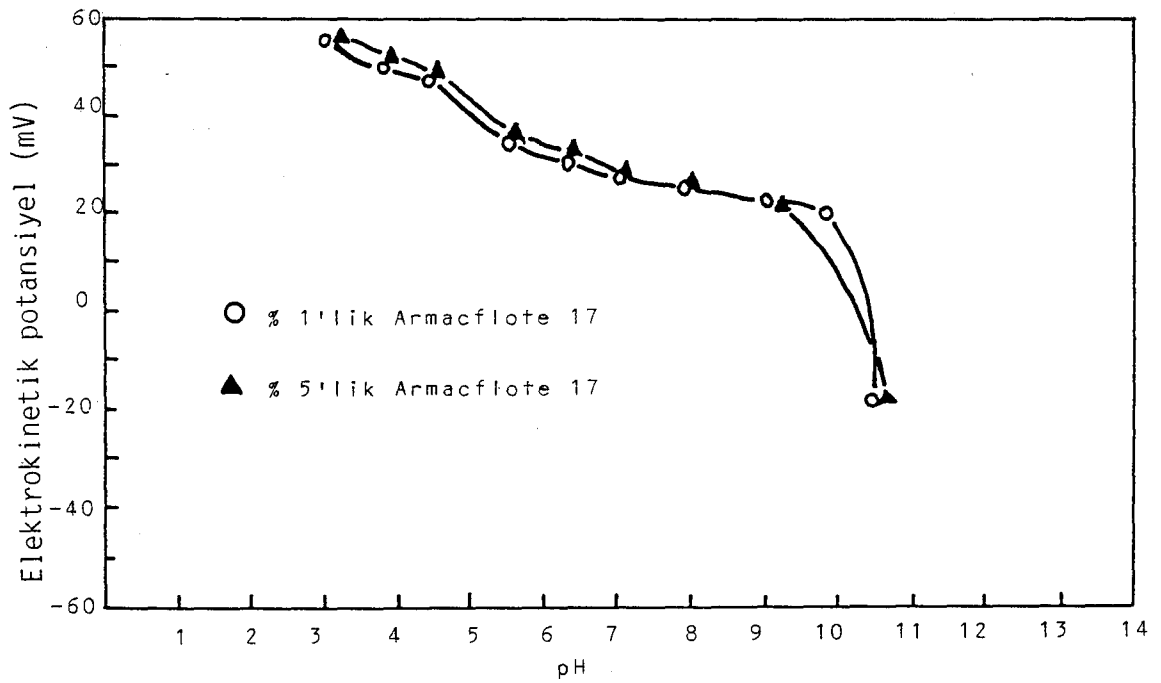
Çizelge 3.60. % 5'lik Armacflote 17'nin Serpantinin Elektrokinetik Potansiyeline Etkisi

pH	U Tanenin Hareketliliği ( $\mu\text{s}\bar{\text{n}}^{-1} \text{ cm volt}^{-1}$ )	$\zeta$ Elektrokinetik Potansiyel (mV)
3.2	4.35	55.81
3.9	4.00	51.32
4.5	3.75	48.11
5.6	2.88	36.95
6.4	2.55	32.72
7.1	2.25	28.87
8.0	2.05	26.30
9.2	1.77	22.71
10.6	1.34	-17.19





Şekil 3.37. Armacflote 17'nin manyezitin elektrokinetik potansiyeline etkisi



Şekil 3.38. Armacflote 17'nin serpantinin elektrokinetik potansiyeline etkisi

Çizelge 3.61. % 1'lik Armacflote 14'ün Manyezitin Elektrokinetik Potansiyeline Etkisi

pH	U Tanenin Hareketliliği ( $\mu\text{s}\bar{n}^{-1}$ cm volt $^{-1}$ )	$\zeta$ Elektrokinetik Potansiyel (mV)
3.0	4.18	53.63
4.2	3.74	47.98
5.1	2.94	37.70
6.5	2.50	32.08
7.1	2.20	28.23
8.0	1.98	25.40
9.3	1.74	22.30
9.9	1.37	17.58
10.6	2.64	-33.87

Çizelge 3.62. % 5'lik Armacflote 14'ün Manyezitin Elektrokinetik Potansiyeline Etkisi

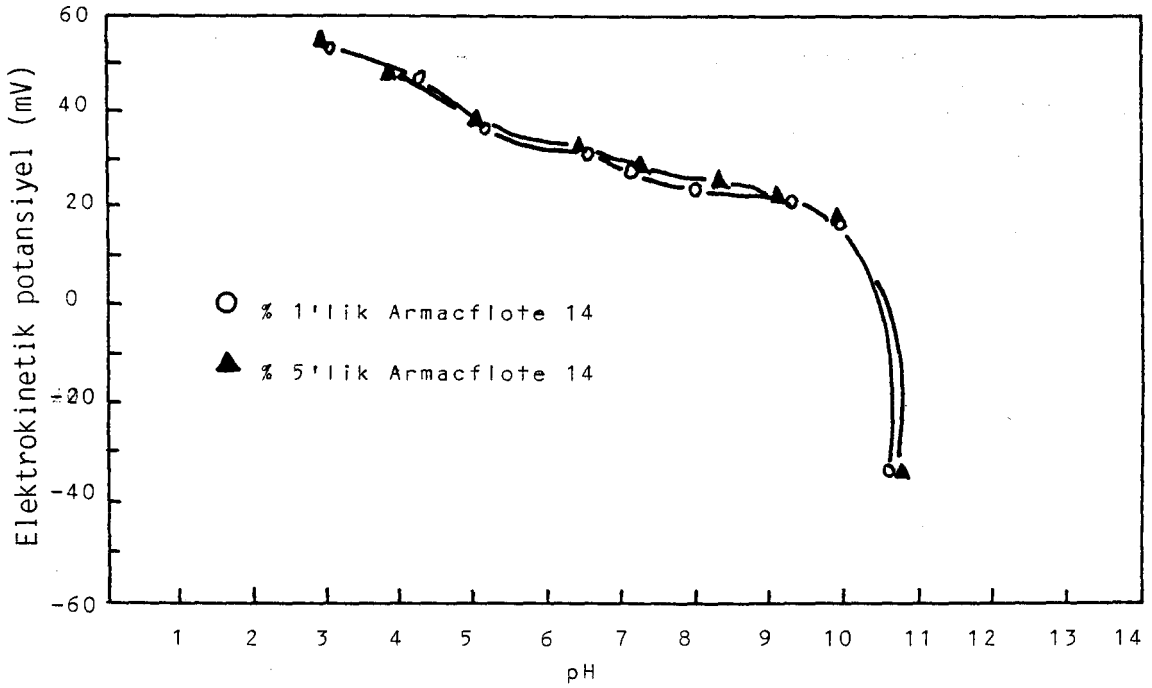
pH	U Tanenin Hareketliliği ( $\mu\text{s}\bar{n}^{-1}$ cm volt $^{-1}$ )	$\zeta$ Elektrokinetik Potansiyel (mV)
2.9	4.21	54.01
3.8	3.76	48.24
5.0	2.97	38.11
6.4	2.51	32.20
7.2	2.22	28.48
8.3	1.97	25.28
9.1	1.75	22.45
9.9	1.38	17.71
10.7	2.66	-34.13

Çizelge 3.63. % 1'lik Armacflote 14'ün Serpantinin Elektrokinetik Potansiyeline Etkisi

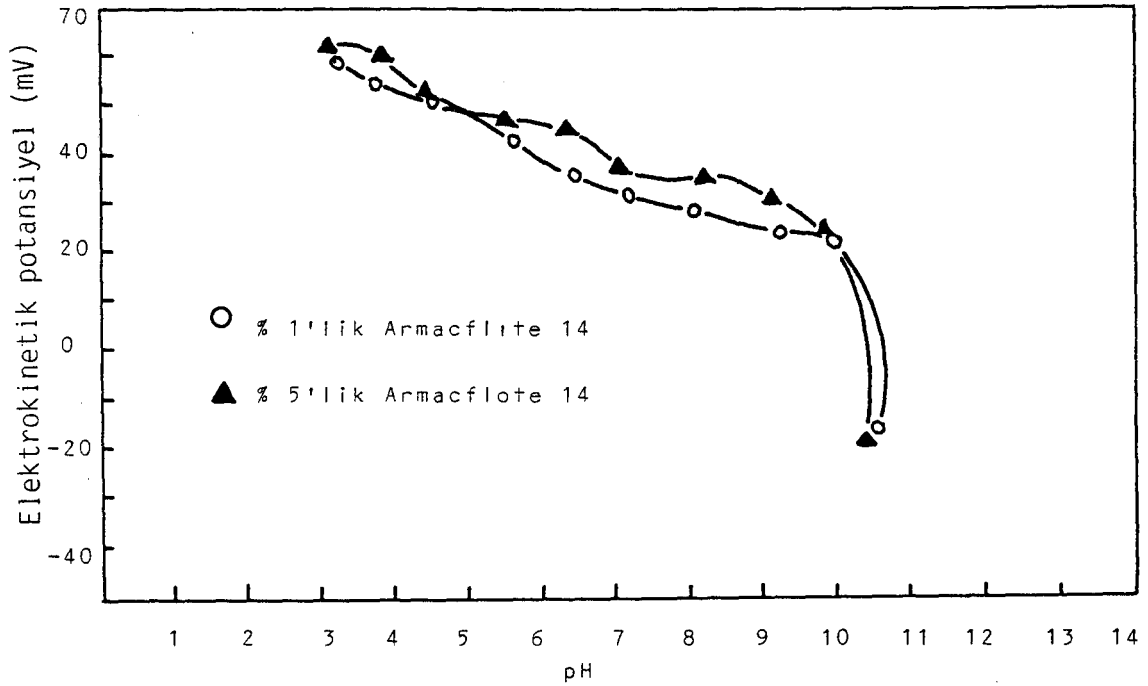
pH	U Tanenin Hareketliliği ( $\mu\text{s}^{-1} \text{ cm volt}^{-1}$ )	$\zeta$ Elektrokinetik Potansiyel (mV)
3.2	4.53	58.12
3.7	4.25	54.53
4.5	3.92	50.29
5.6	3.29	42.21
6.4	2.77	35.54
7.1	2.42	31.05
8.0	2.19	28.10
9.2	1.84	23.61
9.9	1.69	21.68
10.5	1.27	-16.29

Çizelge 3.64. % 5'lik Armacflote 14'ün Serpantinin Elektrokinetik Potansiyeline Etkisi

pH	U Tanenin Hareketliliği ( $\mu\text{s}^{-1} \text{ cm volt}^{-1}$ )	$\zeta$ Elektrokinetik Potansiyel (mV)
3.1	4.87	62.48
3.8	4.72	60.56
4.4	4.12	52.86
5.5	3.69	47.34
6.3	3.55	45.55
7.0	2.92	37.50
8.2	2.74	35.15
9.1	2.39	30.66
9.8	1.85	23.74
10.4	1.41	-18.09



Şekil 3.39. Armacflote 14'ün manyezitin elektrokinetik potansiyeline etkisi



Şekil 3.40. Armacflote 14'ün serpantinin elektrokinetik potansiyeline etkisi

### 3.2. Infrared Spektrofotometre Çalışmaları

Infrared spektrofotometre çalışmalarında manyezit ve serpantin kullanılmıştır. 37 mikronun altına öğütülen numuneler bir kaç kez damıtık su ile yıkandıktan sonra içinde damıtık su bulunan bir litrelik dereceli silindir bir kaba konularak bir kaç dakika karıştırılmış ve 10 mikrondan daha büyük boyutlu tanelerin Stokes yasasına göre çökmesi sağlanmış, 10 mikron ve daha küçük boyutlu taneler ise infrared spektrofotometre çalışmalarında kullanmak üzere kurutulmuş stok numune olarak saklanmıştır.

Numuneler damıtık su ile süspansiyon haline getirilmiş flotasyon reaktifleri ile karıştırıldıktan sonra pH ayarı yapılmış ve karıştırma işleminden sonra santrifüjle katı-sıvı ayırımı yapılmıştır, katı 40°C nin altındaki etüvde 12 saat süre ile kurutulmuştur.

Infrared spektrofotometre çalışmalarında PERKIN ELMER 983 G modeli cihaz kullanılmıştır.

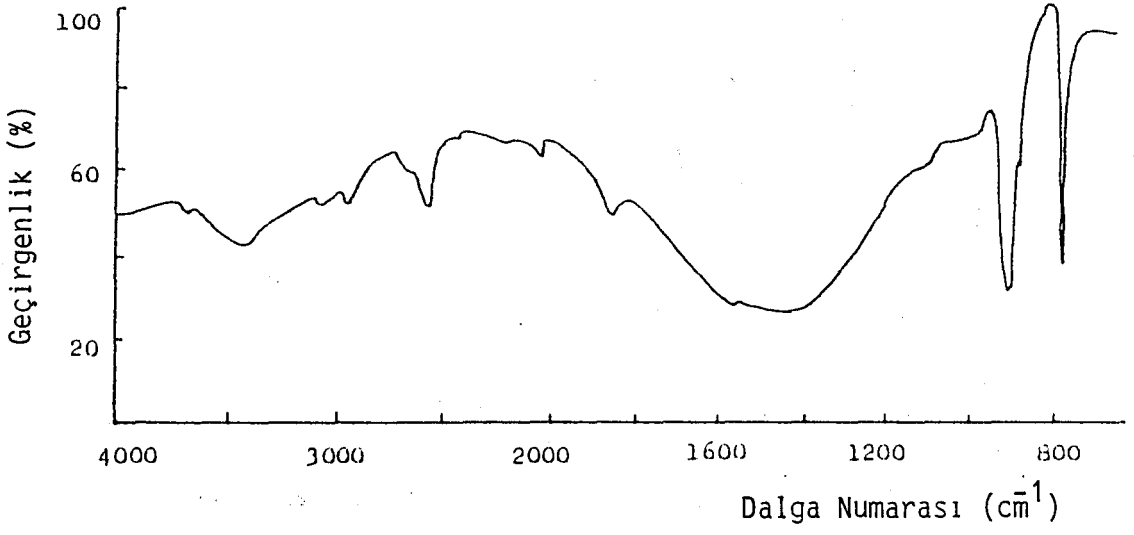
Kurutulan numuneden yaklaşık 3 miligram alınarak KBr (Potasyum bromür) ile karıştırılmış ve pelet yapılmıştır. Yapılan pelet cihaza yerleştirildikten sonra gerekli ayarlamalar yapılmış ve spektrumlar otomatik olarak cihaz tarafından çizilmiştir.

Sonuçlar şekiller 3.41 -3.74 de verilmiştir.

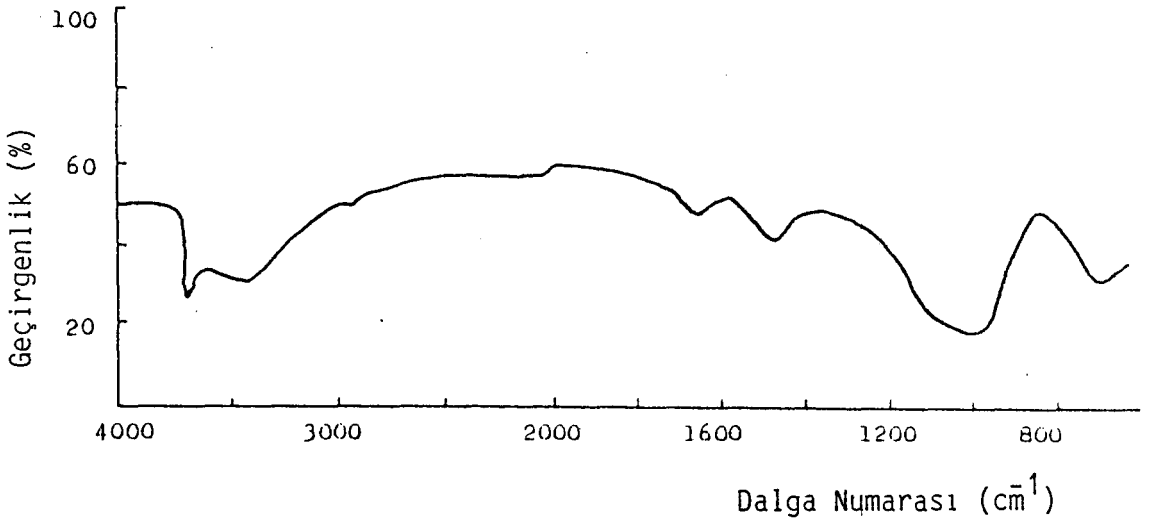
### 3.3. Flotasyon Çalışmaları

Flotasyon çalışmalarında kullanmak için manyezit ve serpantin numunelerini 0.210 mm'nin altına öğütülmüş ve 0.044 mm'nin altı şlam olarak atılmıştır. -0.210+0.044 mm boyutundaki manyezit ve serpantin numuneleri değişik oranlarda karıştırılarak 9 ayrı grup oluşturulmuştur. Flotasyon deneyleri öncelikle % 90 manyezit + % 10 serpantin içeren numune için yapılmış ve elde edilen en iyi şartlar diğer gruplar için de denenmiştir.

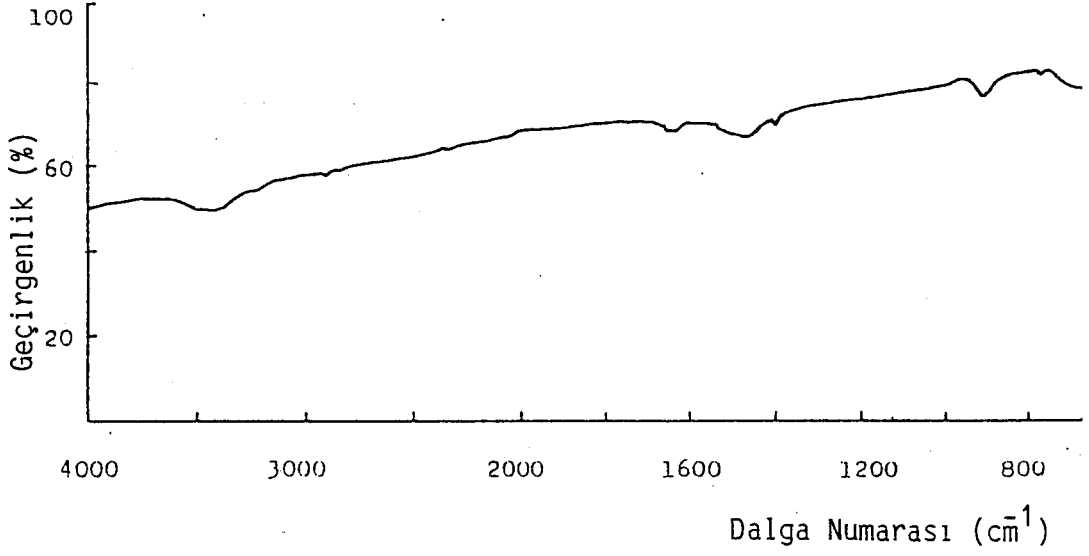
Flotasyon çalışmalarında kullanılan numunelerin komple kimyasal analizleri Çizelgeler 3.65 - 3.73 de gösterilmiştir.



