

T.C.  
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**SULU ÇÖZELTİLERDEN METAL İYONLARININ  
FENANTROLİN İÇEREN POLİMER İÇERİKLİ  
MEMBRANLARLA EKSTRAKSİYONU**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Melike SEZER**

**Enstitü Anabilim Dalı : KİMYA**  
**Enstitü Bilim Dalı : FİZİKOKİMYA**  
**Tez Danışmanı : Doç. Dr. Aynur MANZAK**

**Mayıs 2019**

T.C.  
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

SULU ÇÖZELTİLERDEN METAL İYONLARININ  
FENANTROLİN İÇEREN POLİMER İÇERİKLİ  
MEMBRANLARLA EKSTRAKSİYONU

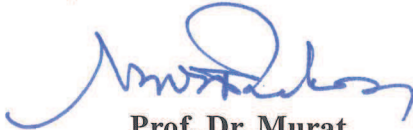
YÜKSEK LİSANS TEZİ

Melike SEZER

Enstitü Anabilim Dalı : KİMYA

Enstitü Bilim Dalı : FİZİKOKİMYA

Bu tez 20/05/2019 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oybirliği ile kabul edilmiştir.



Prof. Dr. Murat  
TEKER  
Jüri Başkanı



Doç. Dr. Aynur  
MANZAK  
Üye



Dr. Öğr. Üyesi  
Hülya DEMİRHAN  
Üye

## BEYAN

Tez içindeki tüm verilerin akademik kurallar çerçevesinde tarafımdan elde edildiğini, görsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçların akademik ve etik kurallara uygun şekilde sunulduğunu, kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapılmadığını, başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunulduğunu, tezde yer alan verilerin bu üniversite veya başka bir üniversitede herhangi bir tez çalışmasında kullanılmadığını beyan ederim.

Melike SEZER

19.06.2019

## TEŞEKKÜR

Yüksek Tez danışmanlığımı üstlenen, lisans ve yüksek lisans eğitimim boyunca ilminden ve tecrübelerinden faydalandığım, çalışmalarım boyunca düşünceleriyle beni yönlendirirken göstermiş olduğu hoşgörü, sabır ve yardımlarından dolayı değerli Hocam Sayın Doç. Dr. Aynur MANZAK'a,

Lisans ve yüksek lisans eğitimim boyunca bilgi ve tecrübelerini paylaşan Sakarya Üniversitesi Kimya Bölümü'nün tüm öğretim üyelerine,

Deneysel çalışmalarım boyunca birlikte çalıştığım, bilgi ve emeğini esirgemeyerek bana destek olan Öğr. Gör. Yasemin YILDIZ ve Ar. Gör. Celal CANER'e,

Yaşadığım güzel günler boyunca, her şeyin üstesinden gelebileceğimi öğreten, çok değerli rahmetli anneme ve hayatım boyunca bana sonsuz destek veren babama sevgi ve şükranlarımı,

Yüksek lisans eğitimimde tez çalışmam boyunca gösterdiği sabırdan dolayı ve her daim bana destek olan sevgili eşim Görkem SEZER ve canım oğlum Hamza SEZER'e sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

# İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR.....	i
İÇİNDEKİLER .....	ii
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ .....	v
ŞEKİLLER LİSTESİ .....	vi
TABLolar LİSTESİ.....	x
ÖZET.....	xiv
SUMMARY .....	xv
BÖLÜM 1.	
GİRİŞ .....	1
BÖLÜM 2.	
KAYNAK ARAŞTIRMASI .....	3
2.1. Membranların Tanımı ve Sınıflandırılması.....	5
2.2. Membranların Ayırma Prosesleri .....	5
2.2.1. Mikrofiltrasyon.....	6
2.2.2. Ultrafiltrasyon .....	6
2.2.3. Nanofiltrasyon.....	7
2.3. Membran Materyal.....	8
2.4. Membran Kirlenmesi.....	8
2.4.1. Membran hazırlanmasında kullanılan malzeme ve metotlar.....	9
2.4.2. Taşıyıcılar .....	10
2.4.3. Plastikleştiriciler.....	11
2.5. PIM ile Ekstraksiyon ve Taşınım .....	13
2.5.1. Taşınım mekanizmaları .....	13
2.5.2. Bulk taşınım mekanizmaları .....	14
2.5.3. PIM araştırmalarının geleceği .....	15

2.6. Membran Karakterizasyonu .....	16
2.6.1. Membran morfolojisi.....	16
2.6.2. Geçirgenlik .....	17
2.6.3. Seçicilik .....	18
2.6.4. Kararlılık .....	18
2.6.5. Yüzey karakterizasyonu teknikleri.....	19
2.6.5.1. Taramalı elektron mikroskobu (SEM).....	19
2.6.5.2. Atomik kuvvet mikroskobu (AFM).....	20
2.6.6. Spektroskopik teknikler.....	20
2.6.6.1. Fourier dönüşümlü kızılötesi spektroskopisi (FTIR).....	20
2.6.6.2. İndüktif eşleşmiş plazma (ICP) .....	20
2.6.7. Ağır metaller .....	21

### BÖLÜM 3.

MATERYAL VE METOT .....	22
3.1. Kullanılan Kimyasallar.....	22
3.2. Polimer İçerikli Membranın Hazırlaması.....	23
3.3. Kullanılan Cihazlar .....	25
3.4. Deneysel Yöntem .....	25

### BÖLÜM 4.

DENEYSEL BULGULAR VE DEĞERLENDİRME .....	27
4.1. Membran 1'in, pH 4'te, Karıştırma Hızının Co(II) ve Ni(II) Ekstraksiyonuna Etkisi.....	27
4.2. Membran 1'in, pH 3,5'ta, Karıştırma Hızının Co(II) ve Ni(II) Ekstraksiyonuna Etkisi.....	29
4.3. Membran 2'nin, pH 4'te, Karıştırma Hızının Co(II), Ni(II), Cu(II) ve Cd(II) Ekstraksiyonuna Etkisi.....	30
4.4. Membran 2'nin, pH 3,5'ta, Karıştırma Hızının Co(II), Ni(II), Cu(II) ve Cd(II) Ekstraksiyonuna Etkisi.....	33
4.5. Membran 3'ün, pH 4'te Karıştırma Hızının Cd(II) ve Cu(II) Ekstraksiyonuna Etkisi.....	35

4.6. Membran 3'ün, pH 3,5'ta, Karıştırma Hızının Cd(II) ve Cu(II) Ekstraksiyonuna Etkisi .....	37
4.7. Membran 3'ün, pH 4'te, Karıştırma Hızının Co(II), Ni(II), Cu(II) ve Cd(II) Ekstraksiyonuna Etkisi .....	39
4.8. Membran 3'ün, pH 3,5'ta, Karıştırma Hızının Co(II), Ni(II), Cu(II) ve Cd(II) Ekstraksiyonuna Etkisi .....	41
4.9. Membran 4'ün, pH 3,5'ta, Karıştırma Hızının Co(II), Ni(II), Cu(II) ve Cd(II) Ekstraksiyonuna Etkisi .....	43
4.10. Membran 4 Bileşiminin, pH 4'te, Karıştırma Hızının Co(II), Ni(II), Cu(II) ve Cd(II) Ekstraksiyonuna Etkisi .....	45
4.11. Membran 5 Bileşiminin, pH 4'te, Karıştırma Hızının Co(II), Ni(II), Cu(II) ve Cd(II) Ekstraksiyonuna Etkisi .....	48
4.12. Membran 5 Bileşiminin, pH 3,5'ta, Karıştırma Hızının Co(II), Ni(II), Cu(II) ve Cd(II) Ekstraksiyonuna Etkisi .....	51
4.13. Membran 5 Bileşiminin Optimum Şartları.....	53
BÖLÜM 5.	
SONUÇLAR .....	59
KAYNAKLAR .....	61
ÖZGEÇMİŞ .....	68

## SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

°C	: Santigrad derece
cm	: Santimetre
CTA	: Selüloz triasetat
Dk	: Dakika
PIM	: Polimer içerikli membran
PEG	: Polietilen Glikol
SLM	: Destekli sıvı membran
AFM	: Atomik kuvvet mikroskobu
SEM	: Taramalı elektron mikroskobu
FT-IR	: Fourier Dönüşümlü Kızılötesi Spektroskopisi
ICP-AES	: İndüktif eşleşmiş plazma atomik emisyon spektrometresi
ICP-MS	: İndüktif eşleşmiş plazma kütle spektrometresi
ppm	: Milyonda Bir
mg	: Miligram
mL	: Mililitre
sa	: Saat



## ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1. Gözenekli membran (Cui ve ark.).....	7
Şekil 2.2. Farklı boyutlara göre ayırma (Cui ve ark.) .....	7
Şekil 2.3. Bazı Plastikleştirici Yapıları (Ngheim ve ark.).....	12
Şekil 2.4. PIM ve SLM gösterimi (Ngheim ve ark.).....	13
Şekil 2.5. Taşınım mekanizmaları (Ngheim ve ark.) .....	14
Şekil 3.1. Membran bileşiminde kullanılan molekül şekilleri .....	22
Şekil 3.2. Polimer içerikli membran hazırlanma şeması (Membran 1,2,4,5) (Yıldız)24	
Şekil 3.3. Polimer içerikli membran hazırlanma şeması (Membran 3).....	24
Şekil 3.4. Ekstraksiyon deneylerinin ilk ve son görüntüleri .....	26
Şekil 4.1. Membran 1'in, pH 4'te, karıştırma hızının Co(II) ve Ni(II) ekstraksiyonuna etkisi (besleme (a) ve sıyırma (b)): Membran 1 (Ekstraktant Cinsi: Fenantrolin (440 mg); Plastikleştirici (2-NPPE): 0,2 mL, Çözücü: Diklorometan (80 mL)); Polimer Cinsi: CTA(480 mg); Membran Kalınlığı:20µm, Besleme çözeltisi pH:4; Besleme çözeltisi konsantrasyonu: 100 mg/L ( 1 M NaOH + 1 M CH <sub>3</sub> COOH) ; Sıyırma çözeltisi konsantrasyonu: 1 M NH <sub>3</sub> +1 M TEA; Besleme ve sıyırma çözeltisi hacmi: 250 mL; NH <sub>4</sub> SCN konsantrasyonu: 0,5 M) .....	28
Şekil 4.2. Membran 1'in, pH 3,5'ta, karıştırma hızının Co(II), Ni(II), Cu(II) ve Cd(II) ekstraksiyonuna etkisi (besleme (a) ve sıyırma(b)): Membran 1 (Ekstraktant Cinsi: Fenantrolin (440 mg); Plastikleştirici (2-NPPE): 0,2 mL, Çözücü: Diklorometan (80 mL)); Polimer Cinsi: CTA(480 mg); Membran Kalınlığı:20µm, Besleme çözeltisi pH:3,5; Sıyırma çözeltisi konsantrasyonu: 1 M NH <sub>3</sub> +1 M TEA; Besleme çözeltisi konsantrasyonu: 100 mg/L;; Besleme ve sıyırma çözeltisi hacmi: 250 mL; NH <sub>4</sub> SCN konsantrasyonu: 0,5 M).....	30