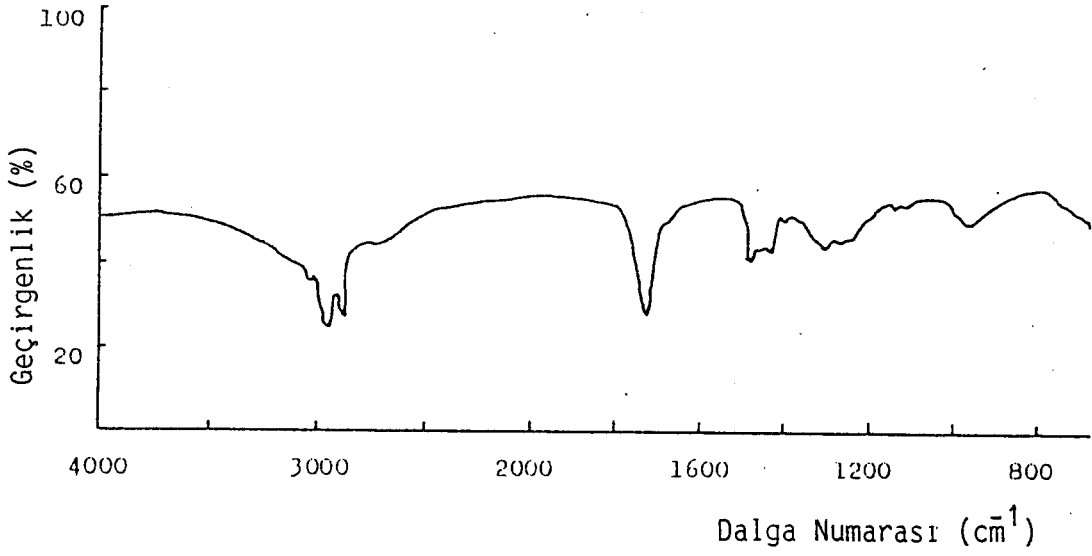
Şekil 3.41. Manyezitin infrared spektrumu



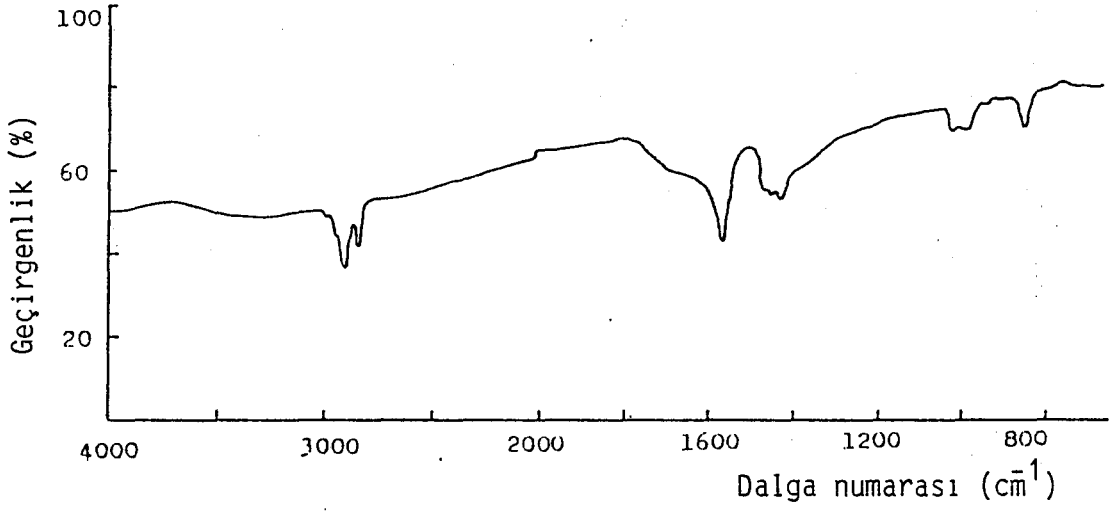
Şekil 3.42. Serpantinin infrared spektrumu



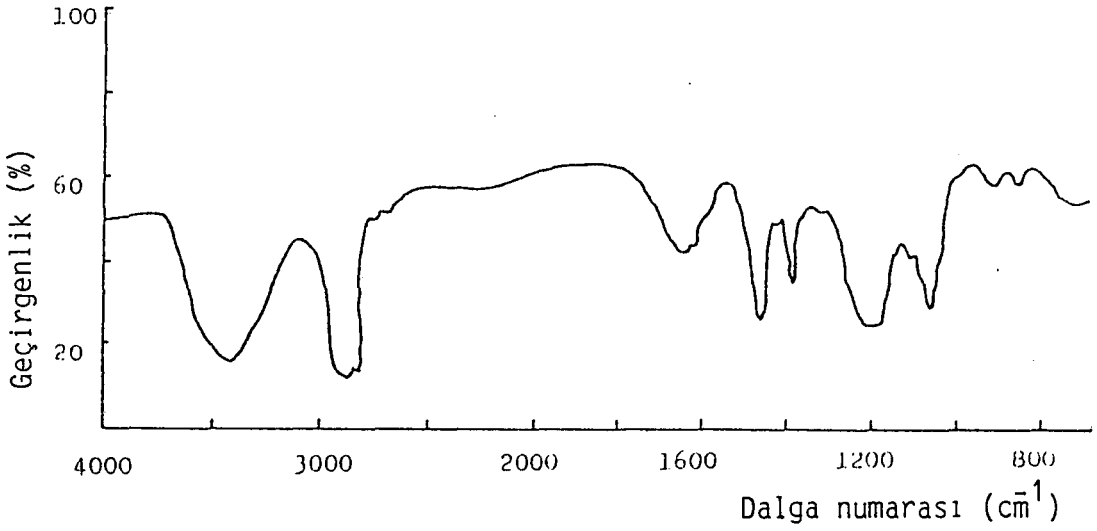
Şekil 3.43. KBr'ün infrared spektrumu



Şekil 3.44. Oleik asitin infrared spektrumu

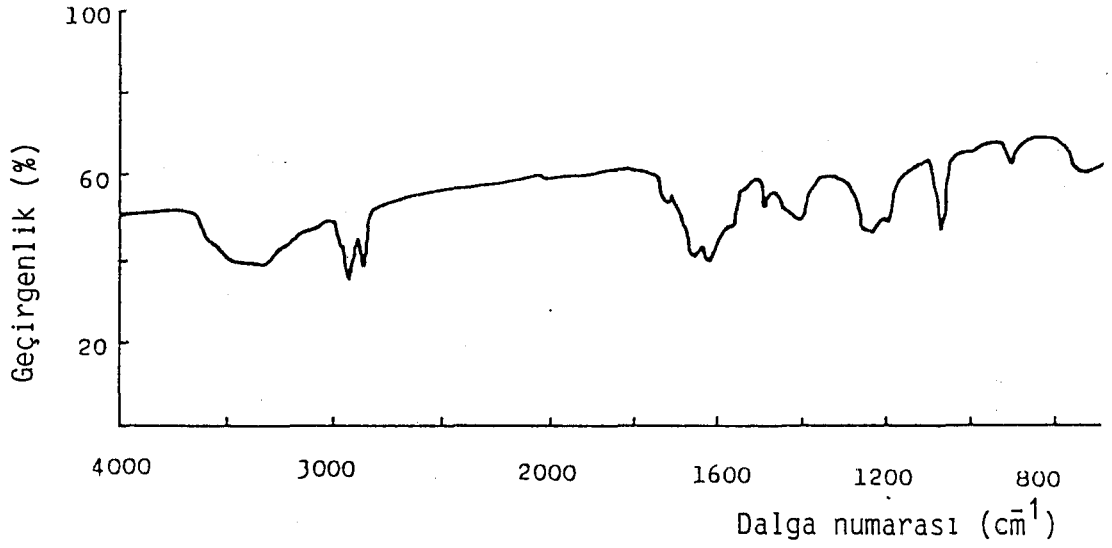


Şekil 3.45. Sodyum oleatın infrared spektrumu

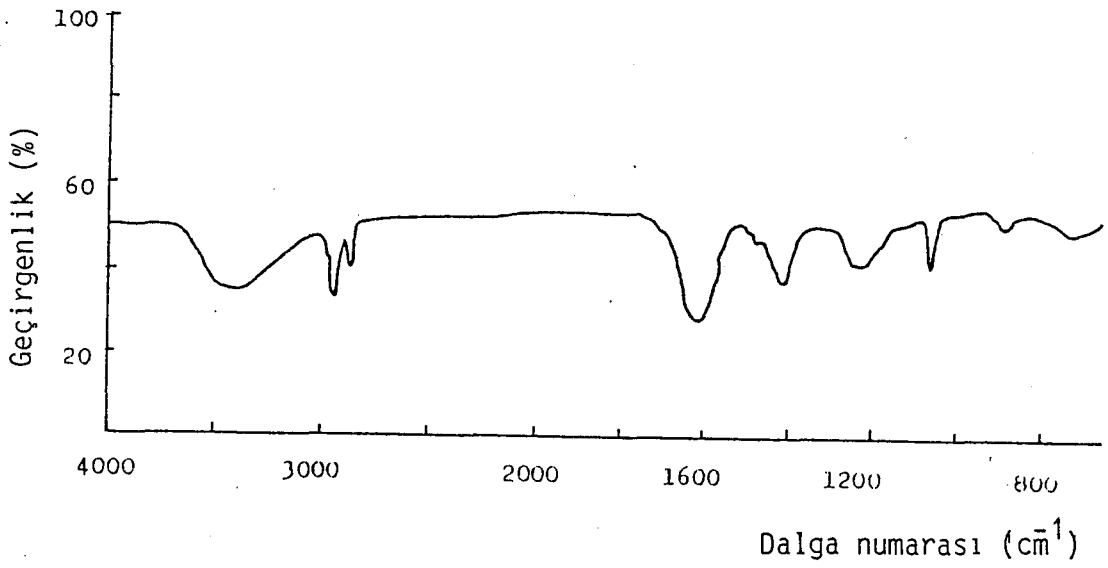


Şekil 3.46. 825!in infrared spektrumu

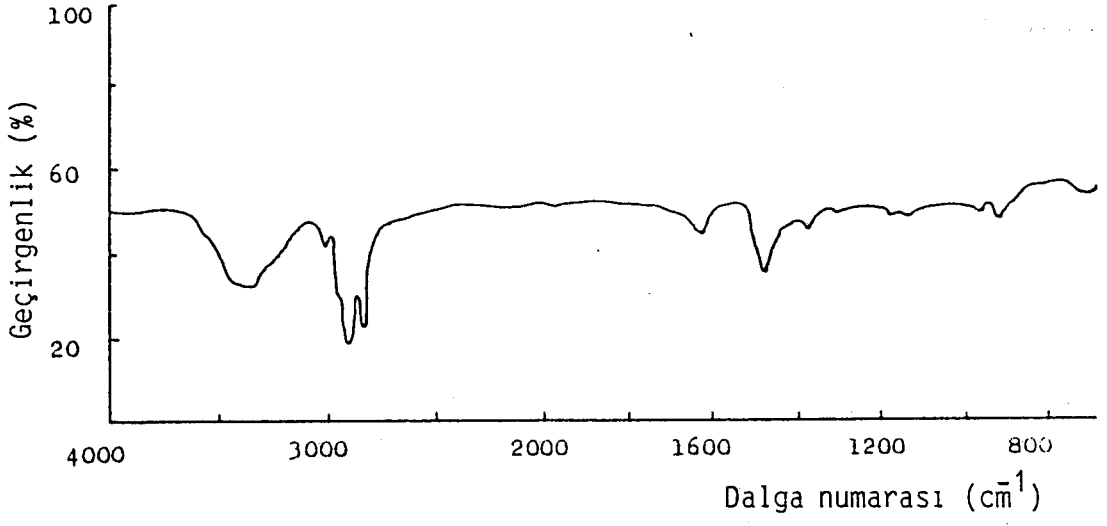




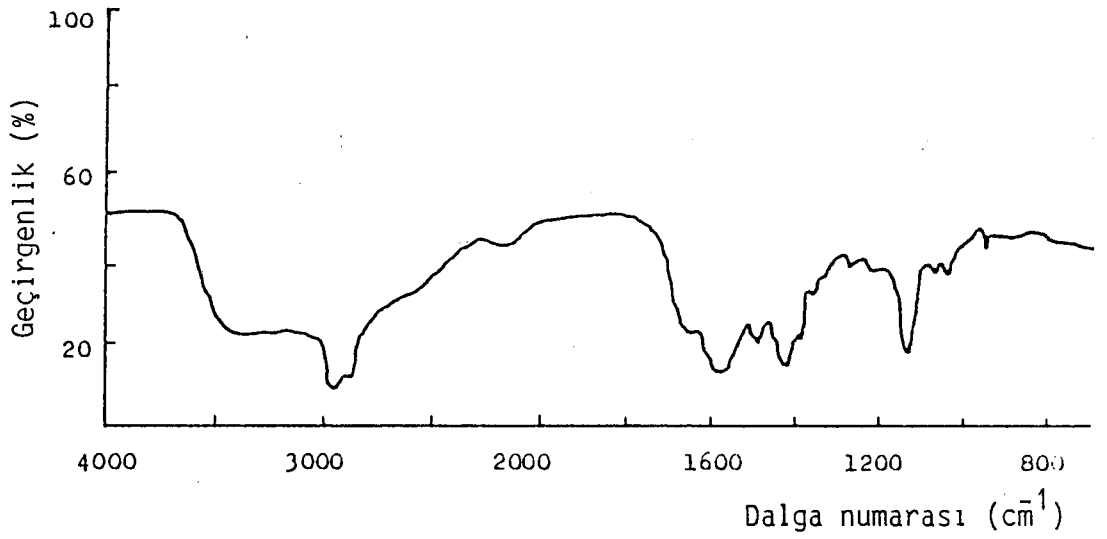
Şekil 3.47. 830'un infrared spektrumu



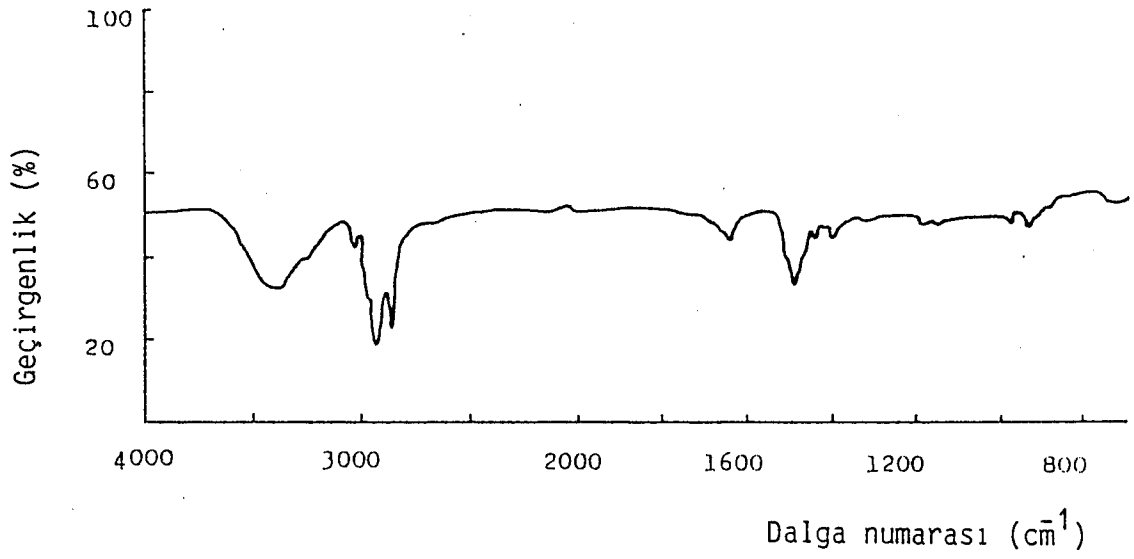
Şekil 3.48. 845'in infrared spektrumu



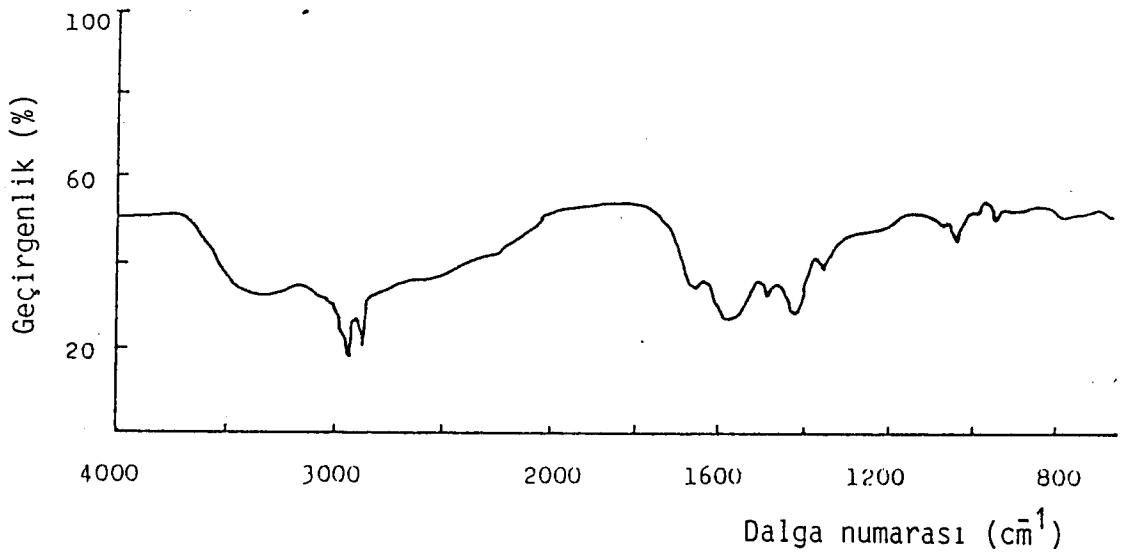
Şekil 3.49. 870'in infrared spektrumu



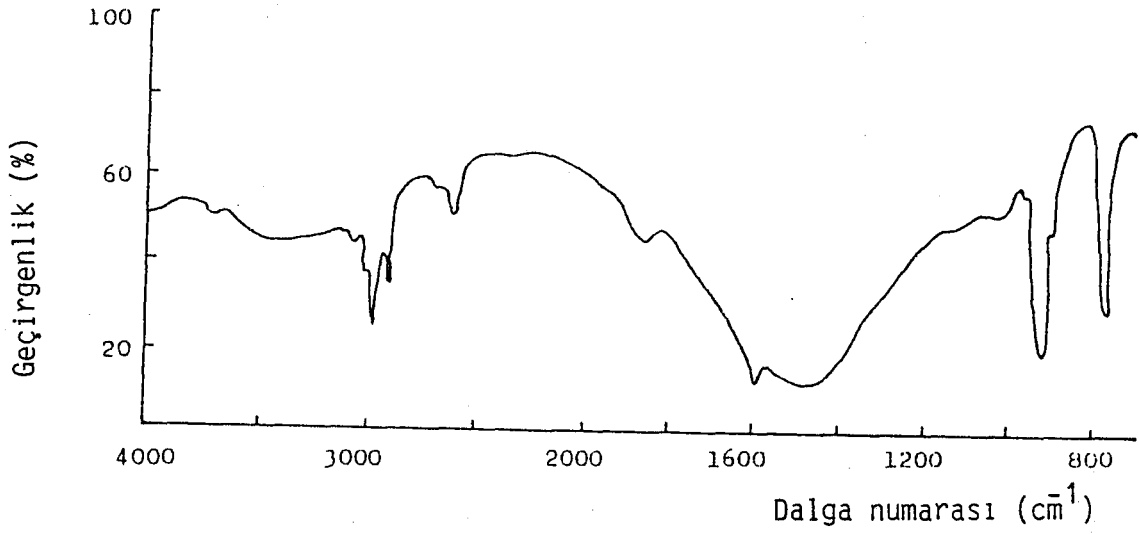
Şekil 3.50. Flotigam ENA'nın infrared spektrumu