- Şekil 4.3. Membran 2'nin, pH 4'te, karıştırma hızının Co(II), Ni(II), Cu(II) ve Cd(II) ekstraksiyonuna etkisi(besleme (a) ve sıyırma (b)): Membran 2 (Ekstraktant Cinsi: Fenantrolin (440 mg); Plastikleştirici (2-NPPE): 0,2 mL, Çözücü: Diklorometan (50 mL) ; Polimer Cinsi: CTA (480 mg); Membran Kalınlığı: 18µm, Besleme çözeltisi pH:4; Besleme çözeltisi konsantrasyonu: 100 mg/L (1 M NaOH + 1 M CH<sub>3</sub>COOH); Sıyırma çözeltisi konsantrasyonu: 1 M NH<sub>3</sub>+1 M TEA; Besleme ve sıyırma çözeltisi hacmi: 250 mL; NH<sub>4</sub>SCN konsantrasyonu: 0,5 M) ..... 32
- Şekil 4.4. Membran 2'ün, pH 3,5'ta, karıştırma hızının Co(II), Ni(II), Cu(II) ve Cd(II) ekstraksiyonuna etkisi (Besleme (a) ve sıyırma (b)): Membran 2 (Ekstraktant Cinsi: Fenantrolin (440 mg); Plastikleştirici (2-NPPE): 0,2 mL, Çözücü: Diklorometan (50 mL)); Polimer Cinsi: CTA (480 mg); Membran Kalınlığı: 18µm, Besleme çözeltisi pH:3,5 Besleme çözeltisi konsantrasyonu: 100 mg/L; Sıyırma çözeltisi konsantrasyonu: 1 M NH<sub>3</sub>+1 M TEA; Besleme ve sıyırma çözeltisi hacmi: 250 mL; NH<sub>4</sub>SCN konsantrasyonu: 0,5 M). ..... 34
- Şekil 4.5. Membran 3'ün, pH 4'te, karıştırma hızının Cd(II) ve Cu(II) ekstraksiyonuna etkisi (besleme (a) ve sıyırma (b)): Membran 3 (Ekstraktant Cinsi: Fenantrolin (220mg); Plastikleştirici (2-NPPE): 0,2 mL, Çözücü: Diklorometan (70 mL)); Polimer Cinsi: CTA (480 mg); Membran Kalınlığı: 19µm, Besleme çözeltisi pH:4; Besleme çözeltisi konsantrasyonu: 100 mg/L ( 1 M NaOH + 1 M CH<sub>3</sub>COOH); Sıyırma çözeltisi konsantrasyonu: 1 M NH<sub>3</sub>+1 M TEA; Besleme ve sıyırma çözeltisi hacmi: 250 mL; NH<sub>4</sub>SCN konsantrasyonu: 0,5 M). ..... 36
- Şekil 4.6. Membran 3'ün, pH 3,5'ta, karıştırma hızının Cd(II) ve Cu(II) ekstraksiyonuna etkisi (besleme (a) ve sıyırma (b)): Membran 3 (Ekstraktant Cinsi: Fenantrolin (220mg); Plastikleştirici (2-NPPE): 0,2 mL, Çözücü: Diklorometan (70 mL)); Polimer Cinsi: CTA (480 mg); Membran Kalınlığı: 19µm, Besleme çözeltisi pH:3,5; Besleme çözeltisi konsantrasyonu: 100 mg/L; Sıyırma çözeltisi konsantrasyonu: 1 M NH<sub>3</sub>+1 M TEA; Besleme ve sıyırma çözeltisi hacmi: 250 mL; NH<sub>4</sub>SCN konsantrasyonu: 0,5 M). ..... 38

- Şekil 4.7. Membran 3'ün, pH 4'te, karıştırma hızının Co(II), Ni(II), Cu(II) ve Cd(II) ekstraksiyonuna etkisi (besleme (a) ve sıyırma (b)): Membran 3 (Ekstraktant Cinsi: Fenantrolin (220mg); Plastikleştirici (2-NPPE): 0,2 mL, Çözücü: Diklorometan (70 mL)); Polimer Cinsi: CTA (480 mg); Membran Kalınlığı: 19µm, Besleme çözeltisi pH:4; Besleme çözeltisi konsantrasyonu: 100 mg/L (1 M NaOH + 1 M CH<sub>3</sub>COOH); Sıyırma çözeltisi konsantrasyonu: 1 M NH<sub>3</sub>+1 M TEA; Besleme ve sıyırma çözeltisi hacmi: 250 mL; NH<sub>4</sub>SCN konsantrasyonu: 0,5 M) ..... 40
- Şekil 4.8. Membran 3'ün, pH 3,5'ta, karıştırma hızının Co(II), Ni(II), Cu(II) ve Cd(II) ekstraksiyonuna etkisi (besleme (a) ve sıyırma (a)): Membran 3 (Ekstraktant Cinsi: Fenantrolin (220mg); Plastikleştirici (2-NPPE): 0,2 mL, Çözücü: Diklorometan (70 mL)); Polimer Cinsi: CTA (480 mg); Membran Kalınlığı: 19µm, Besleme çözeltisi pH:3,5; Besleme çözeltisi konsantrasyonu: 100 mg/L (1 M NaOH + 1 M CH<sub>3</sub>COOH); Sıyırma çözeltisi konsantrasyonu: 1 M NH<sub>3</sub>+1 M TEA; Besleme ve sıyırma çözeltisi hacmi: 250 mL; NH<sub>4</sub>SCN konsantrasyonu: 0,5 M). ..... 42
- Şekil 4.9. Membran 4'ün, pH 3,5'ta, karıştırma hızının Co(II), Ni(II), Cu(II) ve Cd(II) ekstraksiyonuna etkisi (besleme (a) ve sıyırma (b)): Membran 4 (Ekstraktant Cinsi: Fenantrolin (440 mg); Plastikleştirici (2-NPPE): 0,2 mL, Çözücü: Diklorometan (80 mL)); Polimer Cinsi: CTA(480 mg); Membran Kalınlığı: 32µm, Besleme çözeltisi pH:3,5; Besleme çözeltisi konsantrasyonu: 100 mg/L; Sıyırma çözeltisi konsantrasyonu: 1 M NH<sub>3</sub>+1 M TEA; Besleme ve sıyırma çözeltisi hacmi: 250 mL; NH<sub>4</sub>SCN konsantrasyonu: 0,5 M). ..... 45
- Şekil 4.10. Membran 4'ün, pH 4'te, karıştırma hızının Co(II), Ni(II), Cu(II) ve Cd(II) ekstraksiyonuna etkisi (besleme (a) ve sıyırma (b)): Membran 4 (Ekstraktant Cinsi: Fenantrolin (440 mg); Plastikleştirici (2-NPPE): 0,2 mL, Çözücü: Diklorometan (80 mL)); Polimer Cinsi: CTA (480 mg); Membran Kalınlığı: 32µm, Besleme çözeltisi pH:4; Besleme çözeltisi konsantrasyonu: 100 mg/L (1 M NaOH + 1 M CH<sub>3</sub>COOH); Sıyırma çözeltisi konsantrasyonu: 1 M NH<sub>3</sub>+1 M TEA; Besleme ve sıyırma çözeltisi hacmi: 250 mL; NH<sub>4</sub>SCN konsantrasyonu: 0,5 M) ..... 47

- Şekil 4.11. Membran 5'in, pH 4'te, karıştırma hızının Co(II), Ni(II), Cu(II) ve Cd(II) ekstraksiyonuna etkisi (besleme (a) ve sıyırma (b)): Membran 5 bileşimi (Ekstraktant Cinsi: Fenantrolin (453 mg); Plastikleştirici (2-NPPE): 0,2 mL, Çözücü: Diklorometan (100 mL)); Polimer Cinsi: CTA (480 mg); Membran Kalınlığı: 15µm, Besleme çözeltisi pH:4; Besleme çözeltisi konsantrasyonu: 100 mg/L(1 M NaOH + 1 M CH<sub>3</sub>COOH); Sıyırma çözeltisi konsantrasyonu: 1 M NH<sub>3</sub>+1 M TEA; Besleme ve sıyırma çözeltisi hacmi: 250 mL; NH<sub>4</sub>SCN konsantrasyonu: 0,5 M). ..... 50
- Şekil 4.12. Membran 5'in, pH 3,5'ta , karıştırma hızının Co(II), Ni(II), Cu(II) ve Cd(II) ekstraksiyonuna etkisi (besleme (a) ve sıyırma (b)): Membran 5 (Ekstraktant Cinsi: Fenantrolin (453 mg); Plastikleştirici (2-NPPE): 0,2 mL, Çözücü: Diklorometan (100 mL)); Polimer Cinsi: CTA (480 mg); Membran Kalınlığı: 15µm, Besleme çözeltisi pH:3,5; Besleme çözeltisi konsantrasyonu: 100 mg/L; Sıyırma çözeltisi konsantrasyonu: 1 M NH<sub>3</sub>+1 M TEA; Besleme ve sıyırma çözeltisi hacmi: 250 mL; NH<sub>4</sub>SCN konsantrasyonu: 0,5 M). ..... 53
- Şekil 4.13. Membran 5 Optimum Şartları, karıştırma hızının Co(II), Ni(II), Cu(II) ve Cd(II) ekstraksiyonuna etkisi (Besleme (a) ve sıyırma (b)) (Ekstraktant Cinsi: Fenantrolin (453 mg); Plastikleştirici (2-NPPE): 0,2 mL, Çözücü: Diklorometan (100 mL)); Polimer Cinsi: CTA (480 mg); Membran Kalınlığı: 20µm, Besleme çözeltisi pH:3,5; Besleme çözeltisi konsantrasyonu: 100 mg/L ;Sıyırma çözeltisi konsantrasyonu: 1 M NH<sub>3</sub>+1 M TEA; Besleme ve sıyırma çözeltisi hacmi: 250 mL; NH<sub>4</sub>SCN konsantrasyonu: 0,5 M). ..... 55
- Şekil 4.14. SEM ve yüzey pürüzlülüğü görüntüleri ..... 56
- Şekil 4.15. 5 farklı membran için FT-IR Spektrum ölçümü ..... 58

## TABLolar LİSTESİ

Tablo 2.1. Polimerik membran yapımında kullanılan bazı maddeler (Yıldız) .....	9
Tablo 2.2. Taşıyıcılar (Ngheim ve ark.).....	10
Tablo 4.1. Membran 1'in, pH 4'te, karıştırma hızının Co(II) ve Ni(II) ekstraksiyonuna etkisi (besleme ve sıyırma): Membran 1 (Ekstraktant Cinsi: 1,10-Fenantrolin (440 mg); Plastikleştirici (2-NPPE): 0,2 mL, Çözücü: Diklorometan (80 mL); Polimer Cinsi: CTA (480 mg); Membran Kalınlığı:20µm; pH:4; Besleme çözeltisi konsantrasyonu: 100 mg/L, Sıyırma Çözeltisi (1 M TEA + 1 M NH <sub>3</sub> ; Besleme ve sıyırma çözeltisi hacmi: 250 mL; NH <sub>4</sub> SCN konsantrasyonu: 0,5 M).....	27
Tablo 4.2. Membran 1'in, pH 3,5'ta, karıştırma hızının Co(II) ve Ni(II) ekstraksiyonuna etkisi (besleme ve sıyırma): Membran 1 (Ekstraktant Cinsi: Fenantrolin (440 mg); Plastikleştirici (2-NPPE): 0,2 mL, Çözücü: Diklorometan (80 mL)); Polimer Cinsi: CTA (480 mg); Membran Kalınlığı: 20µm, Besleme çözeltisi pH:3,5; Besleme çözeltisi konsantrasyonu: 100 mg/L; Sıyırma çözeltisi konsantrasyonu: 1 M NH <sub>3</sub> +1 M; Besleme ve sıyırma çözeltisi hacmi: 250 mL; NH <sub>4</sub> SCN konsantrasyonu: 0,5 M).....	29
Tablo 4.3. Membran 2'nin, pH 4'te, karıştırma hızının Co(II), Ni(II), Cu(II) ve Cd(II) ekstraksiyonuna etkisi (besleme ve sıyırma): Membran 2 (Ekstraktant Cinsi: Fenantrolin (440 mg); Plastikleştirici (2-NPPE): 0,2 mL, Çözücü: Diklorometan (50 mL)); Polimer Cinsi: CTA (480 mg); Membran Kalınlığı: 18µm, Besleme çözeltisi pH:4; Besleme çözeltisi konsantrasyonu: 100 mg/L (1 M NaOH + 1 M CH <sub>3</sub> COOH); Sıyırma çözeltisi konsantrasyonu: 1 M NH <sub>3</sub> +1 M TEA; Besleme ve sıyırma çözeltisi hacmi: 250 mL; NH <sub>4</sub> SCN konsantrasyonu: 0,5M) .....	31

- Tablo 4.4. Membran 2'nin, pH 3,5'ta, karıştırma hızının Co(II), Ni(II), Cu(II) ve Cd(II) ekstraksiyonuna etkisi (besleme ve sıyırma): Membran 2 (Ekstraktant Cinsi: Fenantrolin (440 mg); Plastikleştirici (2-NPPE): 0,2 mL, Çözücü: Diklorometan (50 mL)); Polimer Cinsi: CTA (480 mg); Membran Kalınlığı: 18µm, Besleme çözeltisi pH:3,5; Besleme çözeltisi konsantrasyonu: 100 mg/L; Sıyırma çözeltisi konsantrasyonu: 1 M NH<sub>3</sub>+1 M TEA; Besleme ve sıyırma çözeltisi hacmi: 250 mL; NH<sub>4</sub>SCN konsantrasyonu: 0,5 M). ..... 33
- Tablo 4.5. Membran 3'ün, pH 4'te, karıştırma hızının Cd(II) ve Cu(II) ekstraksiyonuna etkisi (Besleme ve sıyırma): Membran 3 (Ekstraktant Cinsi: Fenantrolin (220mg); Plastikleştirici (2-NPPE): 0,2 mL, Çözücü: Diklorometan (70 mL)); Polimer Cinsi: CTA (480 mg); Membran Kalınlığı: 19µm, Besleme çözeltisi pH:4; Besleme çözeltisi konsantrasyonu: 100 mg/L (1 M NaOH + 1 M CH<sub>3</sub>COOH); Sıyırma çözeltisi konsantrasyonu: 1 M NH<sub>3</sub>+1 M TEA; Besleme ve sıyırma çözeltisi hacmi: 250 mL; NH<sub>4</sub>SCN konsantrasyonu: 0,5 M) ..... 35
- Tablo 4.6. Membran 3'ün, pH 3,5'ta, karıştırma hızının Cd(II) ve Cu(II) ekstraksiyonuna etkisi (besleme ve sıyırma): Membran 3 (Ekstraktant Cinsi: Fenantrolin (220mg); Plastikleştirici (2-NPPE): 0,2 mL, Çözücü: Diklorometan (70 mL)); Polimer Cinsi: CTA (480 mg); Membran Kalınlığı: 19µm, Besleme çözeltisi pH:3,5; Besleme çözeltisi konsantrasyonu: 100 mg/L; Sıyırma çözeltisi konsantrasyonu: 1 M NH<sub>3</sub>+1 M TEA; Besleme ve sıyırma çözeltisi hacmi: 250 mL; NH<sub>4</sub>SCN konsantrasyonu: 0,5 M). ..... 37
- Tablo 4.7. Membran 3'ün, pH 4'te, karıştırma hızının Co(II), Ni(II), Cu(II) ve Cd(II) ekstraksiyonuna etkisi (besleme ve sıyırma): Membran 3 (Ekstraktant Cinsi: Fenantrolin (220mg); Plastikleştirici (2-NPPE): 0,2 mL, Çözücü: Diklorometan (70 mL)); Polimer Cinsi: CTA(480 mg); Membran Kalınlığı: 19µm, Besleme çözeltisi pH:4; Besleme çözeltisi konsantrasyonu: 100 mg/L (1 M NaOH + 1 M CH<sub>3</sub>COOH); Sıyırma çözeltisi konsantrasyonu: 1 M NH<sub>3</sub>+1 M TEA; Besleme ve sıyırma çözeltisi hacmi: 250 mL; NH<sub>4</sub>SCN konsantrasyonu: 0,5 M). ..... 39

- Tablo 4.8. Membran 3'ün, pH 3,5'ta karıştırma hızının Co(II), Ni(II), Cu(II) ve Cd(II) ekstraksiyonuna etkisi (besleme ve sıyırma): Membran 3 (Ekstraktant Cinsi: Fenantrolin (220mg); Plastikleştirici (2-NPPE): 0,2 mL, Çözücü: Diklorometan (70 mL)); Polimer Cinsi: CTA (480 mg); Membran Kalınlığı: 19µm, Besleme çözeltisi pH:3,5; Besleme çözeltisi konsantrasyonu: 100 mg/L(1 M NaOH + 1 M CH<sub>3</sub>COOH); Sıyırma çözeltisi konsantrasyonu: 1 M NH<sub>3</sub>+1 M TEA; Besleme ve sıyırma çözeltisi hacmi: 250 mL; NH<sub>4</sub>SCN konsantrasyonu: 0,5 M). ..... 41
- Tablo 4.9. Membran 4'ün, pH 3,5'ta , karıştırma hızının Co(II), Ni(II), Cu(II) ve Cd(II) ekstraksiyonuna etkisi (besleme ve sıyırma): Membran 4 (Ekstraktant Cinsi: Fenantrolin (440 mg); Plastikleştirici (2-NPPE): 0,2 mL, Çözücü: Diklorometan (80 mL)); Polimer Cinsi: CTA (480 mg); Membran Kalınlığı: 32µm, Besleme çözeltisi pH:3,5; Besleme çözeltisi konsantrasyonu: 100 mg/L; Sıyırma çözeltisi konsantrasyonu: 1 M NH<sub>3</sub>+ M TEA; Besleme ve sıyırma çözeltisi hacmi: 250 mL; NH<sub>4</sub>SCN konsantrasyonu: 0,5 M). ..... 43
- Tablo 4.10. Membran 4'ün, pH 4'te , karıştırma hızının Co(II), Ni(II), Cu(II) ve Cd(II) ekstraksiyonuna etkisi (besleme ve sıyırma): Membran 4 (Ekstraktant Cinsi: Fenantrolin (440 mg); Plastikleştirici (2-NPPE): 0,2 mL, Çözücü: Diklorometan (80 mL)); Polimer Cinsi: CTA (480 mg); Membran Kalınlığı:32µm, Besleme çözeltisi pH:4; Besleme çözeltisi konsantrasyonu: 100 mg/L (1 M NaOH + 1 M CH<sub>3</sub>COOH); Sıyırma çözeltisi konsantrasyonu: 1 M NH<sub>3</sub>+1 M TEA; Besleme ve sıyırma çözeltisi hacmi: 250 mL; NH<sub>4</sub>SCN konsantrasyonu: 0,5 M). ..... 46
- Tablo 4.11. Membran 5'in, pH 4'te, karıştırma hızının Co(II), Ni(II), Cu(II) ve Cd(II) ekstraksiyonuna etkisi (besleme ve sıyırma): Membran 5 (Ekstraktant Cinsi: Fenantrolin (453 mg); Plastikleştirici (2-NPPE): 0,2 mL, Çözücü: Diklorometan (100 mL)); Polimer Cinsi: CTA (480 mg); Membran Kalınlığı:15µm,Besleme çözeltisi pH; Besleme çözeltisi konsantrasyonu: 100 mg/L (1 M NaOH + 1 M CH<sub>3</sub>COOH) ;Sıyırma çözeltisi konsantrasyonu: 1 M NH<sub>3</sub>+1 M TEA; Besleme ve sıyırma çözeltisi hacmi: 250 mL; NH<sub>4</sub>SCN konsantrasyonu: 0,5 M)..... 48

Tablo 4.12. Membran 5'in, pH 3,5'ta , karıştırma hızının Co(II), Ni(II), Cu(II) ve Cd(II) ekstraksiyonuna etkisi (besleme ve sıyırma): Membran 5 (Ekstraktant Cinsi: Fenantrolin (453 mg); Plastikleştirici (2-NPPE): 0,2 mL, Çözücü: Diklorometan (100 mL)); Polimer Cinsi: CTA (480 mg); Membran Kalınlığı: 15µm, Besleme çözeltisi pH:3,5; Besleme çözeltisi konsantrasyonu: 100 mg/L; Sıyırma çözeltisi konsantrasyonu: 1 M NH<sub>3</sub>+1 M TEA; Besleme ve sıyırma çözeltisi hacmi: 250 mL; NH<sub>4</sub>SCN konsantrasyonu: 0,5 M). ..... 51

Tablo 4.13. Membran 5 bileşiminin optimum şartları, karıştırma hızının Co(II), Ni(II), Cd(II), Cu(II) ve Cd(II) ekstraksiyonuna etkisi (besleme ve sıyırma): Membran 5 Optimum Şart (Ekstraktant Cinsi: Fenantrolin (453 mg); Plastikleştirici (2-NPPE): 0,2 mL, Çözücü:Diklorometan (100 mL)); Polimer Cinsi: CTA (480 mg); Membran Kalınlığı: 20µm. Besleme çözeltisi pH:3,5; Besleme çözeltisi konsantrasyonu: 100 mg/L ;Sıyırma çözeltisi konsantrasyonu: 1 M NH<sub>3</sub>+1 M TEA; Besleme ve sıyırma çözeltisi hacmi: 250 mL; NH<sub>4</sub>SCN konsantrasyonu: 0,5 M). ..... 54



## ÖZET

Anahtar kelimeler: Polimer İçerikli Membran, Kobalt, Nikel, Kadmiyum, Bakır, PEG, CTA, 1,10-Fenantrolin.

Bu tez çalışmasında, kobalt, nikel, bakır ve kadmiyum içeren asidik çözeltilerden, taşıyıcı olarak 1,10-fenantrolin içeren polimer içerikli membranlar kullanılarak metallerin ekstraksiyonu incelenmiştir.

Modifiyer (PEG) konsantrasyonu, ekstraktant (1,10-fenantrolin) konsantrasyonu, besleme çözeltisi pH'ı, besleme ve sıyırma çözeltisi karıştırma hızları ve membran kalınlığı gibi parametreler deneysel olarak incelenmiştir.

Aynı zamanda FTIR, AFM ve SEM ölçümüyle, elde edilen membranların karakterizasyonu yapıldı.

# **EXTRACTION OF METAL IONS FROM AQUEOUS SOLUTIONS WITH POLYMER INCLUSION MEMBRANES CONTAINING PHENANTHROLINE**

## **SUMMARY**

Keywords: Polymer Inclusion Membrane, Cobalt, Nickel, Copper, Cadmium, Copper, PEG, CTA, 1,10-Phenanthroline.

In this work, the extraction of metals from acidic solutions, containing mixtures of cobalt, nickel, copper and cadmium by polymer inclusion membrane (PIMs) was investigated using 1,10-phenanthroline as carrier.

Such parameters as modifier (PEG) concentration, extractant (1,10-Phenanthroline) concentration, feed solution of the pH the stirring speeds of feed and stripping solution and membrane thickness were experimentally studied.

Also AFM, FT-IR, and SEM was characterized by obtained membrane.

## BÖLÜM 1. GİRİŞ

Membran prosesleri son zamanlarda çevre, enerji ve endüstri için popüler bir bilim olarak büyük bir önem kazanmıştır. Endüstriyellemenin artması ile hızla toksik maddelerin birikmesi sonucu artan çevre kirliliği, enerji, su, sağlık hizmetleri ve küresel ısınma gibi sorunları beraberinde getirmiştir. Kentsel yaşamın başlaması ile beraber çevre kirliliği de başlamış ve endüstriyelleme ile giderek artmış ve artmaya devam etmektedir. Artan çevre kirliliği ve diğer sorunların çözümü için membran teknolojileri az enerji ihtiyacı ile düşük yatırım ve maliyet, en etkili ve en verimli, az yer kaplayan bir teknolojidir.

Teknolojinin giderek artması ile bilim adamları, membran performanslarının artırılması ile ilgili çalışmalar yürütmektedirler. Membran proseslerinden birisi olan sıvı membran tekniği önem kazanmış durumdadır. Sıvı membranlar, emülsiyon tipi sıvı membran (ELM), bulk sıvı membranlar (BLM), destekli sıvı membranları (SLM) içerir. Sıvı membran prosesi, ekstraksiyon ve ekstrakte edilen metal iyonlarının ayrılmasından meydana geldiğinden çözücü ihtiyacı azalır ve daha ekonomik bir şekilde gerçekleştirilmiş olur.

Son yıllarda, hidrometalurji, biyoteknoloji ve atık su arıtımında, organik bileşikler ve metallerin ayrılmasına önem verilmiş olduğu kadar, stabiliteilerinin artırılması ile ilgili çalışmalar devam etmektedir. Çalışmalar sonucunda, sıvı membranların bir tipi olan polimer içerikli membranlar elde edilmiştir. Polimer içerikli membranları elde etmek rasgele değildir. Membranın yapısal ve spesifik özellikleri dikkate alınır. Esnek, ince ve kararlı bir film elde edilmelidir. Bu kararlı filmi elde etmek için, selüloz tri asetat (CTA) veya poli vinil klorür (PVC) gibi polimerlerin eldesi için, plastikleştirici ve ekstraktant içeren çözelti dökümü ile elde edilir. Bu elde edilen polimer içerikli membran, destekli sıvı membranlardaki gibi membran proseslerinde

ayırma yöntemi olarak kullanılabilir. Polimer içerikli membranların işlenmesi daha kolay ve ucuzdur. Uygulamaların %95'lik gibi büyük bir kısmında polimer içerikli membranlar kullanılmaktadır.

Polimer içerikli membranlarda, ekstraksiyon ve verim artırılması için, membranların bileşenlerini incelemek en doğrudur. Bu bileşenler plastikleştiriciler ve taşıyıcılardır. Benzer formda polimerleri incelemek için, en çok PVC veya CTA gibi polimerler incelenir.

1,10-Fenantrolin, koordinasyon kimyasının gelişiminde önemli rol oynayan geçiş metali iyonları için klasik şelatlı bir ligandır ve organik, inorganik ve supramoleküler kimya için çok yönlü başlangıç metaryali olarak büyük ilgi göstermeye devam etmektedir. 1,10-Fenantrolin katı, düzlemsel, hidrofobik, elektronca fakir bir heteroaromatik sistem olup, azot atomlarına katyon bağlanma özelliğine sahiptir. Bu yapısal özellikler metal iyonlarına karşı koordinasyon yeteneklerini belirler (Andrea ve ark.).

## BÖLÜM 2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Organik kompleks yapıcı maddeler, metal iyonlarıyla kompleksler oluşturarak ayırma işlemlerinde sıklıkla hayati bir rol oynarlar. Bazı iyi bilinen örnekler, 8-hidroksikinolin, asetilaseton ve ditiozon sayılabilir. Bu reaktiflerin metallerle kullanımı kapsamlı bir şekilde araştırılmıştır (De ve ark.).