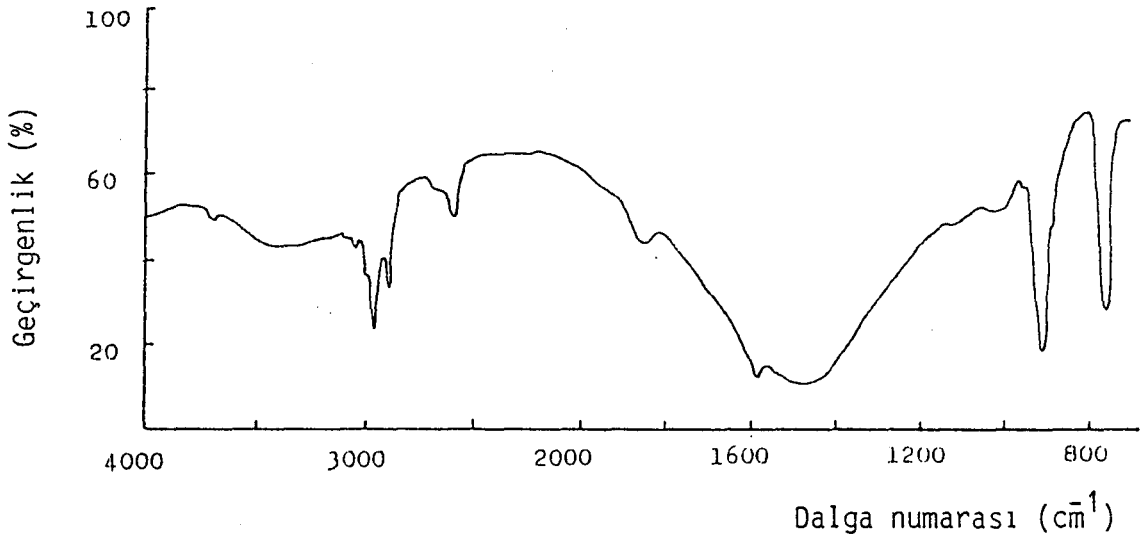
Şekil 3.51. Armacflote 17'nin infrared spektrumu



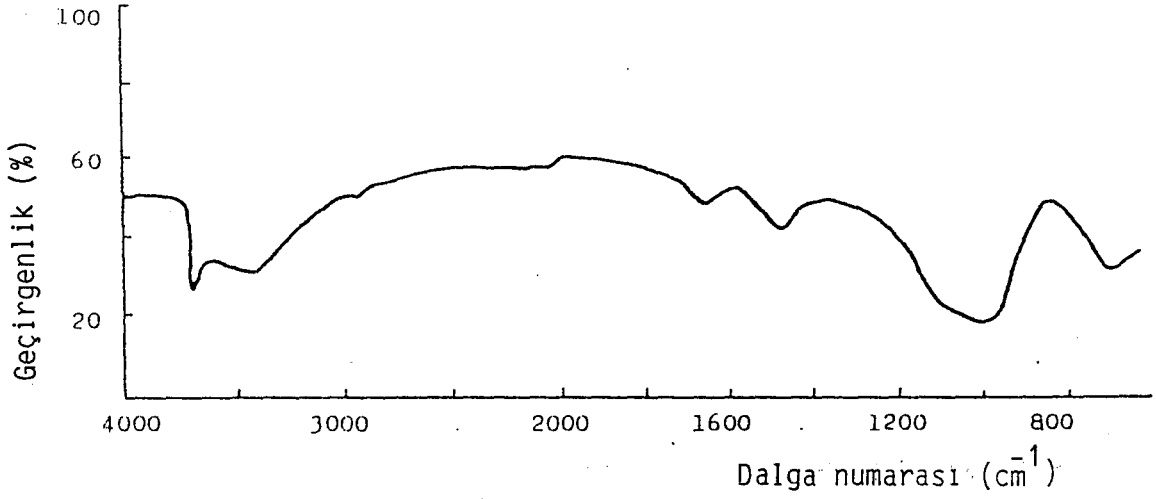
Şekil 3.52. Armacflote 14'ün infrared spektrumu



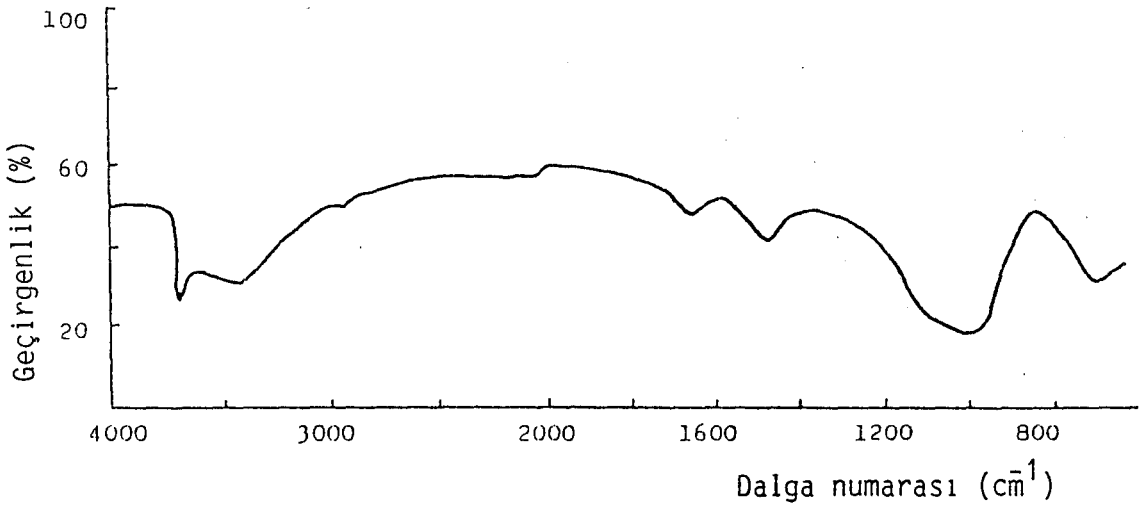
Şekil 3.53. pH=6.85'de  $10^{-1}$  M oleik asitle karıştırılmış manye-  
zitin infrared spektrumu



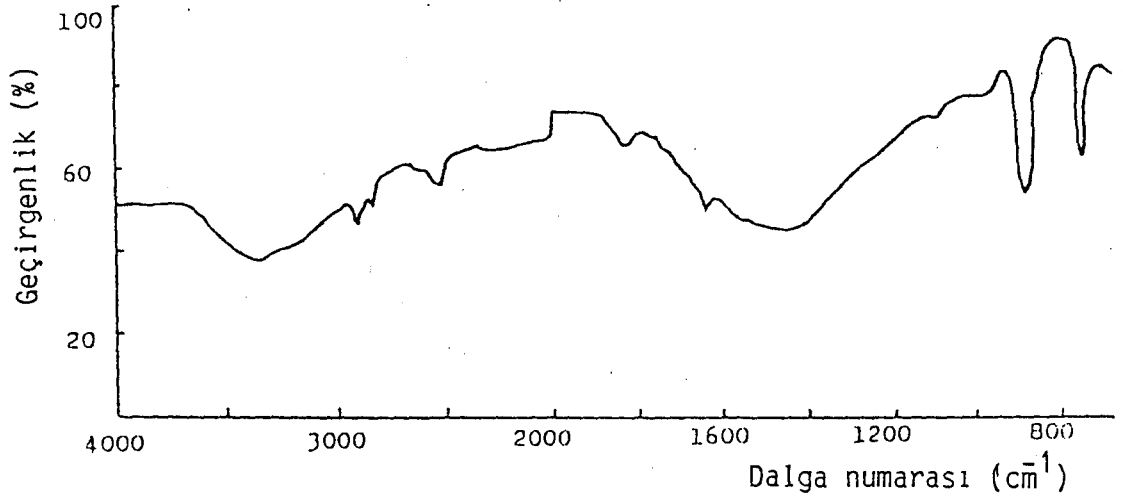
Şekil 3.54. pH=10.59'da  $10^{-1}$  M oleik asitle karıştırılmış manye-  
zitin infrared spektrumu



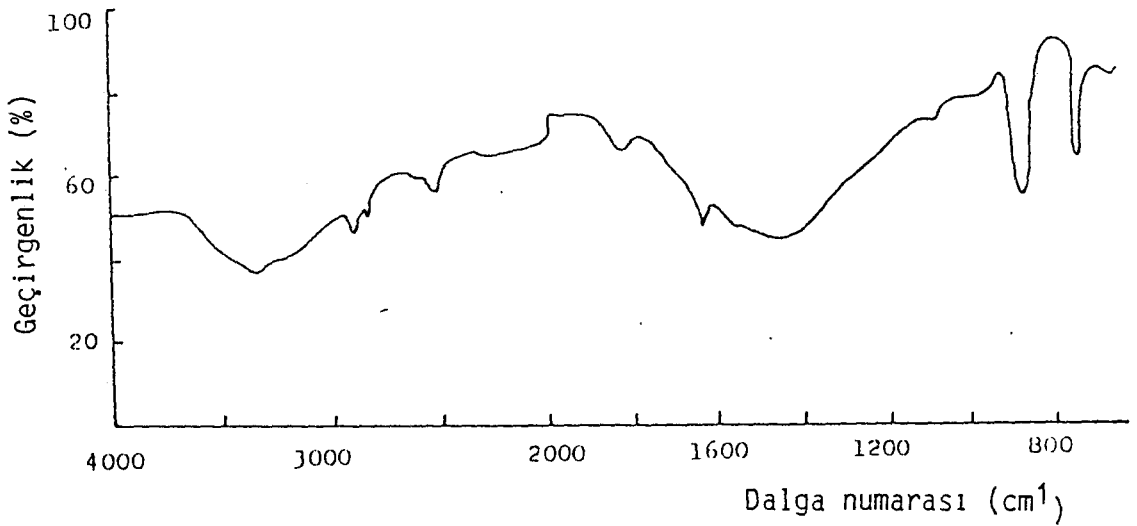
Şekil 3.55. pH = 6.10'da  $10^{-1}$  M oleik asitle karıştırılmış serpantin'in infrared spektrumu



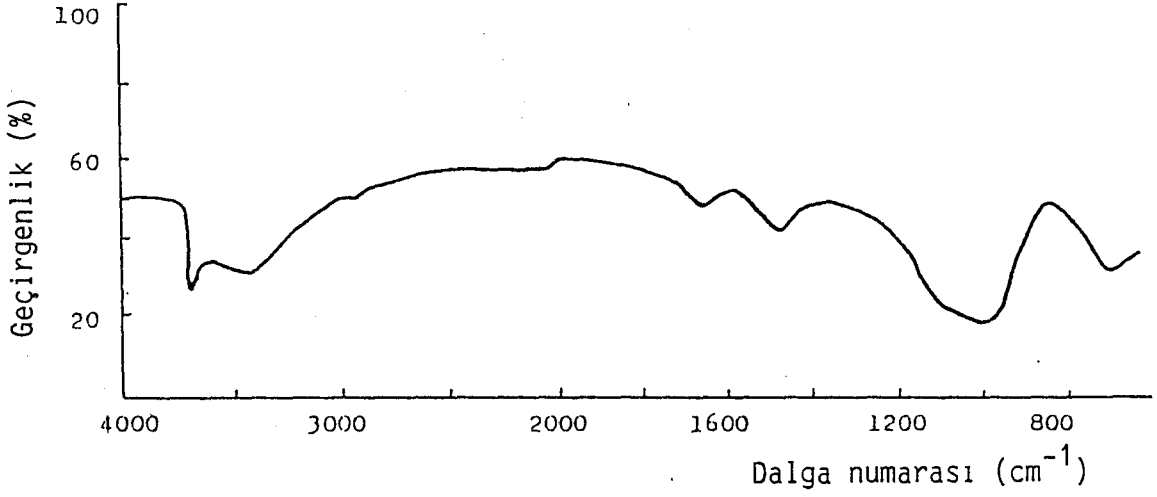
Şekil 3.56. pH = 10.67'de  $10^{-1}$  M oleik asitle karıştırılmış serpantin'in infrared spektrumu



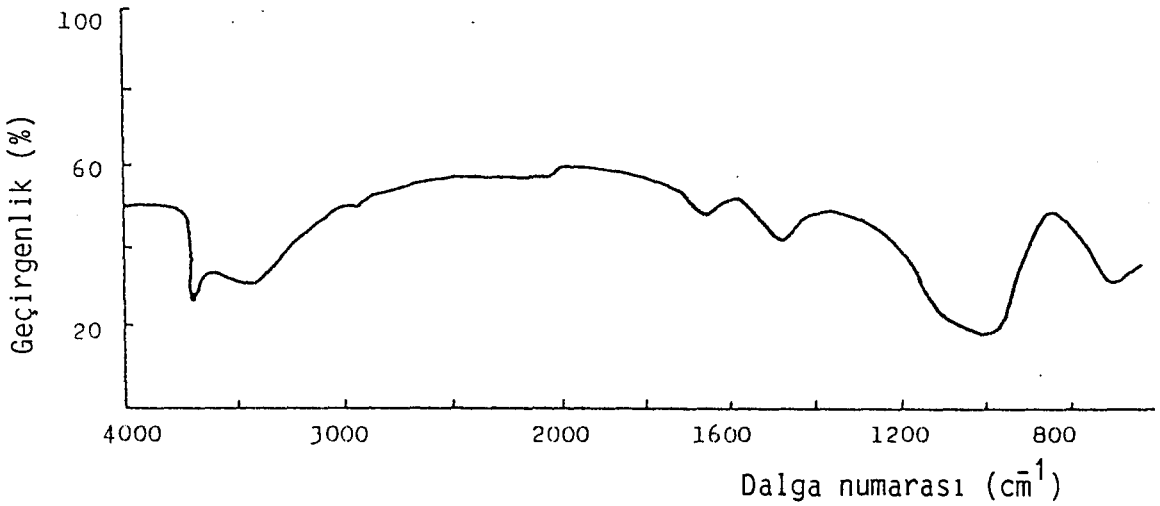
Şekil 3.57. pH= 6.25'de  $10^{-1}$  M sodyum oleatla karıştırılmış manyezitin infrared spektrumu



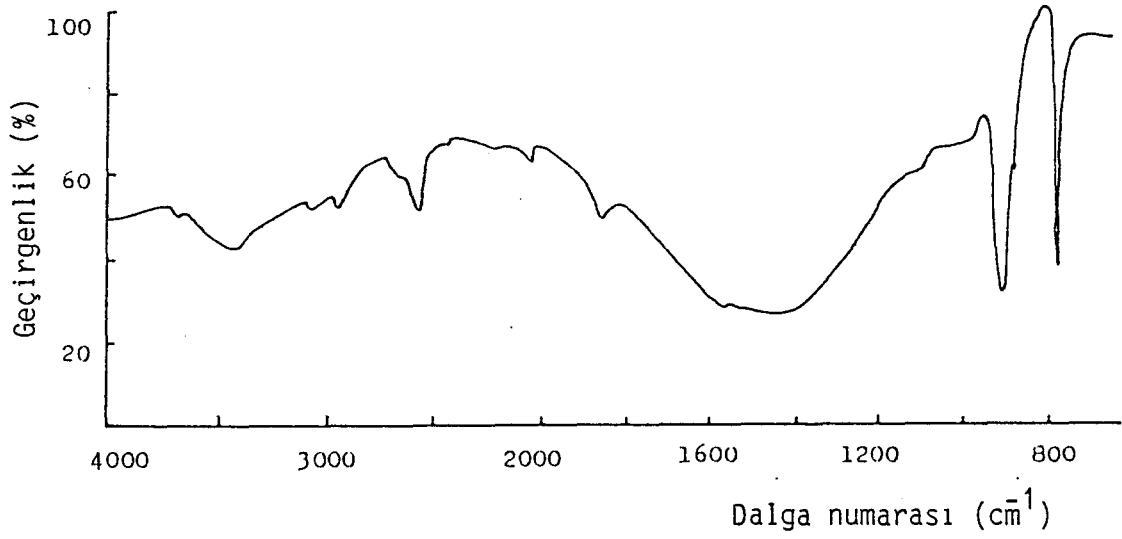
Şekil 3.58. pH= 10.70'de  $10^{-1}$  M sodyum oleatla karıştırılmış manyezitin infrared spektrumu