Çok çeşitli metal iyonlarıyla kompleks yaptığı bilinen 1,10-fenantrolinin bir ekstraksiyon ayırıcı olarak kullanımına, daha az karmaşık olduğu bilinmesine rağmen, daha az önem gösterilmiştir. (Shcilt 1969) Demir (II), bakır (I) ve çinkonun çeşitli tuzlarının fenantrolin kompleksleri çalışılmıştır. Solvent ekstraksiyonu ile eser miktarda, sudaki çinko ve demir miktarını belirlemek için, ekstraksiyon reaktifi olarak 1,10-fenantrolin kullanılmıştır (Shcilt ve ark.).

Sıvı-sıvı ekstraksiyon ile Cu (II) iyonunun klorür ortamındaki ekstraksiyon davranışı hidrofobik iyonik sıvılarla 1,10-fenantrolin kullanarak araştırılmıştır (Nurul ve ark.). Özellikle, metal iyonlarının spesifik ve etkili moleküler tanınmasını sağlayabilen yeni makrosiklik kimyasal yapıların tasarımı, (Zolotov ve ark.) analitik kimya ve ayırma biliminin geniş alanları için hayati önem taşımaktadır ve birçok makrosiklik sistemler çözücü ekstraksiyonu ve bulk membran sistemleriyle taşınım çalışmalarında geçiş metal iyonları için seçici taşıyıcı / iyonofor olarak kullanılmıştır.

Makrosiklik ligandlar söz konusu olduğunda, metal iyon ile ligandın halka boşluğu arasındaki boyut uyumu, tercihli bağlanma ve tanınmayı tahmin etmek ve değerlendirmek operasyonel bir kriterdir.

Makrosiklik kimyanın geliştirilmesinde önemli bir husus, uygun makrosiklik ligand üzerine, makrosikliğin esnekliğini değiştirerek veya bağlama yerlerinin niteliği ve

"sert-yumuşak" doğasının değişimiyle, hedef substrat ile çok yüksek derecede bir "konak-konuk"(host-guest) etkileşimi sağlamaktır.

Nötral taşıyıcı olan crown eterlerin 1 ve 2. grup metal iyonlarıyla kompleksleşme yeteneğinden dolayı, alkali ve toprak alkali metal katyonların seçici ayrılması için, PVC temelli iyon seçici elektrotlar (ISEs) kullanılmıştır (Zolotov ve ark., Izatt ve ark., Bühlmann ve ark.).

Magnezyum tuzları, 1,10-fenantrolin ve tartarik asit ile selüloz fiberin kimyasal modifikasyonu gerçekleştirilmiş ve modifiye selüloz destekli sıvı membranlarla karbonat, sülfat ve nitrat iyonlarının transferi gerçekleştirilmiştir (Gaikwad).

Suda  $Fe^{+2}/Fe^{+3}$  türlerinin doğrudan tayini için 1,10-fenantrolin içeren polieter sulfon (PES) membran sensörler hazırlanmıştır (Mujawar ve ark.).

Bazı 1,10-fenantrolin içeren ligandlar,  $Li^{+}$  iyonunun ekstraksiyonunda ve membran ile taşınmasında uygun iyon taşıyıcıları olarak kullanılmıştır (Ooi ve ark., Tsukube ve ark.). Makrosiklik bir ligandın bir parçası olarak 1,10-fenantrolin gibi sert heterosiklik moleküllerin varlığının, düşük değerli metal komplekslerini stabilize ettiği ve metal merkezindeki koordinasyon geometrisi üzerinde belirgin bir etkiye sahip olduğu gösterilmiştir (Contu ve ark., Sobhia ve ark., Mckee ve ark. Lai ve ark.). Dahası, kullanılan taşıyıcılar henüz ticari olarak temin edilemese de, nispeten temiz ve kolay sentezlerle birlikte belirgin seçici davranışları (Blake ve ark.) yakın gelecekteki kapsamlı uygulamalar için umut verici olabileceği düşünülmektedir.

1,10-fenantrolin alt birimini içeren spesifik iyon taşıyıcıları olarak azo-tiyoeeter crownlar ile  $Ag^{+}$  iyonlarının SLM sistemi ile yüksek verimli ve seçici taşınımı gerçekleştirilmiştir (Shampsipur ve ark.).

## 2.1. Membranların Tanımı ve Sınıflandırılması

Membranlar, bazı türlerin ayırmasının ve taşınmasının seçici bir biçimde gerçekleştiren yarı geçirgen bariyer olarak tanımlanmaktadır. Membranlardan ayırma işlemi fiziksel ve kimyasal özelliklere bağlı olup birçok sürücü kuvvetle gerçekleşir.

Ayrıca membranlar,

- Katı membranlar
- Sıvı membranlar
- Gaz membranlar olarak sınıflandırılır. (Arslan)

## 2.2. Membranların Ayırma Prosesleri

Membran ayırma farklı bileşenlerin yapı ve durumlarına göre sınıflandırılır ve bunların en yaygın kullanılanları; ters osmoz (TO), nanofiltrasyon (NF), ultrafiltrasyon (UF) ve mikrofiltrasyon (MF) dir.

Membran ayırma prosesleri süzüntü bileşenleri ve ayırma membran materyali arasındaki fiziksel ve kimyasal etkileşimlere bağlıdır. Bunlara ilaveten basınç farkları, kimyasal potansiyel farkı, elektriksel potansiyel farkı ve sıcaklık farkları gibi parametrelerin birleşimlerinin bir ya da birkaçının meydana getirdiği sürücü kuvvetle gerçekleşmektedir.

Membranlar gözenekli ve gözeneksiz olarak 2 gruba ayrılır. Bu membranların ayırma işlemleri gözenekli membranlarda yük, boyut, şekil ayırımlarına göre, gözeneksiz membranlarda ise difüzyon ve sorpsiyon modellerine göre gerçekleştirilir (Arslan).

Gözenekli membranlar, mikrofiltrasyon (MF) ve ultrafiltrasyon (UF) da kullanılır. Büyük gözenekli (>50nm), orta gözenekli (2nm-50 nm), küçük gözenekli (<2nm) boyutlarındadır. Gözeneksiz membranlar, nanofiltrasyon (NF) ve ters osmoz (RO) da kullanılır. (Arslan)

### 2.2.1. Mikrofiltrasyon

Mikrofiltrasyon, atık su, meyve suyu, protein ve bakteri ayırımı gibi çeşitli uygulamalar için yaygın olarak kullanılan membran prosesidir. Mikrofiltrasyon 0,1–10 µm aralığında gözenek boyutlarına sahip eleme prensibine dayanır. Hem polimerik hem de seramik membranlarda çeşitli endüstrilerin mikrofiltrasyon membran proses bazlı uygulamalarında kullanılmaktadır (Randeep ve ark.).

Mikrofiltrasyon membranlar seçilirken, membran mekanik gücü, sıcaklığa dayanıklılığı, membran kimyasal uyumluluğu, hidrofobiklik ve geçirgenlik gibi özellikler dikkate alınmalıdır (Url-1).

Ayırma mekanizmaları, boyut farklılığına dayanmaktadır. Mikrofiltrasyonda membran dirençleri düşüktür. Bu yüzden basınç farkları 0-2 bar arasındaki basınç farkı ile iletilir. Mikrofiltrasyonda akım membran yüzeyine uygulandığından zamanla membran yüzeyinde direnç artmaktadır. Bu da mikrofiltrasyonda meydana gelen en büyük problemlerdendir (Singh, 1998, Fried, 2003, Cheremisinof, 2002, Koyuncu, 2001, Kaya, 2007).

### 2.2.2. Ultrafiltrasyon

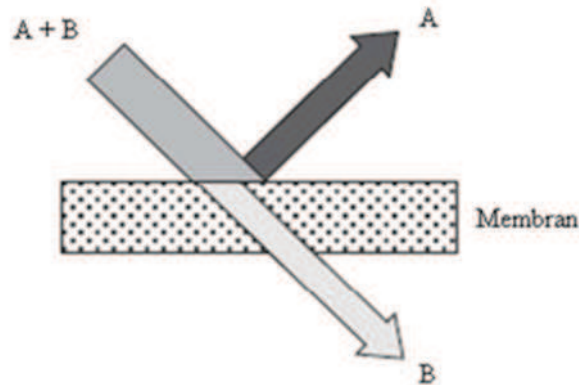
Ultrafiltrasyon (UF), su arıtımı için yaygın kullanılan ayırma yöntemlerinden biridir ve yüksek molekül ağırlıklı maddeleri (proteinler gibi) kirli sudan etkili bir şekilde ayırabilir. Temel olarak, iyi sabit, yüksek ayırma verimliliği, düşük çalışma basıncı ve düşük çalışma sıcaklığı gibi özelliklerden oluşur. Yüksek verimli UF proseslerinin, esas olarak gözenek yapısı ve UF membranının yüzey özellikleri tarafından etkilenen yüksek akı, yüksek reddetme oranı ve üstün kirlenme önleyici özelliklere sahip olması gerektiği iyi bilinmektedir. Membran performansını etkileyen en önemli faktör, membran materyalinin kendisidir (Yifeng H. ve ark.).



### 2.2.3. Nanofiltrasyon

Nanofiltrasyon (NF), bir sıvı çözeltilerden inorganik ve organik birleşiklerin uzaklaştırılmasında kullanılan basınçla çalışan bir membran prosesisidir. Su arıtma ve su yumuşatma için ters osmoz (RO) sisteminin bir çeşidi olarak, NF kurulumu ilk olarak 1970'lerde başlayıp 1980'lerde son bulmuştur. NF membranları tipik olarak RO membranlarından daha gevşek bir yapıya sahip olup ve nispeten düşük işletme basıncı ve düşük bakım maliyeti gerektirirken, yüksek geçirgenlik akısı ve çok değerlikli tuzlara ve büyük organik moleküllere ( $MW > 300$ ) karşı reddetme sağlar.

Günümüzde NF, su arıtma, petrol işleme, organik birleşik geri kazanımı ve gıda endüstrileri gibi çeşitli uygulamalarda yaygın olarak kullanılmaktadır (Yifeng H. ve ark.).



Şekil 2.1. Gözenekli membran (Cui ve ark.)



Şekil 2.2. Farklı boyutlara göre ayırma (Cui ve ark.)

### 2.3. Membran Materyal

Membranlar çok sayıda malzemeden üretilirler. Üretildikleri malzemeye bağlı olarak gruplara ayrılırlar. Biyolojik ve sentetik membranlar olarak iki gruptan oluşur. Sentetik membranlar ise iki grupta incelenir, organik (polimerik) ve inorganik (seramik ve metalik) membranlardır. Organik membranlar, çeşitli polimerlerden oluşur bunların birçoğu selüloz asetat (CA), poliamid (PA), kauçuk (polisoprin), polisulfon (PS), polipropilen (PP), polistiren (PS) ve politetrafloroetilen (teflon) poliviniliden florür (PVDF) ve polieter sülfon (PES) dur.

Polimerik membranlar, düşük üretim maliyeti, üretim kolaylığı, polimer esnekliği, polimer dayanıklılığı, geniş pH ve sıcaklık aralığında çalışma, kimyasal ve asitlerin aşındırıcılıklarına karşı dayanıklı olması, homojen ve dar gözenek dağılımına sahip olması gibi özelliklerine göre üretimi yapılır ve membran verimini bu özellikler etkiler (CUI F. ve ark.).

İnorganik membranlar, karbon, seramik, silika, zeolit, alüminyum, titanyum ve zirkonyum oksit, gümüş ve alaşımlarından üretilmiş membranlardır. Bu membranlar yüksek sıcaklık aralıklarında (300- 1000 °C) işletilebilir. İnorganik membranlar kimyasal ayrışmaya karşı dirençlidir. Bu membranların dezavantajı ise günümüzde halen yüksek üretim maliyetine sahip olmasıdır (Arslan).

### 2.4. Membran Kirlenmesi

Membran kirlenmesi, gözenekler içerisinde veya membran yüzeyinde birikmiş partiküller tortulardan meydana gelir ve bu tortular su geçirgenliğini azaltır. Kirlenme sonucunda membran performans kaybı meydana gelir. Farklı membran kirlenme mekanizması ile membranda kirlenme olmaktadır. Bunlar membranda kek oluşumu, jel ve biyofilm oluşumu, membran gözeneklerinin tıkanması, konsantrasyon polarizasyonu ve adsorpsiyondur.

Kolloidal yapılı partiküller kirlenme tabakası meydana getirir. Makromoleküller membranlarda ise kek ya da jel şeklinde kirlenme meydana getirirler. Kirlenme sonucu oluşan pH ve konsatrasyonda meydana gelen değişmelerden dolayı membran üzerinde tuz ve oksitler oluşur. Oluşan partiküller membran gözenek boyutlarından daha büyük olduğu zaman tamamen gözenek tıkanır ve bunun sonucunda membran gözenekleri tamamıyla bloke olur (Arslan).

#### 2.4.1. Membran hazırlanmasında kullanılan malzeme ve metotlar

Bir membran malzemesi için gerekli polimerin seçimi spesifik özellikler, avantaj ve dezavantajları dikkate alınarak seçilmektedir. PVC ve CTA, PIM' lerde hala en yaygın olarak kullanılan polimerlerdir. Bu membranlar organik çözücü içinde çözündüklerinden, ince film tabakası şeklinde hazırlanır. Bu polimerler yüksek mekanik mukavemet sağlar ve çoğu taşıyıcı ile uyumludur. Türlerin bağlanması için sorumlu ekstraktant içerir, ekstraktantlar ise kompleks oluşumunu sağlar. Bazı ekstraktantlar, plastikleştirme özelliklerine sahiptir. PIM esnekliğini arttırmak ve ekstrakte edilen türlerin membran sıvı fazında daha çözünür olmasını sağlamak için membran bileşimine ilave plastikleştirici veya modifiye edici eklenebilir. PIM bütün bileşenleri genellikle spesifik bir yüzeye veya cam plaka üzerine dökülür. Membran yapımında ise farklı yapı ve özellikte malzemeler kullanılmaktadır. Tablo 2.1.'de polimerik membran yapımında kullanılan bazı maddeler verilmiştir.

Tablo 2.1. Polimerik membran yapımında kullanılan bazı maddeler (Yıldız)

Karbon	Sülfolanmış polisülfon	Polistiren
Silikon	Polikarbonat	Polimetilmetakrilat
Akrilikler	Poliakrilonitril	Polivinilklorür
Naylon 6	Polialkilsülfon	Polieteramid
Naylon 6,6	Polipropilen	Polieterüre
Aromatik poliamid	Polifuran	Polivinilidendiflorid
Sülfolanmış polistiren	Polialkilsülfon	Zirkonya
Sülfolanmış polifenilenoksit	Polieterimid	Paslanmaz çelik
Selüloz asetat	Selüloz nitrat	Hidrofilik poliolefinler

### 2.4.2. Taşıyıcılar

Taşıyıcılar PIM'lerde bir kompleks yapıcı ajan veya bir iyon değiştiricidir. Membrandan metal iyonlarının geçişlerini hızlandırır. İyi bilinen solvent ekstraksiyonu reaktifleri olan bazik, asidik çözücüler, kompleksleştiriciler, makromoleküler taşıyıcılar PIM içerisinde kullanılmıştır.

Polimerik membran araştırmalarının ana amacı: solvent ekstraksiyon sisteminin seçiciliğini arttırıp membran akısında ve ekstraksiyon veriminde maksimumu yakalamaktır.

PIM ve SLM'lerde asıl olay geçiştir. Geçiş sonucu oluşan kompleks, taşıyıcı maddenin ve taşınan maddenin fizikokimyasal özelliklerinden etkilenebilir. Taşıyıcının fizikokimyasal özelliklerinde birçok farklılık ve çeşitlilik vardır ve bu yüzden önemlidir. Membran fazının kimyasal bileşime etkisi azdır. PIM araştırmalarında kullanılan taşıyıcılar ve özellikleri tabloda verilmiştir.

Bazik taşıyıcılar, yüksek moleköl kütleli aminleri içerir. Bazik taşıyıcılar ağır metallerin ekstraksiyonu ve taşınmasında kullanılmıştır (CUI F. ve ark., Nazarenko A.Y ve ark., Nghiem ve ark., Kozłowski C. ve ark.).

Tablo 2.2. Taşıyıcılar (Ngheim ve ark.)

Taşıyıcının Türü	Hedef Tür	Polimer/Plastikleştirici
Bazik/ Piridin ve Türevleri	Ag(I), Cr(VI), Zn(II), Cd(II)	TDPNO
Bazik/ Ters Aminler	Cr(VI), Zn(II), Cd(II), Pb(II)	TOA, tri alkilamin
Bazik/ Kuarterner Aminler	Au(III), Cd(II), Cu(II), Pt(II), Cr(VI), Pd(II), laktik asit, aminoasitler, küçük sakkaritler	Aliquat 336
Asidik/ Hidroksikinolin	Cd(II), Pb(II)	Kelex 100
Asidik/ Hidroksioksimler	Cu(II)	LIX 84-I

Tablo 2.2. (Devamı)

Şelat/ B-Diketonlar	Sc(III), La(III), Lu(III), Er(III), Tb(III), Sm(III), Pr(III), Y(III)	Benzolaseton, dibenzolaseton,benzoltrifloraseton
Asit/ Karboksilikasitler	Pb(II), Cu(II), Cd(II)	Laurik asit, Lasolit A
Asit/ Alikil fosforikasitler	Pb(II), Ag(I), Hg(II), Cd(II), Zn(II), Ni(II), Fe(III), Cu(II)	D2EHPA, D2EHDTPA
Nötral/ Fosforik asit esteri	U(VI)	TBP
Nötral/ Fosfonik asit esteri	As(V)	DBBP
Çözücü	Pb(II), Ce(III), Cs <sup>+</sup> , Sr(II)	CMPO, TODGA, TOPO, polietilen glikol
Makrosiklik/Makromoleküler Krowner/Kaliksarenler	Na <sup>+</sup> , K <sup>+</sup> , Li <sup>+</sup> , Cs <sup>+</sup> , Ba(II), Sr(II), Pb(II), Cu(II), Co(II), Ni(II), Zn(II), Ag(I), Au(III), Cd(II), Pikrat	DC18C6, BuDC18C6
Diğerleri	Lantanitler	Bathofenantralin, batocupraïne

### 2.4.3. Plastikleştiriciler

PIM’de temel molekül zincirleri çekici güçlerin çeşitli türdeki kombinasyonu ile birlikte tutunur. PIM’lerin aralarındaki moleküllerin polar merkezlerinde meydana gelen güçlü polar etkileşimleri spesifik değildir ve daha güçlüdür. Bu polar etkileşimlerin yanında aynı şekilde spesifik olmayan çok miktarda zayıf Van Der Walls kuvvetleri içerir. Plastikleştiriciler membranın yumuşaklığını ve esnekliğini arttırmanın yanında metal türlerinin akısını da arttırırlar.

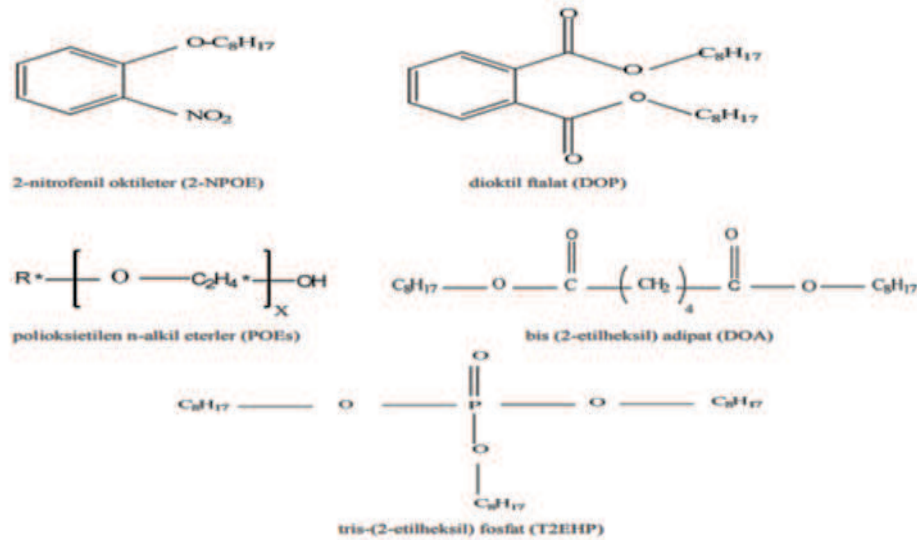
PIM araştırmalarındaki plastikleştiricinin rolü; polimer molekülleri arasına nüfuz ederek moleküller arası mesafeyi arttırarak moleküller arası kuvveti azaltır. Ayrıca polimer moleküllerinin polar gruplarını nötralize eder. Piyasada ticari olarak bir çok plastikleştirici kullanılmasına karşın 2-nitrofeniloktiletler (2-NPOE) ve 2-nitrofenilpentiletler (2-NPPE) çoğunlukla kullanılan plastikleştiricilerdir. Şekil 2.1. de görüldüğü gibi plastikleştiriciler hidrofil alkil ve çözücü polar gruplar içeren organik bileşiklerdir (Bhattacharyya, A ve ark., Tor A. ve ark.).

PIM araştırmalarındaki plastikleştiriciler, ana polimer ile uyumlu, vizkozitesi, dipol momenti, dielektrik sabiti, buharlaşma sıcaklığı, toksikliği az ve dūřuk fiyata sahiptir (Saf, A ve ark.).

PIM'de plastikleştirici konsantrasyonu önemli rol oynar. Plastikleřtiricinin konsantrasyon değişimi hem plastikleştirici hem de polimere bağlıdır. Aşırı plastikleştirici konsantrasyonu, metal iyonlarının geçişi sırasında ek bir bariyer oluşturduğundan sulu faz/membran yūzeyinde taşınmayı zorlaştırmaktadır (Suguiira, 1992).

Aşırı plastikleştirici, membranın mekanik mukavemetini önemli derecede azaltır. Plastikleştiricinin ana polimer ile uyumluluğu ve uygun konsantrasyonda geçiş artar.

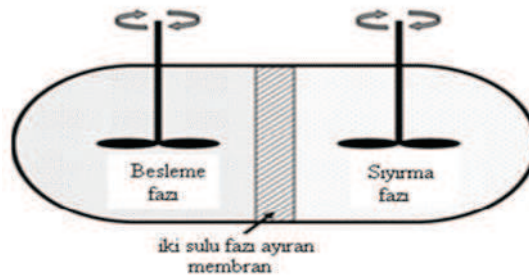
Geniř konsantrasyon aralıęı dikkate alındıęında, plastikleřtirici konsantrasyonu optimum olduęu zaman, maksimum metal iyon akısı meydana gelmektedir. Plastikleřtirici ilavesi genellikle dūřuk Tg aralıęı ve dūřuk vizkozite bir ortamda gerçekleřir (Nghiem ve ark. 2006).



şekil 2.3. Bazı Plastikleştirici Yapıları (Nghiem ve ark.)

## 2.5. PIM ile Ekstraksiyon ve Taşınım

Polimer içerikli membranlar ile yapılan araştırmalar laboratuvar düzeyindedir. Deneyle PIM kullanılarak ve farklı zaman aralıklarında numuneler alınarak gerçekleştirilmiştir. PIM’de SLM ‘ye benzer iki bölmeli taşınım hücrelerinde deneyle gerçekleşir. Taşınım süreçleri taşıyıcı türlerinin tümü için benzer durumdadır. Çözünenin taşınımı, besleme ve sıyırma bölmeleri ile uygun iyonik bir bileşim ile gerçekleşir. Farklı kompleks mekanizmalarından dolayı, besleme ve sıyırma fazlarında taşıyıcının türü ile ilgili olarak taşınım özellikleri ve iyonik bileşim seçimleri büyük ölçüde birbirinden farklıdır. Şekil.2.2.’de PIM ve SLM gösterimi (Nghiem ve ark., 2006).



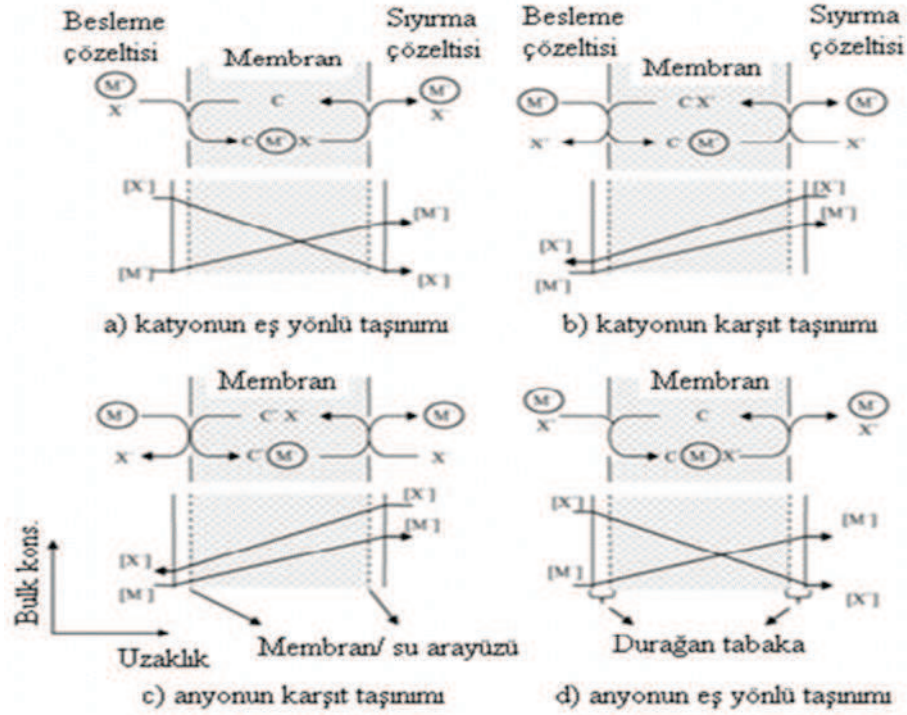
Şekil 2.4. PIM ve SLM gösterimi (Ngheim ve ark.)