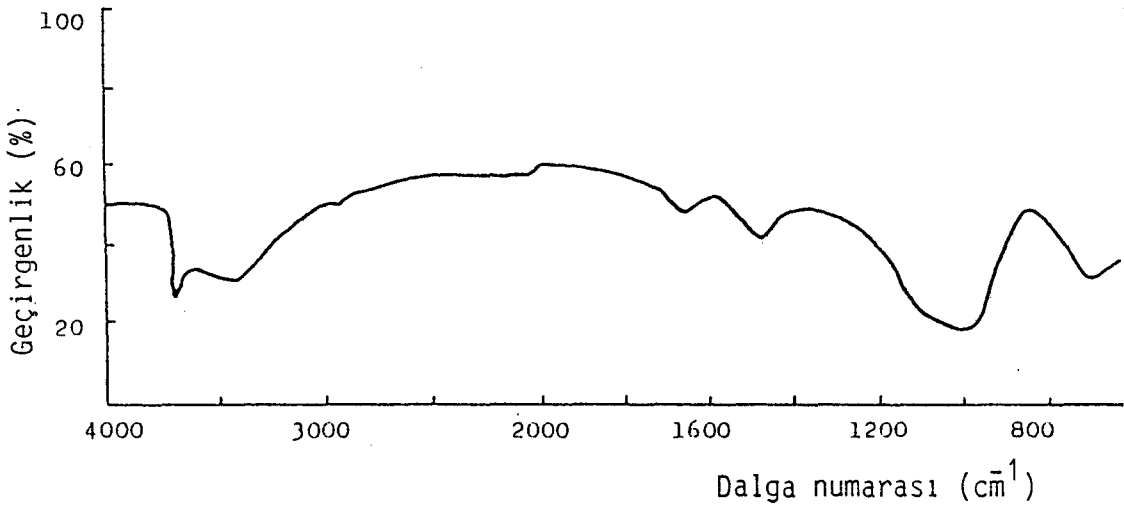
Şekil 3.59. pH = 6.0'de  $10^{-1}$  M sodyum oleatla karıştırılmış serpantin'in infrared spektrumu



Şekil 3.60. pH = 10.58'de  $10^{-1}$  M sodyum oleatla karıştırılmış serpantin'in infrared spektrumu

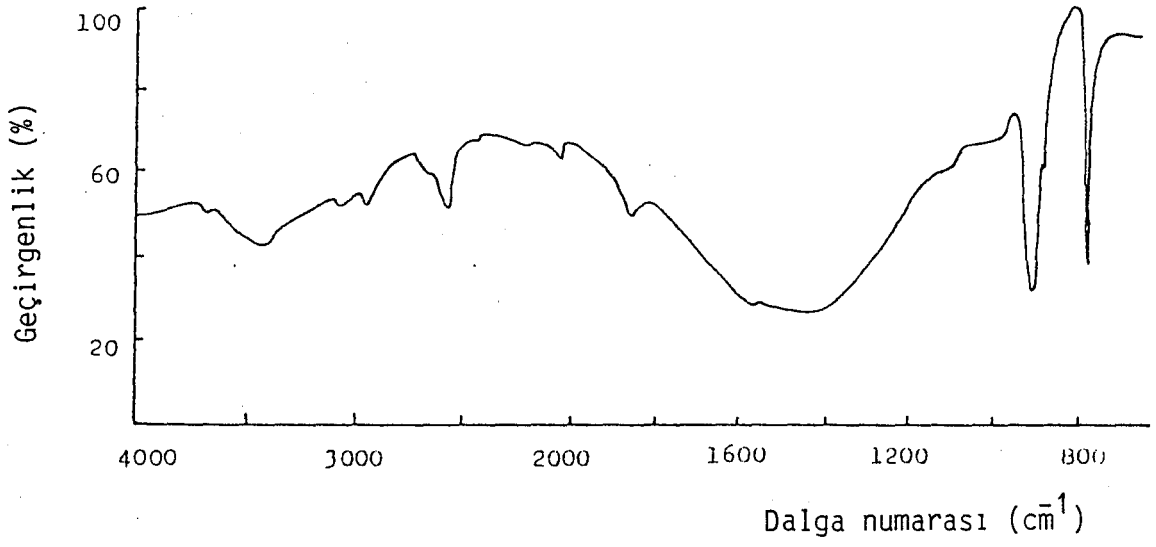


Şekil 3.61. pH= 7.25'de % 5'lik 825'le karıştırılmış manezitin infrared spektrumu

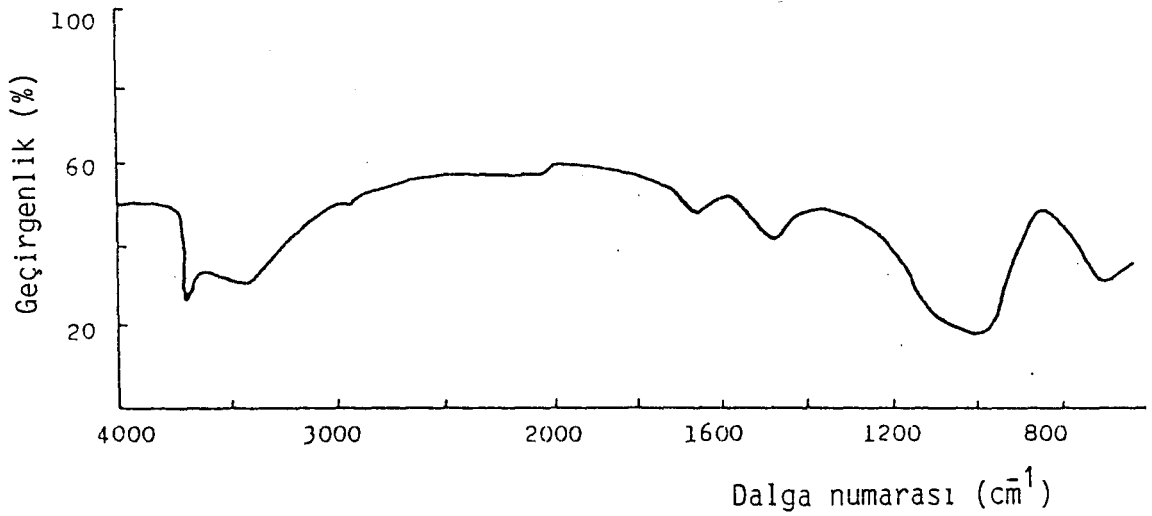


Şekil 3.62. pH= 7.37'de % 5'lik 825'le karıştırılmış serpantin infrared spektrumu

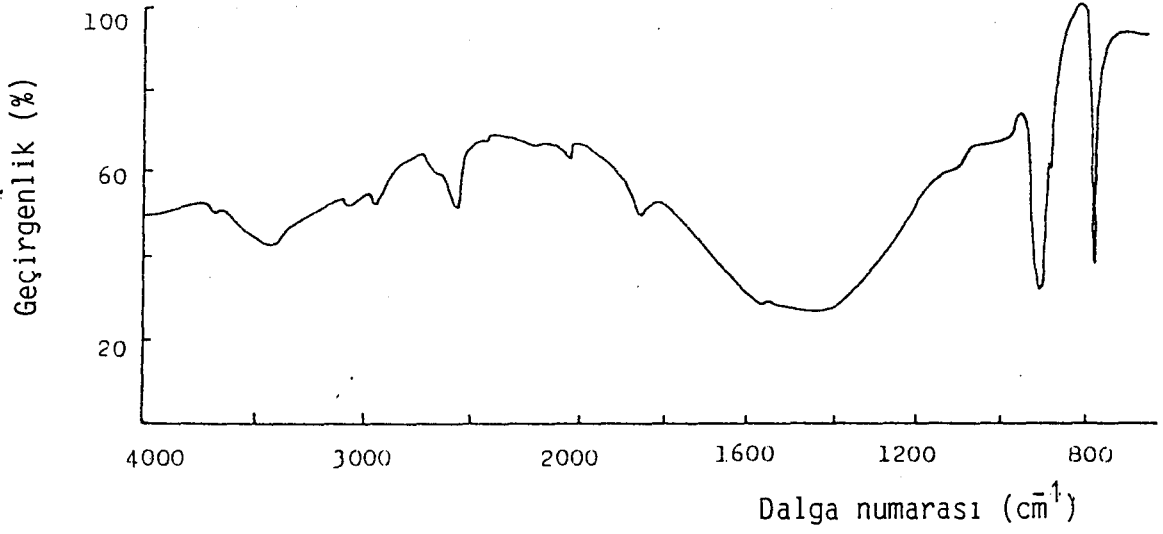




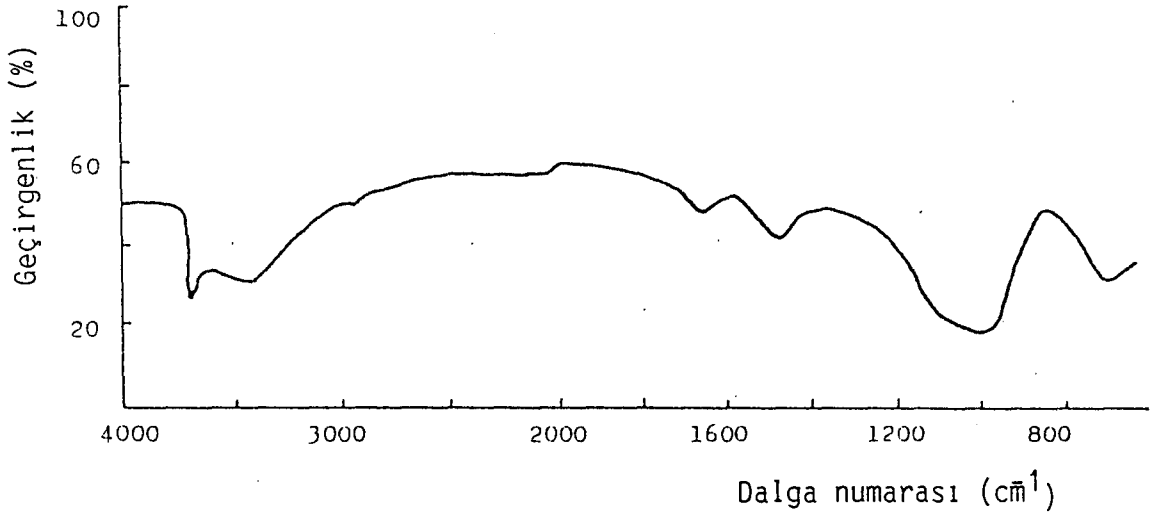
Şekil 3.65. pH= 8.61'de % 5'lik 845'le karıştırılmış manyezitin infrared spektrumu



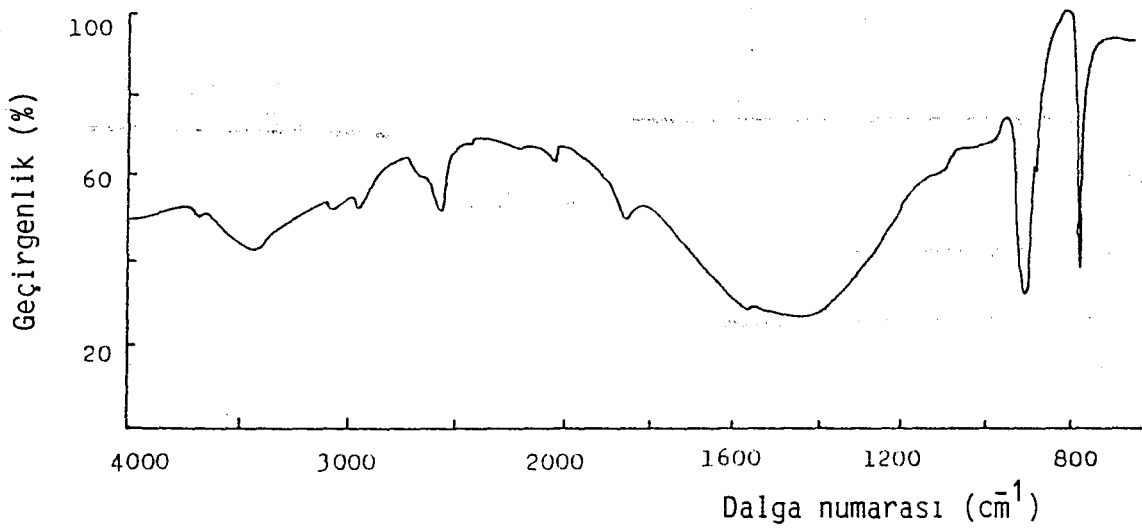
Şekil 3.66. pH= 8.26'da % 5'lik 845'le karıştırılmış serpantin'in infrared spektrumu



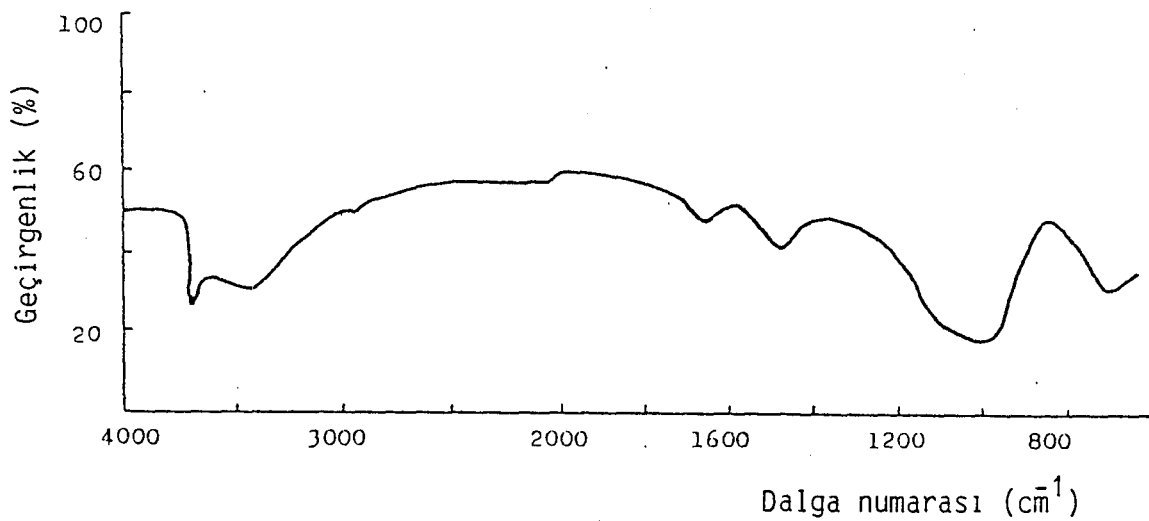
Şekil 3.67. pH= 7.90'da % 5'lik 870'le karıştırılmış manyezitin infrared spektrumu



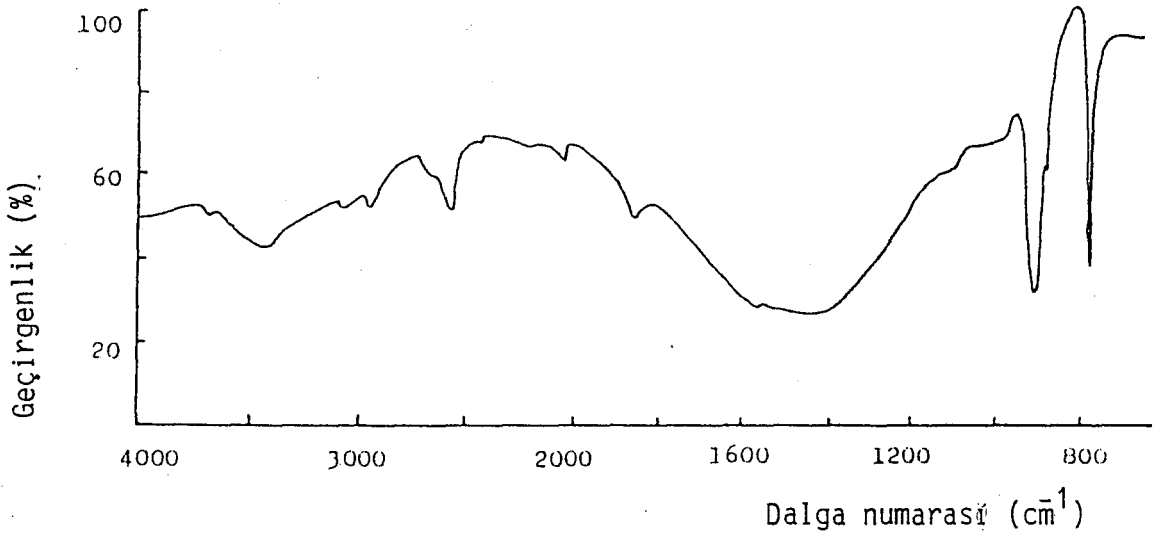
Şekil 3.68. pH= 7,5'da % 5'lik 870'le karıştırılmış serpantin'in infrared spektrumu



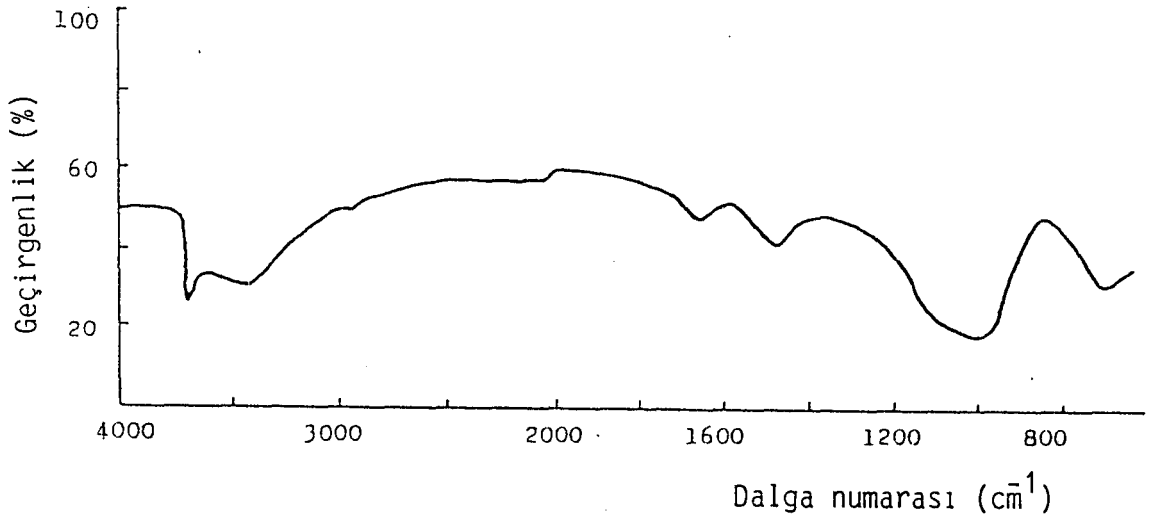
Şekil 3.69. pH= 9.12'de % 5'lik Flotigam ENA ile karıştırılmış manyezitin infrared spektrumu