### 2.5.1. Taşınım mekanizmaları

Arayüzey taşınım mekanizmaları, PIM ve SLM’lerde hedef çözünenin taşınımı birbirlerini ayıran membranlar ile, sıvı çözeltiler arasındaki seçici taşınım ile gerçekleştirilir (Sastre, A.M ve ark.). Taşınım iki arayüz boyunca iki farklı süreçten meydana gelmektedir, hedef çözünenin taşınımı ve membran boyunca difüzyonudur. İki membran için ilk süreç benzerlik taşıır. PIM’lerde SLM’lere göre ayırt edici özellikler, morfolojisi ve bileşimidir. Kütle difüzyon mekanizmaları, membran fazı içinde büyük farklılıklar gösterir. Bu yüzden, genel taşınım mekanizmaları PIM ve SLM’lerde benzerlik göstermez.

Membran faz içinde, besleme çözeltilisindeki hedef çözünenin toplam analitik konsantrasyonu, sıyırma çözeltilisi ile karşılaştırıldığında daha düşük olmasının aksine,

membran taşınımı boyunca itici kuvvet, iyon çifti konsantrasyon farkı veya hedef çözünen/taşıyıcı kompleksinin farklı olmasından kaynaklanır (Bloch ve ark.).



Şekil 2.5. Taşınım mekanizmaları (Ngheim ve ark.)

### 2.5.2. Bulk taşınım mekanizmaları

İki çözelti- membran arayüzü boyunca, besleme fazından sıyırma fazına kolaylaştırılmış taşınım gerçekleşir. Bu taşınımın ilave olarak bulk (kütlesel) membran boyunca taşıyıcı/hedef kompleks difüzyonu içermektedir. Bulk (kütlesel) sıvı membranda, membran içinde serbestçe dolaşan taşıyıcı, mekik görevindedir (Cussler, E.L ve ark.1991). Kolaylaştırılmış taşınım ise, polimerik omurga yapısına bağlı reaktif fonksiyonel grubunun kovalent bağ ile bağlı olduğu diğer membran türlerinde meydana gelir. (Scindia ve ark.) Bunun sonucunda, taşıyıcı harekete geçer ve hedef çözünen bulk difüzyonu reaktif alanlar arasındaki yer değiştirdiği varsayılabilir. Bunun sonucunda PIM'lerde SLM'lere kıyasla, bulk (kütlesel) difüzyon süreçleri, diğer sıvı membran türlerinden farklılık gösterebilir (Cussler, E.L ve ark.1991-1989).



### 2.5.3. PIM araştırmalarının geleceği

Taşınım olayları biręok yazar tarafından incelenerek ve membran özellikleri ile ilişkilendirildiğinde PIM'lerin taşınım olayı, seğiciliği, stabilitesine etki eden faktörler daha yoğun bir şekilde anlaşılmıştır. Besleme ve sıyırma fazlarını oluşturan PIM'lerin performansına etki eden faktörler, destek polimer, membran bileşimi, membran morfolojisi, taşıyıcı ve plastikleştiricilerin özellikleri, sulu zltilerin kimyasını oluşturur.

Membran oluşumu için üç ana bileşen, polimer, plastikleştirici ve taşıyıcı ile membran bileşimi için denge sağlanmış olmalıdır. Taşıyıcı, hedef znen taşınımı için gereklidir fakat fazla miktarda taşıyıcı, taşıyıcı kümelenmesi ve sızıntıya yol açabilir. Plastikleştici miktarı da büyük bir önem taşır, fazla miktar plastikleştirici membrandan taşar ve az miktarda plastikleştirici ise çok düşük bir geçirgenliğe sebep olabilir.

Bugüne kadar yapılmış olan PIM araştırmalarında az sayıda plastikleştirici ve taşıyıcı kullanılmıştır. Plastikleştiriciler düşük maliyete sebep olması ve endüstriyel uygulamalarda kolaylık sağlamasından dolayı tercih sebebi olmuştur. PIM araştırmalarında ise, CTA veya PVC polimerleri ile büyük çoğunluğunda kullanılmıştır. Gelecekte piyasada kullanılması planlanan destek polimer, taşıyıcı ve plastikleştirici sayılarında artış beklenmektedir.

PIM'lerin diğer sıvı membran türleri ile karşılaştırıldığında üstünlüğü, endüstriyel uygulamalarda ve uygulama bakımından yeterli geçirgenliği göz önüne alındığında, SLM'ler ile birlikte yapılan çalışmalarda düşüş beklenebilir, bunun yanında PIM ile ilgili çalışmalara ilgi artacağından, pratik uygulamalar ortaya çıkabilir (Cussler ve ark.). Gerçekte PIM'ler ile ilgili makalelerde artış görülmüştür.

PIM sistemleri gelecekte, gıda işleme teknolojilerinde, biyoteknolojide, değerli metallerin geri kazanılmasında, atık suların çevresel temizlenmesinde önemli bir takım rollere sahip olacağını düşünmekteyiz. PIM'lerin çok sayıda katyon ve

anyonun seçici olarak ekstraksiyonu ve geri kazanımı için faydalı olduğu ve geleneksel çözücü ekstraksiyonu ve iyon değiştirme işlemlerinin ekstraksiyon özelliklerini taklit ettiği, ancak ekstraksiyon ve geri ekstraksiyonun tek bir aşamada elde edilebilme avantajına sahip olduğu gösterilmiştir (M. Ines ve ark.).

## **2.6. Membran Karakterizasyonu**

### **2.6.1. Membran morfolojisi**

Polimer içerikli membranların, membran taşınım verimliliğini etkileyen bir faktör, membran malzemelerinin mikro yapıları olup bunlar polimer matrisi içinde taşıyıcının dağılımını belirler. Yüzey karakterizasyonun belirlenmesinde bazı teknikler taramalı elektron mikroskobu (SEM) ve atomik kuvvet mikroskopisi (AFM) çok sık kullanılır. SEM ve AFM çalışmalarında elde edilmiş sonuçlar, polimer bileşiminin membran morfolojisi üzerindeki etkisini açıkça ortaya çıkarır. PIM cam yüzey üzerine döküldüğünden, membranın cam ve hava kısımlarındaki membran morfolojileri birbirinden büyük farklılıklar gösterir. SEM ve AFM membran iç yapısına ulaşmamızda iyi bir görsellik sunsa da, plastikleştirici ve taşıyıcının dağılımının belirlenmesinde yeterli olmamaktadır.

Ayrıca membran yüzey karakterizasyonunun belirlenmesinde FTIR tekniği de kullanılmaktadır. Tüm bileşiklerin IR spektrumları, optik izomerleri hariç, birbirlerinden farklılık gösterir. Maddenin yapı ve bileşimindeki değişimler, görünür bölge ve mikrodalga arasında yer alan ( $4000-450\text{ cm}^{-1}$  dalga boyu) bu piklerin yer değiştirmelerine sebep olur. Bu yüzden piklerin üst üste binmesi, aynı maddeye ait olduğunu gösterir (Voort).

### 2.6.2. Geçirgenlik

Polimer içerikli membranların, metal iyon taşınım oranı teknolojinin ticarileştirilmesini etkileyen önemli bir faktördür. Günümüz PIM araştırmalarının çoğunluğunda bu parametre ele alınmıştır. Çoğu durumda, PIM'lerin geçirgenlik akısı SLM'lere göre biraz düşüktür. PIM ve SLM'lerde gerçek taşınım mekanizmaları farklılık gösterse de besleme ve sıyırma fazlarındaki taşınım, membran morfolojisi, membran bileşimi, çözelti yapısı ve sıcaklık gibi çoğu faktörün etkisi altında gerçekleşir.

PIM ve SLM'lerde yüzey morfolojisi ve içyapılarında belirgin farklılıklar vardır. Çünkü SLM'ler taşıyıcı ve çözücü ile doyurulmuş gözenekli taşıyıcı katmanından oluşur. Metal iyonları içi sıvı dolu mikro kanallar aracılığı ile taşınmaktadır. Bunun sonucunda, taşınma mevcut yüzey alanı ile kısıtlanır. Bunun tersine, PIM'ler gözeneksizdir ve metal iyon taşınımı için gereken SLM'lerdeki gibi mikro kanal ağına dair yeterince kanıt bulunmamaktadır ve bütün membran taşınımına müsaittir.

PIM'de hedef çözelti difüzyon katsayısı SLM'lere göre düşük olmalarına karşın, bu iki membran türü benzer ekstraksiyon koşulları altında incelendiğinde, PIM'de daha yüksek difüzyon katsayısı değerleri tespit edilmiştir. Bunun sonucunda, taşınım çok daha ince bir membran hazırlanması ile daha iyi bir taşınım gerçekleştirilebilir (Schow ve ark., Kim ve ark.2001, Kim ve ark.2000- Fontas ve ark., Tayeb ve ark, Scindia ve ark.).

Morfolojik parametrelerden membran yüzeyinin pürüzlülüğü önemli bir yer oluşturur. (Wang ve ark.) PIM'in dış yüzeyi besleme çözeltisi ile muamele edildiğinde, metal iyon taşınımında fark edilir düzeyde artışa neden olmuştur. Bunun sonucunda membran yüzey pürüzlülüğü ile metal iyon geçirgenliği arasında olumlu yönde bir ilişki geliştirmiştir. Ancak yüzey pürüzlülüğündeki artış plastikleşiricinin miktarı ile ilişkili olup, membran yüzey pürüzlülüğü membran bileşimi ile ilişkili olabilir (Scindia ve ark., 2005, Kozlowski ve Walkowiak, 2005).

Birçok PIM çalışmaları sonucunda hedef çözeltinin taşınım oranında membran bileşimine mühim bir etkisi vardır. Plastikleştirici konsantrasyonu da taşınım miktarını etkileyen önemli parametrelerdendir.

### 2.6.3. Seçicilik

PIM'lerin uygulama aşamasında seçicilik önemli bir yer kaplar. Çevre uygulamalarında, metal iyonlarının konsantrasyonları, olduğundan daha düşük olabilir ve yüksek seçicilik bunun gibi etkili bir işlem için gerekli olmaktadır. Hidrometalurji uygulamalarında ise, yüksek değerli bir metalin hammadde maliyeti tayin edilmesinde saflık anahtar bir faktördür (Walkowiak ve ark.).

Solvent ekstraksiyon prosesinde, metal iyonları için seçicilik eşdeğer metal komplekslerinin lipofilik farklarına bağlı olmaktadır. Bu yüzden seçicilik düşüktür ve seçiciliğin artırılması için farklı ekstraksiyon fazları gereklidir (Lloyd ve ark.).

PIM ve SLM araştırmalarında yeterli veri olmamasına karşın, solvent ekstraksiyonu çalışmalarında daha yüksek seçicilik sağlanabilir. Kullanılan taşıyıcıların bunlarla aynı kompleks yapma mekanizmasını içeren metal iyonları ile seçicilikleri sınırlanmıştır. Solvent ekstraksiyonu ve PIM ve SLM'deki ekstraksiyonda iki ana farklılığa sahiptir, birincisi ekstraktant fazlalığı ve ikincisi ekstraksiyon ve geri ekstraksiyondur (Aguilar ve ark. – Bloch 1970).

Sonuç olarak seçicilik, PIM ve SLM'lerde yapısal farklılıklar sonucunda deneysel olarak farklılık göstermektedirler. PIM'lerde ise yüksek seçicilik kompleks oluşturma kinetiği ile ilişkilendirilmiştir. PIM'lerdeki taşınım olaylarının daha iyi anlaşılması için, daha fazla araştırmaya ihtiyaç duyulmaktadır.

### 2.6.4. Kararlılık

PIM'in gelişiminde, SLM'lerin ticari uygulamalarda ömrünün düşük olması önemli bir rol oynamıştır. PIM'lerde taşıyıcı, plastikleştirici ve ana membran homojen ince

bir film içerisinde iyi bir şekilde bağlanmıştır. Taşıyıcı, plastikleştirici ve ana membran aralarında kovalent bağ yoktur. Bunlar hidrofobiğe benzer ikincil bağlanma birimi ile bağlıdırlar (van der Waals ve hidrojen bağları). Bu ikincil kuvvetler yüzey gerilimi ve kapiler kuvvetlerden güçlüdür. Bunların sonucunda, PIM'ler SLM'lere göre daha kararlı olmaktadır. SLM'lerin kararlılığı belirlenirken sıvı membranda meydana gelen sızıntı dikkate alınır fakat PIM'lerde ise membran ömürleri akış kararlılığı ile belirlenir. Çoğu PIM çalışmalarında taşıyıcı ve plastikleştirici kaybı meydana gelmemiştir. PIM'ler genel olarak taşıyıcı ve plastikleştirici sızıntılarına karşı bir hayli dayanıklıdırlar (Nghiem ve ark., 2006).

PIM'ler katı ince filmler olmasına karşın, taşıyıcılar yarı sıvı halde kalır nedeni ise besleme ve sıyırma bölümlerde sulu faz ile temas halinde olmasıdır. Bunların sonucunda sudaki çözünürlük ve hidrofobiklik taşıyıcının çözünmesini yöneten en önemli parametrelerdendir.

## **2.6.5. Yüzey karakterizasyonu teknikleri**

### **2.6.5.1. Taramalı elektron mikroskobu (SEM)**

SEM'de görüntü, örnek numune içerisine gönderilen elektron demetini, numuneden yansıması ve yansıyan sinyallerin algılanması prensibine dayanmaktadır. SEM tekniği morfoloji, topografi, boyut ve şekil analizlerinde uygulanır.

Yüzey incelemelerinde örnek numuneye gönderilen hızlandırılmış elektronlar örnek numune tarafından saçılır. Elektron akışının sürekliliği için, incelenecek cismin iletken hale getirilmesi gerekmektedir. İletken hale getirmek için ise 10 nm-1000 nm kalınlığında Altın (Au) ve Palladyum (Pd) ile kaplanması gerekmektedir (Url-2, ergün yenisey 2006).

### 2.6.5.2. Atomik kuvvet mikroskobu (AFM)

AFM, iletken ve yalıtkan yüzeylerde atomların tek tek ayrılmalarını sağlar. AFM cihazı ile ön hazırlığa gerek duymadan doğrudan yüzey görüntüsü elde edilmektedir. Atomik kuvvet mikroskobu, yüzey görüntüsünün üç boyutlu olarak incelenmesini sağlar. Ayrıca yüzey pürüzlülüğünü rakamsal bir şekilde verir. AFM yüzey topografisini angstrom ( $\text{\AA}$ ) derecesinde 100 mikrona ( $\mu$ ) görüntüleyebilir. AFM tekniği, cam, seramik, kompozitler, yapay ve biyolojik zarlar, metaller, yarı iletkenler, ince ve ya kalın film kaplamaları ve polimerde uygulanabilirler (Url-2).

### 2.6.6. Spektroskopik teknikler

#### 2.6.6.1. Fourier dönüşümlü kızılötesi spektroskopisi (FTIR)

FTIR organik bileşikler hakkında geniş bilgiler vermektedir. Optik izomerleri dışında tüm bileşiklerin IR spektrumları birbirinden farklılık gösterir. IR bölgesi görünür bölge ve mikro dalga bölgesi arasında elektromanyetik spektrumda yer almaktadır. IR bölgesi  $4000\text{-}450\text{ cm}^{-1}$  arasındaki dalga boyları arasındadır. FTIR maddenin saf olup olmadığı hakkında bilgi vermez fakat organik madde yapısı ile ilgili doğrudan bilgiler verir.

FTIR akademik ve endüstri alanında geniş uygulama alanına sahiptir. Kimya, biyoloji, eczacılık, gıda, su, çevre, jeoloji, polimer filmler, proteinler, fiberler, tarım, petrol ve düşük molekül kütleli hidrokarbonlar gibi çoğu maddenin analizinde kullanılmaktadır (Url-3).

#### 2.6.6.2. İndüktif eşleşmiş plazma (ICP)

ICP yüksek enerji düzeyinde, elementlerin tayininde kullanılan bir cihazdır. ICP ana prensibi, yüksek derişimde katyon ve yüksek derişimde elektron içeren, elektriksel ortamda iletken olan gaz fazında plazma, atom ve iyonların uyarılması sonucu

yaydıkları emisyonların ölçülmesine dayanır. ICP 27-40 MHz'lik radyofrekans alanı eşleştirilmesi ile elde edilmektedir (Url-4).

### 2.6.7. Ağır metaller

Ağır metal kirliliği tüm dünyaya yayılmış, çevreyi rahatsız eden ve insanlar üzerinde ciddi sağlık tehlikeleri getirmiştir. Bu sorunun temel nedenleri, kentleşme, arazi kullanım şekilleri ve sanayileşmenin hızlı bir şekilde büyümesidir. Sanayi devrimi ve ekonomik küreselleşmeden bu yana, çevresel kirlenici çeşitliliği ve antropojenik kaynaklar ile katlanarak artmıştır. Bu yüzden gıda güvenliğinin çeşitli ve ortaya çıkan sorunları özellikle insan sağlığında küresel endişe haline gelmiştir.

Birkaç tehlikeli ağır metal ve metaloid (Örneğin, As, Pb, Cd ve Hg) metabolik ve diğer biyolojik fonksiyonlar için elzem olmayan olarak sınıflandırılmıştır. Bu metaller çeşitli açılardan zararlıdır ve bu nedenle Amerika Birleşik Devletleri Çevre Koruma Ajansı ve Toksik Maddeler ve Hastalık Kayıt Ajansı (ATSDR) tarafından en tehlikeli 20 madde listesine dahil edilmiştir (Prabhat ve ark. 2019).

Ağır metal kirliliği, yüksek toksisitesi, biyolojik olarak çözünmezliği ve biyolojik zenginleşmesi nedeniyle, insan sağlığını ve ekolojik sistemin istikrarını ciddi şekilde tehdit etmektedir. Aktif ağır metal iyonlarının doğal ortamda immobilizasyonu, uzaklaştırılması ve detoksifikasyonları mikrobiyal aktivitelerle sağlanabilir. Yüksek verimlilik, düşük maliyet ve çevre dostu gibi üstün avantajları nedeniyle, toksik metal atıklarını temizlemek için yüksek verimli biyolojik tekniklerin geliştirilmesi bilim adamlarının dikkatini çekmiştir.

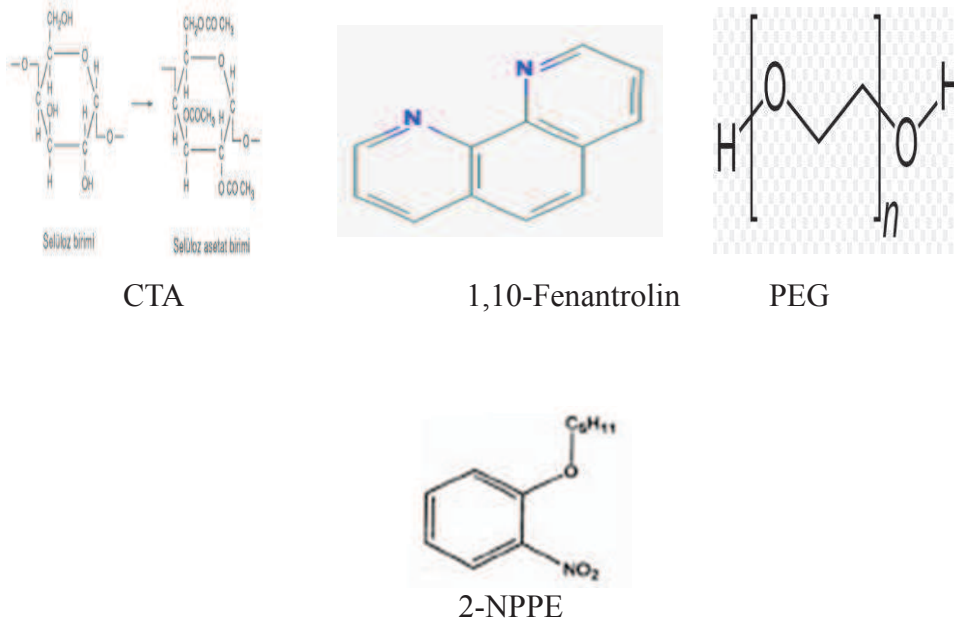
Milyonlarca yıllık evrimden sonra bile bazı mikroorganizmalar ağır metal iyonlarına karşı dirençlidir ve ağır metal kirliliğini neden olabilir. Bununla birlikte, mikrobiyal direnç sistemi ve bunların ağır metal iyonlarına karşı iyileştirme yetenekleri arasındaki ilişki hala belirsizdir (Kun ve ark.).

## BÖLÜM 3. MATERYAL VE METOT

### 3.1. Kullanılan Kimyasallar

Membranı oluşturan, selüloz triasetat (CTA) (Sigma-Aldrich), diklorometan (Merck), 1,10- Fenantrolin (Sigma-Aldrich), polietilen glikol (PEG) (Merck), 2-nitrofenil pentil eter (2-NPPE) (Sigma-Aldrich), besleme çözeltisi  $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  (Merck),  $\text{NiSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  (Merck),  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  (Sigma-Aldrich),  $\text{CdSO}_4 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$  (Sigma-Aldrich) ve amonyum tiyosiyanat ( $\text{NH}_4\text{SCN}$ ) (Scharlau), sıyırma çözeltisi amonyak ( $\text{NH}_3$ ) (Merck), trietanolamin (TEA) (Merck) ve tampon çözelti için sodyum hidroksit  $\text{NaOH}$  (Merck), asetik asit (Merck) kullanılmıştır.

Stok çözeltiler distile su içinde kobalt, nikel, bakır ve kadmiyum tuzlarının çözülmesiyle elde edilmiştir.



Şekil 3.1. Membran bileşiminde kullanılan molekül şekilleri



### 3.2. Polimer İÇerikli Membranın Hazırlaması

Polimer içerikli membran dökme yöntemi ile hazırlanmıştır. Aynı bileşime sahip fakat oranları değiştirilerek beş farklı membran kullanılmıştır.

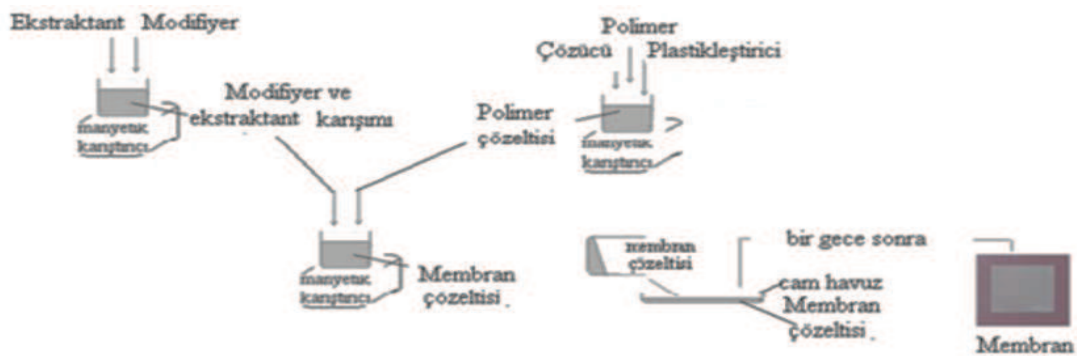
Membran 1 hazırlanışı, birinci beherde CTA (480 mg) oda sıcaklığında 70 mL diklorometan içerisinde çözülmüştür. Bir saat karıştırıldıktan sonra 0.2 mL 2-NPPE ilave edilmiştir. İkinci beherde ise, 440 mg 1,10-fenantrolin, 103,2 mg PEG ve oda sıcaklığında 10 mL diklorometan dört saat mekanik karıştırıcı ile karıştırılmıştır. Beşinci saatin sonunda iki beher birleştirilmiştir. Karışım cam şeklinde kare bir kap içerisine (24 cm x 24 cm) yavaş bir şekilde dökülmüştür. Organik çözücünün buharlaşması için cama dökülen çözelti bir gece süresince oda sıcaklığında bekletilmiştir. Çözücü buharlaştırıldıktan sonra soğuk distile su ile yıkanmıştır. Sonrasında membran kabından çıkarılmıştır.

Membran 2 hazırlanışı, birinci beherde CTA (480 mg) oda sıcaklığında 70 mL diklorometan içerisinde çözülmüştür. Bir saat mekanik karıştırıcı ile karıştırıldıktan sonra 0.2 mL 2-NPPE ilave edilmiştir. İkinci beherde ise, 440 mg 1,10-fenantrolin, 110 mg PEG ve oda sıcaklığında 20 mL diklorometan bir buçuk saat mekanik karıştırıcı ile karıştırılmıştır. Birleştirildikten sonra beş saat karıştırılmıştır. Karışım cam şeklinde kare bir kap içerisine (24 cm x 24 cm) yavaş bir şekilde dökülmüştür. Organik çözücünün buharlaşması için cama dökülen çözelti bir gece süresince oda sıcaklığında bekletilmiştir. Çözücü buharlaştırıldıktan sonra soğuk distile su ile yıkanmıştır. Sonrasında membran kabından çıkarılmıştır.