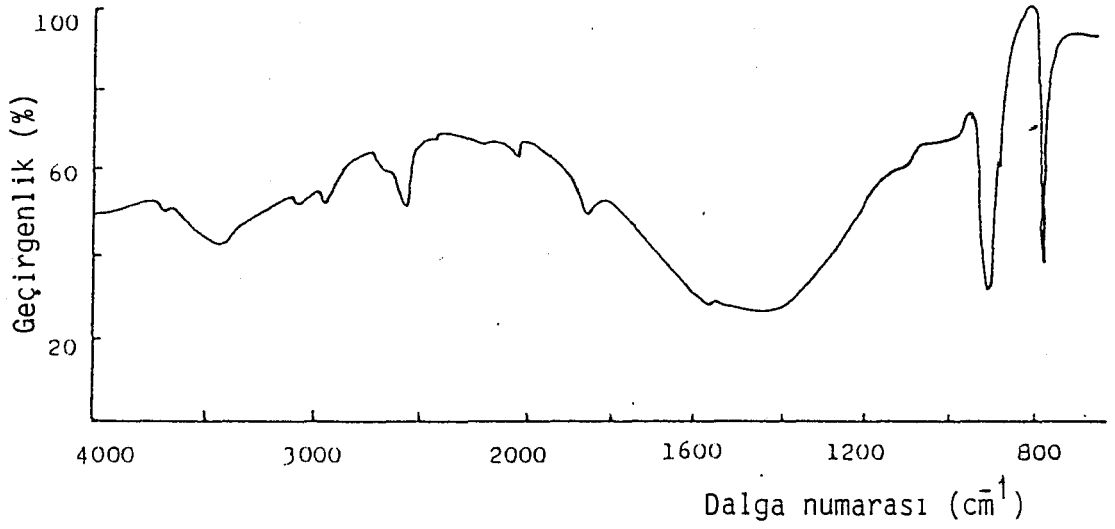
Şekil 3.70. pH= 9.70'de % 5'lik Flotigam ENA ile karıştırılmış serpantin'in infrared spektrumu



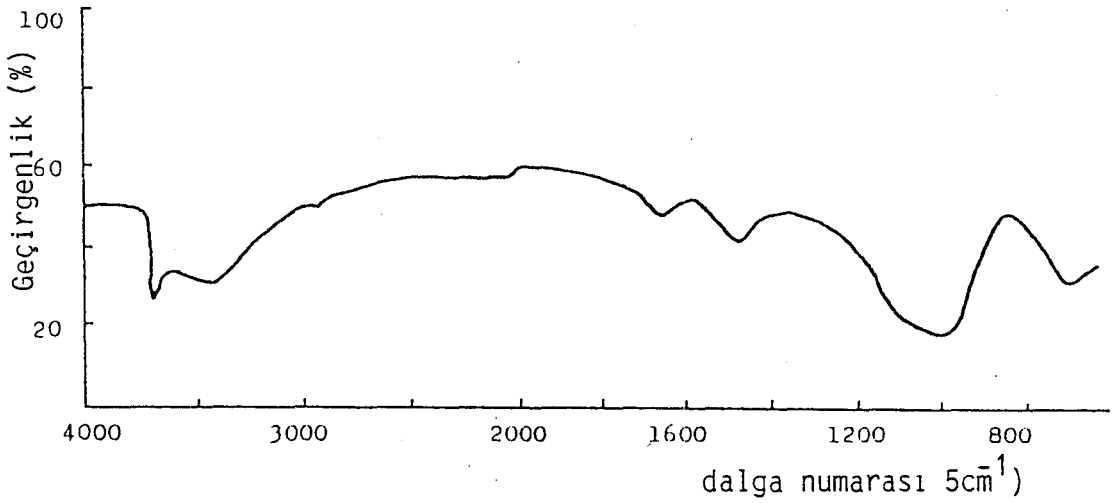
Şekil 3.71. pH= 8.85'de % 5'lik Armacflote 17 ile karıştırılmış manyezitin infrared spektrumu



Şekil 3.72. pH= 8.22'de %5'lik Armacflote 17 ile karıştırılmış serpantin'in infrared spektrumu



Şekil 3.73. pH= 7.12'de % 5'lik Armacflote 14 ile karıştırılmış manyezitin infrared spektrumu



Şekil 3.74. pH= 7.25'de % 5'lik Armacflote 14 ile karıştırılmış serpantin'in infrared spektrumu

Çizelge 3.65. % 90 Manyezit + % 10 Serpantin İçeren Numunenin  
Komple Kimyasal Analizi

Madde	%
MgO	45.38
CaO	1.16
SiO <sub>2</sub>	4.94
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.69
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.00
Na <sub>2</sub> O	0.30
K <sub>2</sub> O	0.053
Ateş Kaybı	46.48

Çizelge 3.66. % 80 Manyezit + % 20 Serpantin İçeren  
Numunenin Komple Kimyasal Analizi

Madde	%
MgO	43.89
CaO	1.18
SiO <sub>2</sub>	8.40
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.12
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.72
Na <sub>2</sub> O	0.50
K <sub>2</sub> O	0.058
Ateş Kaybı	43.12

Çizelge 3.67. % 70 Manyezit + % 30 Serpantin İçeren  
Numunenin Komple Kimyasal Analizi

Madde	%
MgO	42.40
CaO	1.19
SiO <sub>2</sub>	11.87
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.56
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2.44
Na <sub>2</sub> O	0.71
K <sub>2</sub> O	0.063
Ateş Kaybı	39.77

Çizelge 3.68. % 60 Manyezit + % 40 Serpantin İçeren  
Numunenin Komple Kimyasal Analizi

Madde	%
MgO	40.91
CaO	1.21
SiO <sub>2</sub>	15.34
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.99
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3.16
Na <sub>2</sub> O	0.91
K <sub>2</sub> O	0.067
Ateş Kaybı	36.42

Çizelge 3.69. % 50 Manyezit + % 50 Serpantin İçeren Numunenin Komple Kimyasal Analizi

Madde	%
MgO	39.43
CaO	1.22
SiO <sub>2</sub>	18.80
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2.41
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3.89
Na <sub>2</sub> O	1.10
K <sub>2</sub> O	0.080
Ateş Kaybı	33.07

Çizelge 3.70. % 40 Manyezit + % 60 Serpantin İçeren Numunenin Komple Analizi

Madde	%
MgO	37.94
CaO	1.23
SiO <sub>2</sub>	22.27
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2.85
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4.61
Na <sub>2</sub> O	1.32
K <sub>2</sub> O	0.077
Ateş Kaybı	29.71



Çizelge 3.71. % 30 Manyezit + % 70 Serpantin İçeren  
Numunenin Komple Kimyasal Analizi

Madde	%
MgO	36.45
CaO	1.25
SiO <sub>2</sub>	25.74
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3.28
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5.33
Na <sub>2</sub> O	1.52
K <sub>2</sub> O	0.082
Ateş Kaybı	26.36

Çizelge 3.72. % 20 Manyezit + % 80 Serpantin İçeren  
Numunenin Komple Kimyasal Analizi

Madde	%
MgO	34.96
CaO	1.26
SiO <sub>2</sub>	29.21
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3.72
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	6.05
Na <sub>2</sub> O	1.72
K <sub>2</sub> O	0.086
Ateş Kaybı	23.01

Çizelge 3.73. % 10 Manyezit + % 90 Serpantin İçeren Numunenin Komple Kimyasal Analizi

Madde	%
MgO	33.47
CaO	1.28
SiO <sub>2</sub>	32.67
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4.15
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	6.77
Na <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.93
K <sub>2</sub> O	0.091
Ateş Kaybı	19.65

Flotasyon çalışmalarında iki yöntem uygulanmıştır. Birincisinde silikatlar bastırılarak yağ asitleri ile manyezit yüzdürülmüş, ikincisinde ise aminlerle silikatlar yüzdürülmüş ve yüzmeyen kısımda manyezit zenginleştirilmiştir.

### 3.3.1. Manyezit Flotasyonu

#### 3.3.1.1. En Uygun reaktif cinsinin belirlenmesi için yapılan deneyler

Manyezitin gang minerallerinden flotasyonla ayrılmasında çeşitli reaktiflerin flotasyona etkilerini incelemek amacıyla flotasyon deneyleri yapılmıştır.

Toplayıcı reaktif olarak yağ asidi olan oleik asit, oleik asidin sodyumlu sabunu olan sodyum oleat, Cyanamid firmasının ürettiği ve ticari adları 845, 830, 870 ve 825 olan reaktifler, Hoechst firmasının ürettiği Flotigam ENA ticari adlı reaktif kullanılmıştır.

pH ayarında saf NaOH ve HCl, gang minarellerini bastırmak için % 20 lik Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub> kullanılmıştır.

Deney Şartları : pH = 10

Pülp yoğunluğu = % 20 K

Kıvam zamanı = 10 dk

Toplayıcı reaktif miktarı = 0.5 kg/ton

Tane boyutu = -0,210 mm + 0,044 mm

Sonuçlar çizelge 3.74.'de gösterilmiş olup en uygun verim ve tenör Oleik asit ile elde edilmiştir,.

Çizelge 3.74. En Uygun Reaktif Cinsinin Belirlenmesi İçin Yapılan Deneylerin Sonuçları

Reaktif Cinsi	Ürünler	% Miktar	TENÖRLER %				% MgO Dağılımı
			MgO	CaO	SiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	
Oleik asit	Konsantre	32.06	46.08	1.25	4.98	0.25	32.55
	Artık	67.94	45.05	1.12	4.92	0.90	67.45
Flotigam	Konsantre	18.22	35.64	1.34	5.16	0.11	14.31
ENA	Artık	81.78	47.55	1.12	4.89	0.82	85.69
845	Konsantre	30.67	36.77	0.87	4.71	0.24	24.85
	Artık	69.33	49.19	1.29	5.04	0.89	75.15
830	Konsantre	25.11	28.68	0.86	3.78	0.15	15.87
	Artık	74.89	50.98	1.26	5.33	0.87	84.13
870	Konsantre	6.69	33.95	1.16	4.66	0.27	5.00
	Artık	93.31	46.20	1.16	4.96	0.72	95.00
825	Konsantre	12.15	32.94	1.09	3.42	0.18	8.82
	Artık	87.85	47.10	1.17	5.15	0.76	91.18
	TOPLAM	100.00	45.38	1.16	4.94	0.69	100.00

### 3.3.1.2. En uygun reaktif miktarının belirlenmesi için yapılan deneyler

Deney şartları : pH = 10  
Pülp yoğunluğu = % 20 K  
Kıvam zamanı = 10 dk  
Tane boyutu = -0.210 + 0.044 mm

Sonuçlar çizelge 3.75'de gösterilmiş olup, en uygun sonuç kullanılan oleik asit miktarının 1.0 kg / ton olduğu durumda elde edilmiştir.

Çizelge 3.75. En Uygun Reaktif Miktarının Belirlenmesi İçin Yapılan Deneylerin Sonuçları

Oleik Asit Miktarı (kg/ton)	Ürünler	% Miktar	TENÖRLER %				% MgO Dağılımı
			MgO	CaO	SiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	
0.5	Konsantre	32.06	46.08	1.25	4.98	0.25	32.55
	Artık	67.94	45.05	1.12	4.92	0.90	67.45
1.0	Konsantre	20.53	47.32	1.20	2.77	0.15	21.41
	Artık	79.47	44.88	1.15	5.50	0.83	78.59
1.5	Konsantre	22.17	48.26	1.41	3.82	0.20	23.58
	Artık	77.83	44.56	1.09	5.26	0.83	76.42
2.0	Konsantre	19.47	44.64	0.87	3.33	0.15	19.15
	Artık	80.53	45.56	1.23	5.33	0.82	80.85
TOPLAM		100.00	45.38	1.16	4.94	0.69	100.00

3.3.1.3. pH değerinin flotasyona etkisini belirlemek amacıyla yapılan deneyler

Deney şartları : Pülp yoğunluğu = % 20 K  
 Kıvam zamanı = 10 dk  
 Oleik asit miktarı = 1,0 kg/ton  
 Tane boyutu = -0.210 mm + 0.044 mm

Sonuçlar çizelge 3.76'da gösterilmiştir. Verim ve tenör yönünden en iyi sonuç pH= 10'da elde edilmiştir.

Çizelge 3.76. pH Değerinin Flotasyona Etkisini Belirlemek Amacıyla Yapılan Deneylerin Sonuçları

pH	Ürünler	% Miktar	TENÖRLER %				% MgO Dağılımı
			MgO	CaO	SiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	
7	Konsantre	16.59	45.48	0.66	1.62	0.24	16.63
	Artık	83.41	45.36	1.26	5.60	0.78	83.37
8	Konsantre	15.85	48.14	0.84	3.14	0.16	16.81
	Artık	84.15	44.86	1.22	5.28	0.79	83.19
9	Konsantre	21.73	46.22	0.74	3.60	0.15	22.13
	Artık	78.27	45.15	1.28	5.31	0.84	77.87
10	Konsantre	20.53	47.32	1.20	2.77	0.15	21.41
	Artık	79.47	44.88	1.15	5.50	0.83	78.59
11	Konsantre	25.05	47.65	1.04	3.68	0.09	26.30
	Artık	74.95	44.62	1.20	5.36	0.89	73.70
TOPLAM		100.00	45.38	1.16	4.94	0.69	100.00

#### 3.3.1.4. Pülp yoğunluğunun flotasyona etkisini belirlemek amacıyla yapılan deneyler

Deney şartları : pH = 10

Kivam zamanı = 10 dk

Oleik asit miktarı = 1,0 kg/ton

Tane boyutu = -0,210 + 0.044 mm

Sonuçlar çizelge 3.77.'de verilmiştir. En iyi sonuçlar pülp yoğunluğu % 20 K olduğu zaman elde edilmiştir.

Çizelge 3.77. Pülp Yoğunluğunun Flotasyona Etkisini Belirlemek  
Amacıyla Yapılan DeneYlerin Sonuçları

Pülp Yoğunluğu	Ürünler	%	TENÖRLER %				% MgO Dağılımı
			Miktar	MgO	CaO	SiO <sub>2</sub>	
% 15 K	Konsantre	14.37	45.56	0.92	2.91	0.27	14.43
	Artık	85.63	45.35	1.20	5.28	0.76	85.57
% 20 K	Konsantre	20.53	47.32	1.20	2.77	0.15	21.41
	Artık	79.47	44.88	1.15	5.50	0.83	78.59
% 25 K	Konsantre	14.16	44.05	0.80	3.12	0.27	13.74
	Artık	85.84	45.60	1.22	5.24	0.76	86.26
% 30 K	Konsantre	33.33	44.86	1.12	5.00	0.35	32.95
	Artık	66.67	45.64	1.18	4.91	0.86	67.05
TOPLAM		100.00	45.38	1.16	4.94	0.69	100.00

### 3.3.1.5. Kıvam zamanının Flotasyona etkisini belirlemek amacıyla yapılan deneyler

Deney şartları : pH = 10

Pülp yoğunluğu = % 20 K

Oleik asit miktarı = 1,0 kg/ton

Tane boyutu = -0,210 mm + 0,044 mm

Sonuçlar çizelge 3.78 de gösterilmiştir. En iyi sonuçlar kıvam zamanı 20 dk olduğu zaman elde edilmiştir.

Çizelge 3.78. Kıvam zamanının Flotasyona Etkisini Belirlemek için Yapılan Deneylerin Sonuçları

Kıvam Zamanı (dk)	Ürünler	% Miktar	TENÖRLER %				% MgO Dağılımı
			MgO	CaO	SiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	
10	Konsantre	20.53	47.32	1.20	2.77	0.15	21.41
	Artık	79.47	44.88	1.15	5.50	0.83	78.59
15	Konsantre	55.95	43.76	0.77	3.91	0.18	53.95
	Artık	44.05	47.44	1.66	6.25	1.34	46.05
20	Konsantre	55.26	46.30	0.71	2.04	0.10	56.26
	Artık	44.74	44.24	1.72	8.52	1.42	43.62
25	Konsantre	56.72	43.95	0.73	2.91	0.20	54.93
	Artık	43.28	47.25	1.72	7.60	1.33	45.07
30	Konsantre	55.14	44.69	0.78	3.28	0.24	54.30
	Artık	44.86	46.23	1.63	6.98	1.24	45.70
TOPLAM		100.00	45.38	1.16	4.94	0.69	100.00

3.3.1.6. Sodyum silikatın (Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub>) flotasyona etkisini belirlemek amacıyla yapılan deneyler

Deney şartları : pH = 10

Pülp yoğunluğu = % 20 K

Kıvam zamanı = 20 dk

Oleik asit miktarı = 1,0 kg/ton

Tane boyutu = -0,210 mm + 0,044 mm

Sonuçlar çizelge 3.79 da gösterilmiş olup en iyi sonuçlar Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub> miktarı 2,0 kg/ton olduğu zaman elde edilmiştir.

Çizelge 3.79.  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$  Miktarının Flotasyona Etkisini Belirlemek Amacıyla Yapılan Deneylein Sonuçları

$\text{Na}_2\text{SiO}_3$ Miktarı (kg/ton)	Ürünler	% Miktarı	TENÖRLER %				% MgO Dağılımı
			MgO	CaO	$\text{SiO}_2$	$\text{Fe}_2\text{O}_3$	
0,5	Konsantre	53.13	48.40	1.03	3.21	0.29	56.67
	Artık	46.87	41.96	1.31	6.90	1.14	43.33
1,0	Konsantre	55.03	47.34	1.01	2.98	0.28	57.41
	Artık	44.97	42.98	1.34	7.34	1.19	42.59
1,5	Konsantre	45.29	47.64	0.82	2.59	0.23	47.55
	Artık	54.71	43.51	1.44	6.89	1.07	52.45
2,0	Konsantre	47.58	46.22	0.89	1.98	0.12	48.46
	Artık	52.42	44.62	1.41	7.63	1.21	51.54
TOPLAM		100.00	45.38	1.16	4.94	0.69	100.00

3.3.1.7. Manyezit + Serpantin miktarının flotasyona etkisini belirlemek amacıyla yapılan deneyler

3.79'da elde edilen en iyi şartlarla manyezit ve serpantin miktarları değiştirilerek flotasyon deneyleri yapılmıştır.

Sonuçlar çizelge 3.80'de gösterilmiştir. Numunede manyezit miktarı azaldıkça MgO tenörünün ve veriminin de azaldığı görülmektedir.



Çizelge 3.82. En İyi Şartlarda Manyezit ile Yapılan Flotasyon Deneyi Sonuçları

Ürünler	% Miktar	TENÖRLER %				% MgO Dağılımı
		MgO	CaO	SiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	
Konsantre	58.89	47.61	0.84	1.03	0.06	59.82
Artık	41.11	45.81	1.59	2.10	0.55	40.18
TOPLAM	100.00	46.87	1.15	1.47	0.26	100.00

### 3.3.1.10. En iyi şartlarda serpantin ile flotasyon deneyi

3.3.1.6'da elde edilen en iyi şartlarda serpantin ile flotasyon yapılmış ve sonuçlar çizelge 3.83'de gösterilmiştir.

Deney şartları : pH = 10

Pülp yoğunluğu = % 20 K

Kıvam zamanı = 20 dk

Oleik asit miktarı = 1,0 kg/ton

Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub> = 2,0 kg/ton

Tane boyutu = -0,210 mm + 0.044 mm

Çizelge 3.83. En İyi Şartlarda Serpantin ile Yapılan Flotasyon Deneyi Sonuçları

Ürünler	% Miktar	TENÖRLER %				% MgO Dağılımı
		MgO	CaO	SiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	
Konsantre	3.11	36.80	5.96	30.18	4.01	3.58
Artık	96.89	31.83	1.14	36.33	4.60	96.42
TOPLAM	100.00	31.98	1.29	36.14	4.58	100.00

### 3.3.1.11. Sodyum Oleat'ın flotasyona etkisini incelemek amacıyla yapılan deney

3.3.1.6.'da elde edilen en iyi şartlarda oleik asitin sodyumlu tuzu olan sodyum oleat ile flotasyon yapılmış ve sonuçlar 3.84 de gösterilmiştir. Sodyum oleat'la yapılan flotasyon sonucunda oleik asitle yapılan

flotasyon çalışmalarına göre tenör ve verim yönünden daha iyi sonuçlar elde edilmiştir.

Deney şartları : Pülp yoğunluğu = % 20 K  
 Kıvam zamanı = 20 dk  
 Na-Oleat miktarı = 1,0 kg/ton  
 Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub> miktarı = 2,0 kg/ton  
 Tane boyutu = -0,210 mm + 0,044 mm  
 Malzeme miktarı = % 90 manyezit + % 10 serpantin

Çizelge 3.84. Sodyum Oleat'ın Flotasyona Etkisini İncelemek Amacı ile Yapılan Flotasyon Deneyi Sonuçları

Ürünler	% Miktar	TENÖRLER %				% MgO Dağılımı
		MgO	CaO	SiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	
Konsantre	51.08	47.20	0.69	1.87	0.10	53.13
Artık	48.92	43.48	1.65	8.15	1.31	46.87
TOPLAM	100.00	45.38	1.16	4.94	0.69	100.00

### 3.3.2. Silikat Flotasyonu (Ters Flotasyon)

#### 3.3.2.1. En uygun reaktif cinsinin belirlenmesi için yapılan deneyler

Çalışmanın bu kısmında manyezit ile birlikte gang minerali olarak bulunan silikatların aminlerle yüzdürülerek yüzmeyen kısımda manyezitin zenginleştirilmesi amaçlanmıştır.

Silikatları yüzdürmek için toplayıcı reaktif olarak Hoechst firmasının ürettiği Flotigam ENA, Armac firmasının ürettiği Armacflote 14 ve Armacflote 17, Cyanamid firmasının ürettiği 870 ticari aminler kullanılmıştır.

pH ayarında saf NaOH ve HCl, manyeziti bastırmak için % 10 luk nişasta kullanılmıştır. Yardımcı kollektör olarak gaz yağı kullanılmıştır. Deneylerde % 90 manyezit + % 10 serpantin içeren numune kullanılmış, elde edilen en iyi şartlar saf manyezit ve serpantin için uygulanmıştır.

Deney şartları = pH = 6  
 Pülp yoğunluğu = % 20 K

Kıvam zamanı = 10 dk  
 Reaktif miktarı = 1,5 kg/ton  
 Gaz yağı miktarı = 1,0 kg/ton  
 Tane boyutu = -0,210 mm + 0,044 mm

Sonuçlar 3.85 de gösterilmiş olup en iyi sonuçlar Armacflote 14 kullanıldığı zaman elde edilmiştir.

Çizelge 3.85. En Uygun Reaktif Cinsinin Belirlenmesi İçin Yapılan Flotasyon Deneyi Sonuçları

Reaktif Çinsi	Ürünler	%	TENÖRLER %				%MgO Dağılımı
			Miktar	MgO	CaO	SiO <sub>2</sub>	
Flotigam ENA	Konsantre	81.78	46.48	1.14	4.87	0.68	83.76
	Artık	18.22	40.44	1.25	5.26	0.74	16.24
870	Konsantre	86.29	45.96	1.13	4.94	0.71	87.39
	Artık	13.71	41.73	1.35	4.93	0.56	12.61
Armacflote 14	Konsantre	84.12	46.75	1.10	4.15	0.38	86.66
	Artık	15.88	38.12	1.48	9.14	2.33	13.34
Armacflote 17	Konsantre	85.42	45.98	1.16	5.05	0.53	86.55
	Artık	14.58	41.87	1.16	4.31	1.63	13.45
TOPLAM		100.00	45.38	1.16	4.94	0.69	100.00

### 3.3.2.2. En uygun reaktif miktarının belirlenmesi için yapılan deneyler

Deney şartları : pH = 6  
 Pülp yoğunluğu = % 20 K  
 Kıvam zamanı = 10 dk  
 Gaz yağı miktarı = 1,0 kg/ton  
 Tane boyutu = -0,210 mm + 0,044 mm

Sonuçlar çizelge 3.86'da gösterilmiştir. En iyi sonuçlar reaktif (armacflote 14) miktarı 4,0 kg/ton olarak kullanıldığı zaman elde edilmiştir.

Çizelge 3.86. En Uygun Reaktif Miktarının Belirlenmesi İçin Yapılan Deneylerin Sonuçları

Armacflote 14 Miktarı (kg/ton)	Ürünler	%	TENÖRLER %				% MgO Dağılımı
			Miktar	MgO	CaO	SiO <sub>2</sub>	
1,5	Konsantre	84.12	46.75	1.10	4.15	0.38	86.66
	Artık	15.88	38.12	1.48	9.14	2.33	13.34
3,0	Konsantre	88.72	45.70	0.61	3.86	0.52	89.35
	Artık	11.28	42.86	5.49	13.44	2.03	10.65
4,0	Konsantre	78.29	45.76	0.56	2.34	0.36	78.95
	Artık	21.71	44.01	3.32	14.32	1.88	21.05
5,0	Konsantre	70.14	45.02	0.88	2.78	0.42	69.58
	Artık	29.86	46.23	1.82	10.01	1.32	30.42
TOPLAM		100.00	45.38	1.16	4.94	0.69	100.00

### 3.3.2.3 pH Değerinin flotasyona etkisini belirlemek amacıyla yapılan deneyler

Deney şartları : Pülp yoğunluğu = % 20 K

Kıvam zamanı = 10 dk

Armacflote 14 miktarı = 4,0 kg/ton

Gaz yağı miktarı = 1,0 kg/ton

Tane boyutu = -0,210 mm + 0,044 mm

Sonuçlar çizelge 3,87 de gösterilmiştir. En iyi sonuçlar pH = 7 olduğu zaman elde edilmiştir.

Çizelge 3.87. pH Değerinin Flotasyona Etkisini Belirlemek Amacıyla Yapılan Deneylein Sonuçları

pH	Ürünler	% Miktar	TENÖRLER %				% MgO Dağılımı
			MgO	CaO	SiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	
6	Konsantre	78.29	45.76	0.56	2.34	0.36	78.95
	Artık	21.71	44.01	3.32	14.32	1.88	21.05
7	Konsantre	68.62	47.68	0.50	2.21	0.33	72.10
	Artık	31.38	40.35	2.60	10.91	1.48	27.90
8	Konsantre	77.77	45.24	0.73	2.38	0.37	77.53
	Artık	22.23	45.87	2.66	13.89	1.81	22.47
9	Konsantre	79.92	44.81	0.56	4.36	0.66	78.91
	Artık	20.08	47.65	3.55	7.25	0.81	21.09
TOPLAM		100.00	45.38	1.16	4.94	0.69	100.00

#### 3.3.2.4. Pülp yoğunluğunun flotasyona etkisini belirlemek amacıyla yapılan deneyler

Deney şartları : pH = 7

Kıvam zamanı : 10 dk

Armacflote 14 miktarı = 4,0 kg/ton

Gaz yağı miktarı = 1,0 kg/ton

Tane boyutu = -0,210 mm + 0,044 mm

Sonuçlar çizelge 3. 88 de gösterilmiştir. En iyi sonuçlar pülp yoğunluğu % 15 K olduğu zaman elde edilmiştir.

Çizelge 3.88. Pülp Yoğunluğunun Flotasyona Etkisini Belirlemek  
Amacıyla Yapılan Deneylein Sonuçları

Pülp Yoğunluğu	Ürünler	%	TENÖRLER %				% MgO Dağılımı
			Miktar	MgO	CaO	SiO <sub>2</sub>	
% 15K	Konsantre	73.20	46.84	0.65	1.86	0.11	75.56
	Artık	26.80	41.39	2.55	13.35	2.27	24.44
% 20K	Konsantre	68.62	47.68	0.50	2.21	0.33	72.10
	Artık	31.38	40.35	2.60	10.91	1.48	27.90
% 25K	Konsantre	66.07	45.73	0.63	3.84	0.49	66.58
	Artık	33.93	44.70	2.19	7.08	1.08	33.42
% 30K	Konsantre	62.85	42.91	0.70	4.04	0.52	59.43
	Artık	37.15	49.56	1.94	6.46	0.98	40.57
	TOPLAM	100.00	45.38	1.16	4.94	0.69	100.00

3.3.2.5. Kıvam zamanının flotasyona etkisini belirlemek amacıyla yapılan deneyler

Deney şartları : pH = 7

Pülp yoğunluğu = % 15 K

Armacflote 14 miktarı = 4,0 kg/ton

Gaz yağı miktarı = 1,0 kg/ton

Tane boyutu = -0,210 mm + 0,044 mm

Sonuçlar çizelge 3.89.'da gösterilmiştir. En iyi sonuçlar kıvam zamanı 15 dakika iken elde edilmiştir.

Çizelge 3.89. Kıvam Zamanının Flotasyona Etkisini Belirlemek Amacıyla Yapılan Deneylerin Sonuçları

Kıvam Zamanı (dk)	Ürünler	% Miktar	TENÖRLER %				% MgO Dağılımı
			MgO	CaO	SiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	
10	Konsantre	73.20	46.84	0.65	1.86	0.11	75.56
	Artık	26.80	41.39	2.55	13.35	2.27	24.44
15	Konsantre	75.10	46.05	0.60	0.95	0.18	76.21
	Artık	24.90	43.36	2.85	16.97	2.23	23.79
20	Konsantre	71.78	44.01	0.69	1.54	0.52	69.62
	Artık	28.22	48.86	2.36	13.59	1.12	20.38
25	Konsantre	68.37	43.68	0.75	1.98	0.54	65.81
	Artık	31.63	49.05	2.05	11.34	1.01	34.19
TOPLAM		100.00	45.38	1.16	4.94	0.69	100.00

3.3.2.6. Gazyağı miktarının flotasyona etkisini belirlemek amacıyla yapılan deneyler

Deney sonuçları : pH = 7

Pülp yoğunluğu = % 15 K

Kıvam zamanı = 15 dk

Armacflote 14 miktarı = 4,0 kg/ton

Tane boyutu = -0,210 mm + 0,044 mm

Sonuçlar çizelge 3.90'da gösterilmiştir. En iyi sonuçlar 5,0 kg/ton gazyağı kullanıldığı zaman elde edilmiştir.

Çizelge 3.90. Gazyağı Miktarının Flotasyona Etkisini Belirlemek Amacıyla Yapılan Deneylerin Sonuçları

Gazyağı Miktarı (kg/ton)	Ürünler	% Miktar	TENÖRLER %				% MgO Dağılımı
			MgO	CaO	SiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	
1,0	Konsantre	75.10	46.05	0.60	0.95	0.18	76.21
	Artık	24.90	43.36	2.85	16.97	2.23	23.79
2,5	Konsantre	73.97	46.07	0.60	0.91	0.14	75.09
	Artık	26.03	43.42	2.75	16.39	2.25	25.91
5,0	Konsantre	70.13	46.12	0.58	0.89	0.08	71.28
	Artık	29.87	43.64	2.52	14.45	2.12	28.72
10,0	Konsantre	66.23	45.98	0.64	0.99	0.10	32.89
	Artık	33.77	44.18	2.18	12.69	1.85	67.11
TOPLAM		100.00	45.38	1.16	4.94	0.69	100.00

3.3.2.7. Bastırıcı reaktif miktarının flotasyona etkisini belirlemek amacıyla yapılan deneyler

Bastırıcı reaktif olarak % 10 luk mısır nişastası kullanılmıştır.

Deney şartları : pH = 7

Pülp yoğunluğu = % 15 K

Kivam zamanı = 15 dk

Armacflote 14 miktarı = 4,0 kg/ton

Gazyağı miktarı = 5,0 kg/ton

Tane boyutu = -0,210 mm + 0,044 mm

Sonuçlar çizelge 3.91'de gösterilmiştir. En iyi sonuçlar 1,5 kg/ton nişasta kullanıldığında elde edilmiştir. Deney sonuçları aminlerle yapılan flotasyonda manyeziti bastırmak için nişasta kullanmanın pek fazla yararı olmadığını göstermiştir.



Çizelge 3.91. Bastırıcı Reaktif Miktarının Flotasyona Etkisini Belirlemek Amacıyla Yapılan Deneylerin Sonuçları

Nişasta Miktarı (kg/ton)	Ürünler	% Miktar	TENÖRLER %				% MgO Dağılımı
			MgO	CaO	SiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	
0,5	Konsantre	70.02	43.83	0.73	1.20	0.51	67.63
	Artık	29.98	49.00	2.16	13.68	1.11	32.37
0,1	Konsantre	73.31	44.76	0.69	1.15	0.47	72.31
	Artık	26.69	47.08	2.45	15.35	1.29	27.69
1,5	Konsantre	74.17	45.97	0.63	1.10	0.21	75.13
	Artık	25.83	43.69	2.68	15.97	2.07	24.87
2,0	Konsantre	75.44	44.99	0.61	0.90	0.10	74.79
	Artık	24.56	46.58	2.85	17.35	2.50	25.21
TOPLAM		100.00	45.38	1.16	4.94	0.69	100.00

### 3.3.2.8. En iyi şartlarda serpantin ile yapılan flotasyon deneyi

3.3.2.6.'da elde edilen en iyi şartlarda serpantin ile flotasyon deneyi yapılmış ve sonuçlar çizelge 3.92'de gösterilmiştir.

Deney şartları : pH = 7

Pülp Yoğunluğu = % 15 K

Kıvam zamanı = 15 dk

Armacflote 14 miktarı = 4,0 kg/ton

Gazyağı miktarı = 5,0 kg/ton

Tane boyutu = -0,210 mm + 0,044 mm

Çizelge 3.92. En İyi Şartlarda Serpantin ile Yapılan Flotasyon Deneyi Sonuçları

Ürünler	%	TENÖRLER %				% MgO Dağılımı
		Miktar	MgO	CaO	SiO <sub>2</sub>	
Konsantre	72.82	39.62	0.83	27.97	2.09	90.22
Artık	27.18	11.51	2.52	58.03	11.25	9.78
TOPLAM	100.00	31.98	1.29	36.14	4.58	100.00

3.3.2.9. En iyi şartlarda manyezit ile yapılan flotasyon deneyi

3.3.2.6.'da elde edilen en iyi şartlarda manyezit ile flotasyon yapılmış ve sonuçlar çizelge 3.93'de gösterilmiştir.

Deney şartları : pH = 7

Pülp yoğunluğu = % 15 K

Kıvam zamanı = 15 dk

Armacflote 14 miktarı = 4,0 kg/ton

Gazyağı miktarı = 5,0 kg/ton

Tane boyutu = -0,210 mm + 0,044 mm

Çizelge 3.93. En İyi Şartlarda Manyezit ile Yapılan Flotasyon Deneyi Sonuçları

Ürünler	%	TENÖRLER %				% MgO Dağılımı
		Miktar	MgO	CaO	SiO <sub>2</sub>	
Konsantre	70.62	47.58	0.95	0.36	0.36	71.69
Artık	29.38	45.16	2.62	2.72	0.02	28.31
TOPLAM	100.00	46.87	1.15	1.47	0.26	100.00

## 4. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

### 4.1 Elektrokinetik Ölçümler

#### 4.1.1 Manyezit ve Serpantin'in Elektrokinetik Potansiyelinde pH'ın Etkisi

Manyezit ve Serpantin'in pH'a göre elektrokinetik potansiyel ölçüm sonuçları çizelge 3.5 - 3.6 'da, ve şekil 3.3 - 3.4 ' de gösterilmiştir.

Manyezit ve serpantin için sıfır yük noktası (z.P.c) pH = 5.8 olarak belirlenmiştir. Her iki mineralin de elektrokinetik potansiyeli sıfır yük noktasından daha düşük pH'larda pozitif işaretli, daha yüksek pH'lar da ise negatif işaretlidir. Çözeltiye OH<sup>-</sup> iyonları ilave edildiği zaman OH<sup>-</sup> iyonlarının adsorpsiyonu nedeniyle manyezit ve serpantin'in yüzey yükü negatif, H<sup>+</sup> iyonları ilave edildiği zaman ise pozitif işaretli olmaktadır.

H<sup>+</sup> ve OH<sup>-</sup> iyonlarının konsantrasyonlarının değişimi sadece elektrokinetik potansiyelin büyüklüğünü değil aynı zamanda işaretini de değiştirir. Bu nedenle H<sup>+</sup> ve OH<sup>-</sup> iyonları manyezit ve serpantin için potansiyeli belirleyen iyonlardır.

Manyezit için potansiyeli belirleyen iyonlar genellikle H<sup>+</sup> ve OH<sup>-</sup> iyonlarıdır (Predali and Cases, 1973; Brandao and Poling, 1988). Silikat mineralleri için potansiyeli belirleyen iyonlar H<sup>+</sup> ve OH<sup>-</sup> iyonlarıdır, pH'daki herhangi bir değişim elektrokinetik potansiyelin işaretinin ve büyüklüğünün değişmesine neden olur (Manser, 1973).

#### 4.1.2 Çeşitli İyonların Manyezitin ve Serpantin'in Elektrokinetik Potansiyeline Etkisi

NaCl konsantrasyonunun değişmesine karşılık manyezit ve serpantin'in sıfır yük noktası (z.p.c) ihmal edilebilecek kadar az değişmiştir. Na<sup>+</sup> ve Cl<sup>-</sup> iyonlarının manyezit ve serpantin yüzeyine karşı ilgisi yoktur. Elektrokinetik potansiyelin mutlak değerinin azalması elektriksel çift tabakanın sıkışması nedeniyledir (Şekiller 3.5 - 3.6).

MgCl<sub>2</sub> konsantrasyonunun değişmesine karşılık manyezit ve serpantin'in sıfır yük noktası (z.p.c) değişmemektedir. Elektrokinetik potansiyelin mutlak değerinde de pek büyük bir değişme gözlenmemektedir. (Şekiller 3.7 - 3.10). Burada genelde gözlenen Mg<sup>2+</sup> nin manyezit ve serpantin

üzerinde potansiyel belirleyici etkisinin olmadığıdır.

$Ca^{2+}$  iyonları manyezit ve serpantinın sıfır yük noktasını ve elektrokinetik potansiyelin mutlak değerini önemli ölçüde değiştirmemektedir (Şekiller 3.11 - 3.14). Bunun nedeni de bu iyonun manyezit ve serpantin tarafından spesifik olarak adsorplanmadığıdır.

Silikat iyonları deney koşullarında manyezitin elektrokinetik potansiyelini önemli ölçüde etkilemezken, serpantinın elektrokinetik potansiyelini daha negatif yapmaktadır (Şekiller 3.15 - 3.16).

Karbonat iyonlarının manyezit için potansiyeli belirleyen iyonlar olmadığı belirlenmiştir. Serpantin için kısmen bir spesifik adsorpsiyon var olabilir, karbonat iyonları serpantinın elektrokinetik potansiyelini çok az da olsa daha negatif yapmaktadır (Şekiller 3.17 - 3.18).

#### 4.1.3. Flotasyon Reaktiflerinin Elektrokinetik Potansiyele Etkisi

Flotasyon reaktifleri, katı-sıvı ara yüzeyinde yüzey elektrik yükünü ve/veya yüzeyin hidrofobik-hidrofilik özelliğini kontrol etmek için adsorplanan olarak kullanılmıştır.

Flotasyon reaktifleri manyezit ve serpantin ile muamele edilirse ya reaktif ve mineralin ters işaretli yüzey yükleri nedeniyle veya kimyasal etkileşim sonucu bir adsorpsiyon olayı oluşur. Bunlardan birincisine fiziksel adsorpsiyon, ikincisine kimyasal adsorpsiyon denir (Cases, et al., 1985; Du Rietz, 1975).

Oleik asitin varlığında manyezit ve serpantinın sıfır yük noktası (z.p.c) pH = 5.8'den pH = 4,3'e inmiştir ve sıfır yük noktasının üstündeki tüm pH değerlerinde manyezit ve serpantin yüzeyi negatif, altındaki pH'larda ise pozitif işaretlidir (Şekiller 3.19 - 3.24).

Sodyum oleatın varlığında ise manyezitin sıfır yük noktası (z.p.c) pH = 5,8'den pH = 4.2'ye, serpantinın sıfır yük noktası (z.p.c) ise pH = 5,8'den pH = 4.4'e inmiştir ve yine sıfır yük noktasının üstündeki tüm pH değerlerinde manyezit ve serpantin yüzeyi negatif, altındaki pH'larda ise pozitif işaretlidir (Şekiller 3.25 - 3.26).

Sıfır yük noktasının altındaki pH'larda, manyezit ve serpantin yüzeyi pozitif işaretlidir ve  $C_{17}H_{35}COO^-$  (karboksilat) iyonlarının mineral yüzeyine adsorbe olması ve  $H^+$  (potansiyeli belirleyen) iyonların azalması nedeniyle

manyezit ve serpantinın sıfır yük noktası (z.p.c) daha asidik pH'a kaymıştır. Sıfır yük noktasının altındaki pH'larda  $C_{17}H_{35}COO^-$  iyonları yüzeye fiziksel olarak adsorplanır. Sıfır yük noktasının üstündeki pH'larda manyezit ve serpantin yüzeyleri negatif işaretlidir ve  $C_{17}H_{35}COO^-$  iyonları mineral yüzeyine sadece kimyasal olarak adsorplanabilir (Akhtarand Lai 1975). Bunun sonucu olarak ta yüzeyin net negatif yükü artar. Elektrokinetik potansiyel ölçüm sonuçları oleik asit ve sodyum oleatın bu pH'larda manyezitin yüzey yükünü daha negatif yaparken, serpantin için o kadar etkili olmadığını göstermektedir.

Cyanamid firmasının ürünü olan 825, anyonik bir reaktiftir ve bir sülfanattır. Manyezit ve serpantin 825 ile muamele edildiğinde, tüm pH değerlerinde yüzeyler negatif işaret taşımaktadır. Sıfır yük noktasının altındaki pH'larda manyezit ve serpantin yüzeyi pozitif işaretlidir ve  $RSO_4^-$  (sülfonat) iyonları manyezit ve serpantin yüzeyine fiziksel olarak adsorplanır. Sıfır yük noktasının üzerindeki pH'larda ise negatif işaretlidir ve  $RSO_4^-$  iyonları spesifik olarak manyezit ve serpantin yüzeyine adsorbe olurlar ve yüzeylerin net negatif yükünün artmasına neden olurlar (Şekiller 3.27 - 3.28).

830 ve 845 anyonik reaktiflerdir. Manyezit ve serpantin bu reaktiflerle muamele edildiğinde, tüm pH'larda yüzey işareti negatif olmaktadır. Sıfır yük noktasının altında her iki mineralin de yüzeyi pozitif işaretlidir ve 830 ile 845 yüzeylere fiziksel olarak adsorplanmaktadır. Sıfır yük noktasının üstündeki pH'larda ise yüzeyler pozitif işaretlidir ve 830 ile 845 iyonları spesifik olarak manyezit ve serpantin yüzeyine adsorbe olur ve yüzeylerin net negatif yükünün artmasına neden olur (Şekiller 3.29 - 3.30).

870, flotigam ENA, Armacflote 17 ve Armacflote 14 katyonik reaktifler (amin) dir. 870'in varlığında manyezitin sıfır yük noktası pH = 5,8 den pH = 11,5'a, serpantinın sıfır yük noktası ise pH = 5,8'den pH = 11,9 a kaymıştır. Flotigam ENA manyezitin sıfır yük noktasını pH = 5,8' den pH = 11,3'e, serpantinın sıfır yük noktasını ise pH = 5,8'den pH = 11'e yükseltmiştir. Armacflote 17 manyezit ve serpantinın sıfır yük noktasını pH = 5,8 den pH = 10,4'e kaydırmıştır. Armacflote 14 manyezit ve serpantinın sıfır yük noktalarını pH = 5,8'den pH = 10,6 yükseltmiştir. Minerallerin sıfır yük noktalarının üzerindeki pH'larda yüzeyler negatif işaretlidir.  $RNH_3^+$  (amin) iyonları manyezit ve serpantin yüzeylerine

elektrostatik olarak adsorbe olur ve böylece bu minerallerin sıfır yük noktalarının daha bazik pH'lara kaymasına neden olur (Şekiller 3.33 -3.40').

#### 4.2. İnfrared Spektrofotometre Çalışmaları

Bu çalışmada infrared spektrofotometre yöntemi, oleik asit, sodyum oleat, sülfonat ve aminlerin manyezit ve serpantin ile adsorpsiyon mekanizmalarını araştırmak için kullanılmıştır. Bunun içinde önce saf minerallerin infrared spektrumları çizilmiş ve değişik pH'larda reaktiflerle muamele edilen minerallerin infrared spektrumları ile karşılaştırılarak bir sonuca ulaşılmaya çalışılmıştır.

Yağ asitleri ve sabunların infrared spektrofotometre çalışmaları bazı araştırmacılar tarafından yapılmış (Leja, 1982; Polmer, 1972; Brandao and Poling, 1988) ve karakteristik bant frekansları verilmiştir. Bu karakteristik bantlar şunlardır;

- i. 1700  $\text{cm}^{-1}$  bandı asit karboksil ( $\text{COOH}$ ) grubundaki  $\text{C}=\text{O}$  karbonil bağını,
- ii. 1430  $\text{cm}^{-1}$ , 1414  $\text{cm}^{-1}$  bandı ve 1300  $\text{cm}^{-1}$  bandı C - OH gerilim bağını,
- iii. 1465  $\text{cm}^{-1}$  bandı  $\text{CH}_2$  deformasyon gerilimi bağını,
- iv. 1170 - 1320  $\text{cm}^{-1}$  bantları  $\text{CH}_2$  gerilim bağını,
- v. 1400 - 1590  $\text{cm}^{-1}$  bantları ise C-O gerilim bağını gösterir.

Sülfonatlar için belirlenen karakteristik bantlar şunlardır (Leja, 1982; Palmer, 1972);

- i. 900  $\text{cm}^{-1}$  - 700  $\text{cm}^{-1}$  bantları S - O gerilim bağını,
- ii. 1200  $\text{cm}^{-1}$  - 1040  $\text{cm}^{-1}$  bantları S = O gerilim bağını,
- iii. 1400  $\text{cm}^{-1}$  - 1310  $\text{cm}^{-1}$ , 1230  $\text{cm}^{-1}$  ve 1120  $\text{cm}^{-1}$  bantları  $\text{SO}_2$  bağını,
- iv. 950  $\text{cm}^{-1}$  ve 1030  $\text{cm}^{-1}$  bantları C-OS gerilim bağını gösterir.

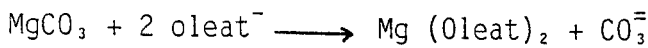
Aminler için belirlenen karakteristik bantlar şunlardır (Leja, 1982; Palmer 1972).

- i. 3370  $\text{cm}^{-1}$  ve 3290  $\text{cm}^{-1}$  bantları hidrojen  $\text{NH}_2$  bağını,
- ii. 2455  $\text{cm}^{-1}$  ve 2670  $\text{cm}^{-1}$  bantları  $\text{NH}_2$  gerilim bağını,
- iii. 1600  $\text{cm}^{-1}$  bandı  $\text{NH}_2$  deformasyon gerilim bağını
- iv. 1628, 1584 ve 1521  $\text{cm}^{-1}$  bantları  $\text{N}^+-\text{H}_3$  deformasyon gerilimi bağını,

v.  $1070 \text{ cm}^{-1}$  bandı C-N gerilim bağıını gösterir.

Sodyum oleat ve oleik asitle değişik pH'larda muamele edilmiş manyezit ve serpantin numunelerinin infrared spektrumları şekiller 3.53-3.60'da verilmiştir. Manyezit bazik pH'da  $10^{-1}$  M sodyum oleat ile muamele edildiğinde adsorpsiyon piki yaklaşık  $1630 \text{ cm}^{-1}$  de görülmektedir. Manyezit aynı şartlarda oleik asit ile muamele edildiğinde adsorpsiyon piki yaklaşık  $1600 \text{ cm}^{-1}$  de gözlenmektedir. Bu bantlar mineral yüzeyinde bir oleat adsorpsiyonu olduğunu göstermektedir. Başka bir deyişle oleat molekülü manyezit katyonu ile reaksiyona girmiştir ve magnezyum oleat oluşmuştur, yani manyezit ile oleik asit ve sodyum oleat arasında kimyasal bir adsorpsiyon söz konusudur. Leja ve Palmer'e göre; Magnezyum oleatın karakteristik adsorpsiyon piki  $1630 \text{ cm}^{-1}$ , Alüminyum oleat  $1615 \text{ cm}^{-1}$ , demir oleat  $1595 \text{ cm}^{-1}$  de görülmektedir (Leja, 1982; Palmer 1972; Atalay, 1986). Asidik pH'da manyezitin çözünmesi ve yağ asitlerinin hidrojenasyona uğraması nedeniyle dengeli bir çözelti oluşturulmamıştır ve adsorpsiyon deneyleri yapılamamıştır. Asidik pH'larda manyezit yüzeyi pozitif işaretlidir ve anyonik bir reaktif olan yağ asidi ile manyezit arasında eğer bir adsorpsiyon varsa bu elektrostatik etkiler nedeni ile oluşan fiziksel bir adsorpsiyon olacaktır.

Oleik asit ve sodyum oleat'la bazik pH'larda yapılan adsorpsiyon deneyleri, oleik asit ve sodyum oleatın manyezit tarafından kimyasal olarak adsorplanmasına karşın serpantin tarafından kimyasal olarak adsorplanmadığını göstermektedir. Bazik pH'larda manyezit ve serpantin yüzeyleri negatif işaretlidir. Anyonik reaktif olan oleik asit ( $\text{C}_{17}\text{H}_{35}\text{COO}^-$ ) ile sodyum oleatın polar grubu negatiftir. Bazik pH'larda negatif yüzey işaretine sahip olan manyezit ile yine negatif işaretli oleik asit ve sodyum oleat muamele edilirse teorik olarak birbirlerini itmeleri gerekir. Ancak bazik pH'larda oleat molekülü ile manyezit katyonu reaksiyona girmekte ve magnezyum oleat oluşmakta, yani manyezit ile oleik asit ve sodyum oleat arasında kimyasal bir adsorpsiyon oluşmaktadır.



Buna karşılık bazik pH'larda aynı yüzey özelliklerine sahip olan serpantin ile oleik asit ve sodyum oleat arasında herhangi bir kimyasal etkileşim olmamaktadır.

Manyezit ile serpantinin oleik asit ve sodyum oleatla adsorpsiyon mekanizmalarının farklı olması flotasyon çalışmaları için yararlı olmaktadır. Bazik pH'larda oleik asit ve sodyum oleat kullanılarak manyezitin yüzdürüldüğü flotasyon çalışmalarında pülpe  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$  ilave edilmesi serpantin yüzey elektrik yükünü daha negatif yapmakta dolayısıyla negatif polar gruba sahip oleik asit ve sodyum oleat'la serpantin birbirini itmekte herhangi bir etkileşim olmamaktadır. Bu özellik manyezit ve serpantin yağ asitleri kullanılarak flotasyonla selektif olarak ayrılmasını sağlamaktadır.

Serpantin bazik pH'da  $10^{-1}$  M sodyum oleat ve oleik asit ile muamele edildiğinde ve infrared spektrumları çizildiğinde herhangi bir adsorpsiyon piki gözlenememiştir. Bu da serpantin ile sodyum oleat ve oleik asit arasında kimyasal bir etkileşim olmadığını, eğer bir adsorpsiyon varsa bunun fiziksel adsorpsiyon olabileceğini göstermektedir.

825, 830, 845, 870, flotigam ENA, Armacflote 17 ve Armacflote 14 gibi flotasyon reaktifleri ile değişik pH'larda yapılan adsorpsiyon çalışmaları sonucunda çizilen infrared spektrumlarında, gerek manyezit gerekse serpantin numunelerinde herhangi bir karakteristik adsorpsiyon pikine rastlanamamıştır (Şekiller 3.6f-3.74). Sonuç olarak bu reaktiflerle manyezit ve serpantin arasında fiziksel adsorpsiyon sözkonusudur.

#### 4.3 Flotasyon Çalışmaları

Flotasyon çalışmalarında iki yöntem uygulanmıştır. Birincisinde yağ asitleri ile manyezit yüzdürülmüş, sodyum silikat kullanarak silikatlar bastırılmıştır. İkinci yöntemde ise aminler kullanılarak silikatlar yüzdürülmüş, yüzmeyen kısımda manyezit zenginleştirilmiştir.



#### 4.3.1 Manyezit Flotasyonu

Flotasyon reaktiflerinin mineral tarafından kimyasal olarak adsorplanması, flotasyon verimini arttırır (Aplan and Fuerstenau, 1962). Infra-red spektrofotometre çalışmaları, bazik pH'da oleik asit ve sodyum oleat tın manyezit tarafından kimyasal olarak adsorplandığını, serpantinde ise kimyasal bir etkileşmenin olmadığını göstermektedir. Bu durumda oleik asit ve sodyum oleat ile flotasyon yapıldığında manyezit beraberinde gang minerali olarak bulunan serpantinden kolayca ayrılacak, flotasyonun selektivitesi dolayısıyla flotasyon verimi ve konsantrenin tenörü artacaktır. Serpantini bastırmak için kullanılan sodyum silikat, serpantin net negatif yüzey yükünü arttırmakta, bu da serpantin ile oleik asit ve sodyum oleat arasındaki etkileşim ihtimalini azaltmaktadır.

Oleik asit ile yapılan flotasyon deneylerinde en iyi sonuçlar aşağıdaki şartlarda elde edilmiştir.

Oleik asit miktarı = 1.0 kg/ton

pH = 10

Pülp yoğunluğu = % 20 K

Kıvam zamanı = 20 dk

Tane boyutu = - 0,210 + 0,044 mm

Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub> miktarı = 2,0 kg/ton

Bu şartlarda elde edilen konsantre % 46,22 MgO, % 0.89 CaO, % 1,98 SiO<sub>2</sub> ve % 0,12 Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> içermektedir ve MgO verimi ise % 48.46 dir (Çizelge 3.79).

Manyezit + serpantin miktarının flotasyona etkisini incelemek için yapılan deneylerde, serpantin miktarı arttıkça konsantrede MgO veriminin azaldığı, SiO<sub>2</sub> içeriğinin konsantrede tüvenana oranla yaklaşık olarak yarıya indiği görülmüştür (Çizelge 3.80).

Tüm flotasyon çalışmaları damıtık su ile yapılmıştır. Ancak suyun flotasyona etkisini incelemek için en iyi şartlarda şebeke suyu ile flotasyon yapılmıştır. Şebeke suyu ile yapılan flotasyon konsantresine oranla damıtık su ile yapılan flotasyon konsantresinde tenör ve verim yönünden çok büyük farklılıklar gözlenmemiştir (Çizelge 3.79 ve Çizelge 3.81)

En iyi şartlarda manyezit ile yapılan flotasyon deneyi sonuçları Çizelge 3.82, serpantin ile yapılan deney sonuçları ise Çizelge

3.83'de görülmektedir. Manyezit ile yapılan flotasyon sonucunda konsantre % 47,61 MgO, % 0,84 CaO, % 1,03 SiO<sub>2</sub> ve % 0,06 Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> içermektedir ve MgO verimi ise % 59,82'dir. Serpantin ile yapılan flotasyon sonucu elde edilen konsantre ise % 36,80 MgO, % 5,96 CaO, % 30,18 SiO<sub>2</sub>, % 4,01 Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> içermektedir ve MgO verimi % 3,58'dir. Bu sonuç yağ asitlerinin serpantin için uygun bir flotasyon reaktifi olmadığını göstermektedir.

Çizelge 3.84 en iyi şartlarda sodyum oleat ile yapılan flotasyon deneyi sonuçlarını göstermektedir. Oleik asit ve sodyum oleat ile yapılan flotasyonlar sonucunda elde edilen konsantreler gerek içerik gerekse verim yönünden pek önemli farklılıklar göstermemektedir.

#### 4.3.2 Silikat Flotasyonu

Bu yöntemde Armac firmasının ürettiği Armacflote 14, Armacflote 17, Hoechst firmasının ürettiği Flotigam ENA ile Cyanamid firmasının ürettiği 870 ticari isimli aminler kullanılarak serpantinün yüzdürülmesi, yüzmeyen kısımda ise manyezitin zenginleştirilmesine çalışılmıştır.

Elektrokinetik potansiyel ölçümleri, bu reaktiflerin manyezit ve serpantin yüzeyini sıfır yük noktasının altındaki pH'larda pozitif, üstündeki pH'larda ise negatif yaptığını ve bu minerallerin sıfır yük noktasını oldukça bazik pH'ya yükselttiğini göstermektedir. Serpantin için mutlak değer olarak en yüksek elektrokinetik potansiyel % 5 lik Armocflote 14 kullanıldığı zaman elde edilmiştir. Flotasyon deneylerinde de en iyi sonuçlar Armacflote 14 ile elde edilmiştir. Infrared spektrofotometre çalışmaları bu reaktiflerin serpantin yüzeyinde fiziksel olarak adsorplandığını göstermektedir. Sonuç olarak Armacflote 14 serpantin yüzeyinde diğer reaktiflere oranla daha iyi adsorplanmıştır ve dolayısıyla da serpantinün flotasyon yeteneğini arttırmıştır.

Armacflote 14 ile yapılan flotasyon deneylerinde en iyi sonuçlar;

Armacflote 14 miktarı = 4,0 kg/ton

pH = 7

Pülp Yoğunluğu = % 15 dk

Kıvam zamanı = 15 dk

Gazyağı miktarı = 5,0 kg/ton

Tane boyutu = -0,210 mm + 0,044 mm

olduğu zaman elde edilmiştir ve konsantre % 46,12 MgO, % 0,58 CaO, % 0,89 SiO<sub>2</sub>, % 0,08 Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> içermektedir ve MgO verimi % 71,28'dir (Çizelge 3.90).

Silikat flotasyonu konsantresinde Cao, SiO<sub>2</sub> ve Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> içeriği manyezit flotasyonu konsantresindeki oranla daha düşüktür ve MgO verimi silikat flotasyonunda daha yüksektir. Silikat flotasyonu ile daha temiz ve yüksek verimli konsantre elde etmek mümkündür.

Bu çalışmada yardımcı kollektör olarak gazyağı kullanılmıştır. Gazyağı serpantin tanelerine yapışarak onların köpük zonuna ulaşmalarını sağlamış dolayısıyla serpantin yüzmesini kolaylaştırmış ve daha temiz bir konsantre elde edilmiştir.

Elde edilen en iyi şartlarda serpantin ve manyezit ile de flotasyon deneyleri yapılmıştır. Serpantin ile yapılan deneyde konsantre % 39,62 MgO, % 0,83 CaO, % 27,97 SiO<sub>2</sub>, % 2,09 Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> içermekte ve MgO verimi % 90,22 olmaktadır (Çizelge 3.92). Manyezit ile yapılan deneyde ise konsantre % 47,58 MgO, % 0,54 CaO, % 0,95 SiO<sub>2</sub> ve % 0,36 Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> içermektedir, MgO verimi de % 71,69 olmaktadır (Çizelge 3.93).

En iyi şartlarda nişastanın manyezit için bastırıcı olarak etkisini incelemek için yapılan flotasyon deneyi sonuçları Çizelge 3.91'de görülmektedir. En iyi sonuçlar nişasta miktarı 1,5 kg/ton olarak kullanıldığı zaman elde edilmiştir. Ancak daha önceki sonuçlar aminlerle silikat flotasyonunda manyeziti bastırmak için nişasta kullanmanın pek fazla yararlı olmadığını göstermiştir. Amin flotasyonunun yapıldığı pH'larda manyezitin aminlerle oluşturduğu temas açısının değeri sıfırdır (Atak, 1974), dolayısıyla herhangi bir bastırıcı kullanmak gereksizdir.

Gerek yağ asitleri kullanılarak gerekse aminler kullanılarak flotasyonla yüksek verimli temiz manyezit konsantreleri elde etmek mümkün olabilmektedir.

### ÖNERİLER

1. Deneysel çalışmalar sentetik malzemelerle yapılmıştır. Aynı koşullarda orijinal malzeme (manyazit) ile de deneyler yapılmasında yarar vardır.
2. Infrared spektrofotometre çalışmaları için hazırlanan numunelerin tarama tünelli elektron mikroskobu (STM) ile incelemesi daha açıklayıcı bilgiler verecektir.
3. Flotasyon deneylerinden elde edilen konsantre ve artıklar X-Ray ile incelenmelidir.

## KAYNAKLAR DİZİNİ

- Akhtar, S. and Lai, E.L., 1975, "Use of Electrophoresis in Determining the Chemisorption of Surfactants on Mineral Surfaces", AICHE Symp., 110-117.
- Akyüz, S. and Akyüz, T., 1982, "An Infrared Spectroscopic Study of Adsorption of Hydrocarbons by Sepiolite from Eskişehir (Turkey)", Hacettepe Bulletin of Natural Science and Eng., Vol II, Ankara, 47-60.
- Aplan, F.F. and Fuerstenau, D.W., 1962, "Principle of Nonmetallic Mineral Flotation", Froth Flotation, 50<sup>th</sup> Anniversary Volume, AIME, New-York, 190-214.
- Atak, S., 1974, "Flotasyon İlkeleri ve Uygulaması", İ.T.Ü. Gümüşsuyu, İstanbul, 222 s.
- Atak, S., 1979, "Kalsit ve Şelitin Flotasyon Özellikleri", Doktora tezi, İ.T.Ü. İstanbul, 79 s.
- Atalay, M.Ü., 1986, "Surface Properties of Chromite and Concentration of Chromite Gravity Tailing", A Ph.D. thesis in Mining Engineering Middle East Technical University, Ankara, 129 p.
- Baarsan, R.E., Ray, C.L. and Treweek, H.B., 1962, "Plant Practice in Nonmetallic Mineral Flotation", Froth Flotation, 50<sup>th</sup> Anniversary Volume, AIME, New York, 427-453.
- Barrow, G.M., 1973, "Physical Chemistry", Mc Graw-Hill Book Comp., Tokyo, 787 p.
- Berkem, A.R. ve Baykut, S., 1977, "Fiziko-kimya", İstanbul Üniversitesi yayınları, 1111 s.
- Bozkurt, M.R., 1985, "Mineral Tanıma El Kitabı", Anadolu Üniversitesi Yayınları, No: 113, 142 s.
- Bozkurt, M.R., Özdağ, H. ve Gezgin, N., 1988, "Manyezit Zenginleştirme Artıklarının Değerlendirilmesi", II. Cevher Hazırlama Sempozyumu, İzmir, 210-218.
- Brandao, P.R.G. and Poling, G.W., 1988, "Flotation of Magnesite With Sodium Oleate as Collector, an Infrared Spectrophotometric Study" XVI International Mineral Processing Congress, 1463-1475.

## KAYNAKLAR DİZİNİ (Devam)

- Cases, J.M., Levitz, P., Poirier, J.E. and Damme, V., 1985, "Adsorption of Ionic and Nonionic Surfactants on Mineral Solids From Aqueous Solutions", Advances in Mineral Processing, Arbiter Symposium, New Orleans, Louisiana, 171-188 p.
- Castellan, W.G., 1971, "Physical Chemistry", University of Maryland, Addison-Wesley Publishing Company, 866 p.
- Clemmer, J.B., 1943, "Experimental Flotation of Washington Magnesite Ores", Trans. AIME, Vol. 153, 547-556.
- Çoğulu, E., 1976, "Petrografi ve Petroloji, Cilt I, İ.T.Ü. yayını, No : 111, Gümüşsuyu, İstanbul, 320 s.
- Davis, F.T., 1985, "Nonmetallic Industrial Minerals", SME Mineral Processing Handbook, New York, 29-14.
- De Bruyn, P.L. and Agar, G.E., 1962, "Surface Chemistry and Flotation", Froth Flotation, 50<sup>th</sup> Anniversary Vol., AIME, New York, 91-138.
- Dibbs, H.P., 1972, "The Determination of the Zeta-Potential of Minerals" Department of Energy, Mines and Resources Mines Branch, Ottawa, 23 p.
- Durietz, C., 1975, "Chemisorption of Collectors in Flotation", 11<sup>th</sup> International Mineral Processing Congress, Cagliari, 4-29 p.
- Fuerstenau, M.C. and Palmer, B.R., 1976, "Anionic Flotation of Oxides and Silicates", Flotation, A.M. Gaudin Memorial Vol. I., New York, 148-196.
- Fuerstenau, D.W. and Raghavon, S., 1976, "Some Aspects of the Thermodynamics of Flotation", Flotation, A.M. Gaudin Memorial Vol. I., New York, 21-65.
- Fuerstenau, M.C., Miller, J.D. and Kuhn, M.C., 1984, "Chemistry of Flotation, Society of Mining Engrs. AIME, New York, 177 p.
- Fuerstenau, D.W. and Chander, S., 1985, "Thermodynamics of Flotation", Advances in Mineral Processing, Arbiter symposium, New Orleans, Louisiana, 121-136.
- Garcis, H., 1988, "The Turkish Magnesite Industry", Industrial Minerals Supplement, March, 31-33.

## KAYNAKLAR DİZİNİ (Devam)

- Gül, R. ve Boybay, M., 1983, "Metallerin Kil ile Adsorpsiyonu", I. Ulusal Kil Simpozyumu bildirileri, Çukurova Üniversitesi, Adana, 487-495.
- Hair, L.M., 1967., "Infrared Spectroscopy in Surface Chemistry", Marcel Dekker Inc., New York, 315 p.
- Hall, G.O., 1983, " Thermodynamics of Adsorption from Mixed Solvents" Symposium on Adsorption from Solution, London, 31-49.
- Hanna, H.S. and Samasundaron, P., 1976, "Flotation of Salt-type Minerals" Flotation, A.M. Gaudin Memorial Vol. I. New York, 197-272.
- Harders, F. und Kienaw, S., 1960, "Feuerfestkunde", Springer Verlag, Berlin/Göttingen/Heidelberg / 901 p.
- Hilton, L.C. and Snell, D.F., 1966, "Encyclopedia of Industrial Chemical Analysis" Vol. II., General Techniques, U.S.A., 769 p.
- Hornsby, D.T.B. and Leja, J., 1982, "Selective Flotation and its Surface Chemical Characteristics", in Surface and Colloid Science, Vol. 12, Plenum Press, New York, 217-313.
- Hunter, J.R., 1981, "Zeta-Potential in Colloid Science, New York, 386 p.
- Kayıkcı, N., 1988, "Eskişehir Yöresi Bentonitlerinin Yağ Ağartma Kapasitelerinin Belirlenmesi ve Boyar Madde Adsorpsiyonlarının İnce - lenmesi", Doktora Tezi, A.Ü.Müh.Mim.Fak.Kimya Müh.Böl. 100 s.
- Kiselev, A.V. and Lygin, V.I., 1975, " Infrared Spectro of Surface", John Wiley and Sons, New York, 384 p.
- Kužvart, M., 1984, "Industrial Minerals and Rocks", elsevier Science Publishing Comp. Inc., New York, 454 p.
- Lagaly, G., Witter, R. and Sander, H., 1983, "Water on Hydrophobic Surface" Symposium in Adsorption from Solution, London, 65-77.
- Logaly, G., Witter R. and Sander, H., 1983, "Water on Hydrophobic Surfaces" Symposium on Adsorption from Solution, London, 65-77.
- Leja, J., 1982, "Surface Chemistry of Froth Flotation" Plenum Press, New York, 758 p.
- Mackenzie, J.M.W., 1971, "Zeta-Potential Studies un Mineral Processing Measurement Techniques and Applications", Min.Sci. Engrs. 25-43.

## KAYNAKLAR DİZİNİ (Devam)

- Manser, R.M., 1973, "Silicate Flotation Handbook", Warren Spring Laboratory, Stevenage, 195 p.
- Mari, S., Okomoto, H., Hara, T. and Asa, K., 1980, "An Improved Method of Determining the Zeta-Potential of Mineral Particles by Micro-Elektrophoresis", Fine Particles Processing, Vol. I, Proceedings of the International Symposium on Fine Particles Processing, Las Vegas, Nevada, 632-651 p.
- Mateescu, G.H., 1966, "Infrared Spectroscopy Applications in Organic Chemistry", University of California, U.S.A., 527 p.
- Matis, K.A. and Gallios G.P., 1988, "Anionic Flotation of Magnesium Carbonates by Modifiers", International Journal of Mineral Processing, 25, Netherlands, 261-274.
- M.M.O., 1975, "Manyezit", Maden Mühendisleri Odası yayını, Ankara, Şafak Matbaası, Ankara, 160 s.
- M.T.A., 1982, "Türkiye Manyezit Envanteri" Maden Tetkik Arama Enstitüsü Yayını, No: 186, Ankara, 78 s.
- Nakanishi, K. and Soloman, P.H., 1977, "Infrared Absorption Spectroscopy", Holden-Day Inc., San Francisco, 287 p.
- Norton, F.H. 1974, "Elements of Ceramics", 2<sup>nd</sup> Edition, Addison-Wesley Publishing Comp., U.S.A., 311 p.
- Palmer, B., 1972, "Adsorption of Surfactants on Chromite and Chrysocolla", Ph.D. Thesis, University of Utah, 137 p.
- Parks, A.G., 1965, "The Isoelectric Points of Solid Oxide, Solide Hydroxides, and Aqueous Hydroxo-Complex Systems", Chem. Review, Volume 65, 177-198.
- Peck, S.A., 1963, "Infrared Studies of Oleic Acid and Sodium Oleate Adsorption on Fluorite, Barite, and Calcite, Bureau of Mines, R I 6202, 16 p.
- Predali, J.J. and Cases, J.M., 1973, "Zeta-Potential of Magnesian Carbonates in Inorganic Electrolytes", Journal Colloid Interface Science, Vol. 45, No: 3, 449-458.



## KAYNAKLAR DİZİNİ (Devam)

- Rosenthal, D. and Asimav, M.R., 1971, "Introduction to Properties of Materials, Melbourne, 534 p.
- Sastri, S.R.S., Sengupta, D.K., Sahoo, R.K. and Narasimhan K.S., 1981, "Scope and Limitations for the Utilisation of Low Grade Magnesite of India", International Symp. on Beneficiation and Agglomeration Bhubaneswar, 1-8.
- Satterfield, N.C., 1980, "Heterogeneous Catalysis in Practice", Mc Graw-Hill Book Comp., 416 p.
- Schmid, I.H., 1984, "China-the Magnesite Giant", Industrial Minerals, August, 27-45.
- Sengupta, D.K., Sastri, S.R.S., Narasimhan, K.S. and Jena, P.K., 1974, "Some Aspects of Magnesite and Dolomite Beneficiation", Journal of Mines, Metals and Fuels, August, 1974, 237-240.
- Sengupta, D.K., Sastri, S.R.S. and Narasimhan, K.S., 1978, "Beneficiation of Low-Grade Magnesite", Symp. on Metallurgical Wastes, Regional Research Lab. Bhubaneswar, 1-3.
- Sengupta, D.K., Sastri, S.R.S., Sahoo, R.K. and Narasimhan, K.S. 1980, "Salem Magnesites-Ore Characteristics and Response to Flotation", Indian Mining and Eng. Journal, Vol. XIX, No: 8, 1-5.
- Sengupta, D.K., Sastri, S.R.S. and Narasimhan, K.S. 1980, "Effect of Additives on Anionic Flotation of Magnesite", The Australasian Institute of Mining and Metallurgy, Australia, 59-65.
- Senior, G.D. and Poling, G.W., 1985, "The Chemistry of Cassiterite Flotation", Advances in Mineral Processing, Arbiter Symposium, New Orleans, Louisiana, 229-254.
- Smith, R.W., and Akhtar, S., 1976, 1976, "Cationic Flotation of Oxides and Silicates" Flotation, A.M. Gaudin Memorial Vol.I., New York, 87-116.
- T.S.K.B.A.Ş., 1979, "Magnezyum, Manyezit ve Magnezyum Bileşikleri, Yayın No : Kimya 2, İstanbul, 210 s.
- Wedler, G., 1929, "Chemisorption-An Experimental Approach", The Butterworth group, London, 250 p.
- White, G.R., 1964, "Handbook of Industrial Infrared Analysis", Plenum Press, New York, 440 p.