Membran 3 hazırlanışı, CTA (480 mg) oda sıcaklığında 70 mL diklorometan içerisinde çözülmüştür. İki saat mekanik karıştırıcı ile karıştırıldıktan sonra 0.2 mL 2-NPPE ilave edilmiştir. Bir saat daha karıştırıldıktan sonra, 220 mg 1,10-fenantrolin ilave edildi. Üç saan sonunda 1,10-fenantrolin çözüldükten sonra 200 mg PEG ilave edilmiştir. Karışım cam şeklinde kare bir kap içerisine (24 cm x 24 cm) yavaş bir şekilde dökülmüştür. Organik çözücünün buharlaşması için cama dökülen çözelti bir gece süresince oda sıcaklığında bekletilmiştir. Çözücü buharlaştırıldıktan sonra soğuk distile su ile yıkanmıştır. Sonrasında membran kabından çıkarılmıştır.

Membran 4 hazırlanışı, birinci beherde CTA (480 mg) oda sıcaklığında 70 mL diklorometan içerisinde çözülmüştür. İki saat mekanik karıştırıcı ile karıştırıldıktan sonra 0.2 mL 2-NPPE ilave edilmiştir. İkinci beherde ise, 440 mg 1,10-fenantrolin ve 200 mg PEG ve oda sıcaklığında 10 mL diklorometan üç buçuk saat mekanik karıştırıcı ile karıştırılmıştır. Birleştirildikten sonra iki saat karıştırılmıştır. Karışım cam şeklinde kare bir kap içerisine (24 cm x 24 cm) yavaş bir şekilde dökülmüştür. Organik çözücünün buharlaşması için cama dökülen çözelti bir gece süresince oda sıcaklığında bekletilmiştir. Çözücü buharlaştırıldıktan sonra soğuk distile su ile yıkanmıştır. Sonrasında membran kabından çıkarılmıştır.

Membran 5 hazırlanışı, birinci beherde CTA (480 mg) oda sıcaklığında 70 mL diklorometan içerisinde çözülmüştür. İki saat mekanik karıştırıcı ile karıştırıldıktan sonra 0.2 mL 2-NPPE ilave edilmiştir. İkinci beherde ise, 453 mg 1,10-fenantrolin ve 110 mg PEG ve oda sıcaklığında 30 mL diklorometan yarım saat mekanik karıştırıcı ile karıştırılmıştır. Birleştirildikten sonra on yedi saat karıştırılmıştır. Karışım cam şeklinde kare bir kap içerisine (24 cm x 24 cm) yavaş bir şekilde dökülmüştür. Organik çözücünün buharlaşması için cama dökülen çözelti bir gece süresince oda sıcaklığında bekletilmiştir. Çözücü buharlaştırıldıktan sonra soğuk distile su ile yıkanmıştır. Sonrasında membran kabından çıkarılmıştır.



Şekil 3.2. Polimer içerikli membran hazırlanma şeması (Membran 1,2,4,5) (Yıldız)



Şekil 3.3. Polimer içerikli membran hazırlanma şeması (Membran 3)

### 3.3. Kullanılan Cihazlar

Saatte veya yarım saatte bir, membran sistemindeki besleme ve sıyırma çözeltilerinden yaklaşık 1–2 mL kadar numune alınarak, istenilen kobalt, nikel, bakır ve kadmilyum analizleri için seyreltmeler yapılarak ICP ile (Spectro model) ölçülmüştür.

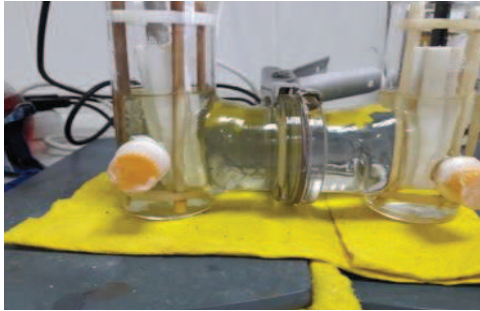
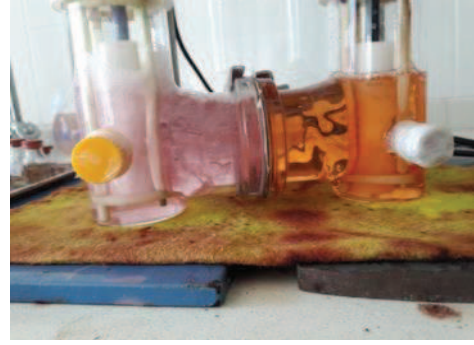
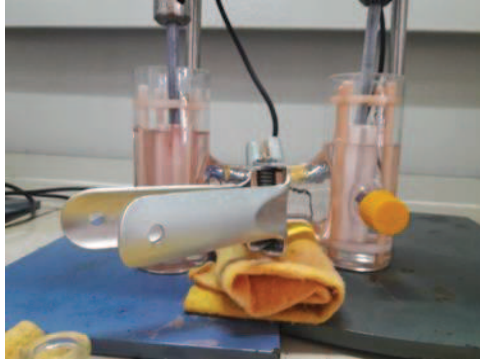
Polimer içerikli membran kalınlığının belirlenmesinde, elde edilmiş olan membran kalınlığı kalibrasyon işlemi sonrası, dijital mikrometre (Salu Tron Combi-D3) ile ölçülmüştür.

Membranın yüzey kalınlığının belirlenmesinde ise; taramalı elektron mikroskobu (SEM) (Jeol), Atomik Kuvvet Mikroskobu (AFM) (Minus K Technology) ve FTIR Spektrofotometresi (Perkim Elmer Spectrum Two Ir) kullanılmıştır.

### 3.4. Deneysel Yöntem

Sıvı membran sistemi ile sıyırma çözeltilisinin, membran içeriğinin uygun seçimi ile bir veya birden fazla bileşiğin (organik maddeler, metal iyonları vs. gibi) uzaklaştırılması, konsantre hale getirilmesi mümkündür.

Kobalt, nikel, bakır ve kadmilyum metallerini içeren; seyreltik sulu çözeltilerinin 1,10 fenantrolin içeren polimer içerikli membran ile, pH, besleme ve sıyırma çözeltilerinin karıştırma hızı değişimleri incelenmiş, ekstraksiyon için uygun şartlar belirlenmiştir.



Şekil 3.4. Ekstraksiyon deneylerinin ilk ve son görüntüleri

## BÖLÜM 4. DENEYSEL BULGULAR VE DEĞERLENDİRME

### 4.1. Membran 1'in, pH 4'te, Karıştırma Hızının Co(II) ve Ni(II) Ekstraksiyonuna Etkisi

Besleme konsantrasyonu Co(II) ve Ni(II) (100 mg/L) ve sıyırma konsantrasyonu 1 M TEA + 1 M NH<sub>3</sub>, ekstraktant cinsi 1,10-fenantrolin (440 mg), plastikleştirici 2-NPPE (0,2 mL), çözücü diklorometan (80 mL), polimer cinsi CTA (480 mg), membran kalınlığı 20 µm ve NH<sub>4</sub>SCN konsantrasyonu 0,5 M kullanılmış ve deney pH'4'te gerçekleştirilmiştir.

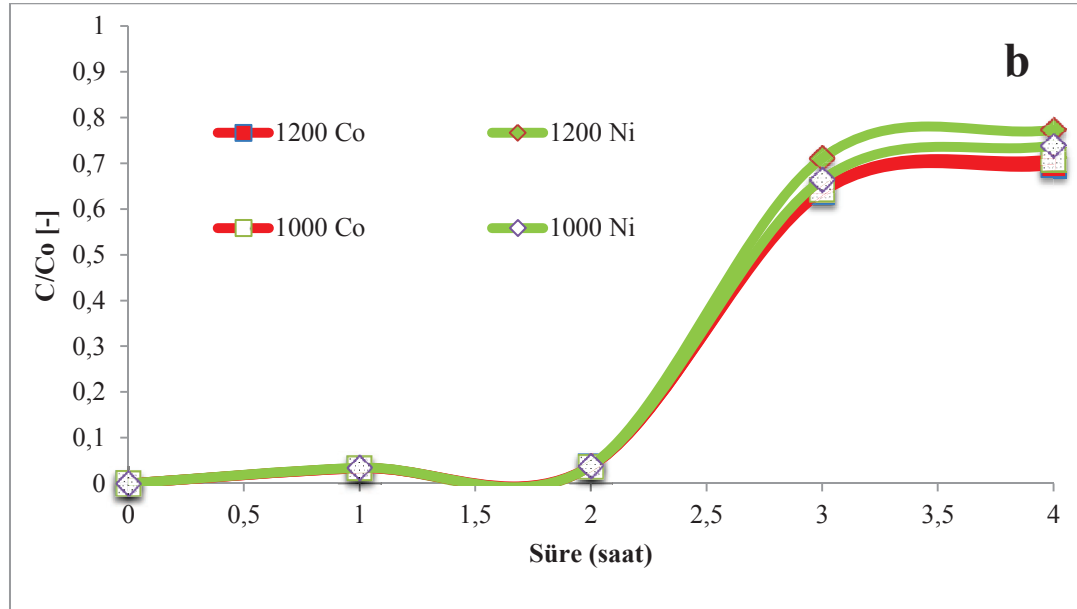
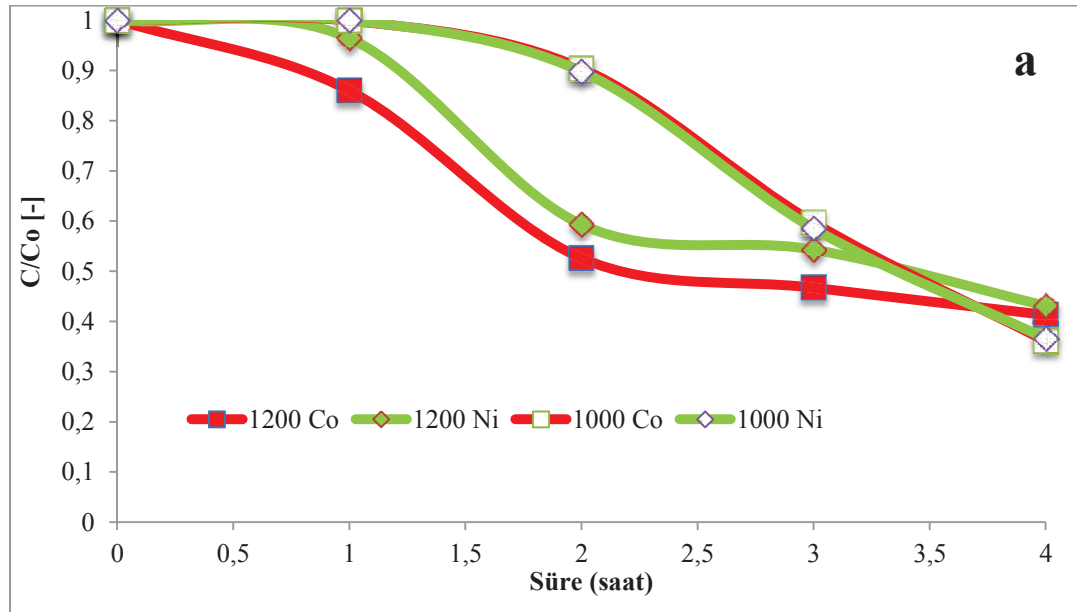
Karıştırma hızlarını 1000 dev/dak ve 1200 dev/dak olarak değiştirerek, farklı karıştırma hızlarının verimleri hesaplanmıştır. Tablo 4.1. ve Şekil 4.1.'de gösterilmiştir.

Tablo 4.1. Membran 1'in, pH 4'te, karıştırma hızının Co(II) ve Ni(II) ekstraksiyonuna etkisi (besleme ve sıyırma): Membran 1 (Ekstraktant Cinsi: 1,10-Fenantrolin (440 mg); Plastikleştirici (2-NPPE): 0,2 mL, Çözücü: Diklorometan (80 mL); Polimer Cinsi: CTA (480 mg); Membran Kalınlığı: 20µm; pH:4; Besleme çözeltisi konsantrasyonu: 100 mg/L, Sıyırma Çözeltisi (1 M TEA + 1 M NH<sub>3</sub> ; Besleme ve sıyırma çözeltisi hacmi: 250 mL; NH<sub>4</sub>SCN konsantrasyonu: 0,5 M)

Süre (Saat)	Karıştırma hızının Co (II) ve Ni (II) ekstraksiyonuna etkisi (Besleme fazı)							
	1200				1000			
	Co		Ni		Co		Ni	
	C,mg/L	C/C <sub>0</sub> (-)	C,mg/L	C/C <sub>0</sub> (-)	C,mg/L	C/C <sub>0</sub> (-)	C,mg/L	C/C <sub>0</sub> (-)
0	98,07	1,000	91,21	1,000	99,3	1,000	95,15	1,000
1	84,35	0,86	87,98	0,964	99,2	0,999	95,34	1,000
2	51,59	0,526	54,17	0,593	89,77	0,904	85,46	0,898
3	45,80	0,467	49,43	0,542	59,26	0,597	55,65	0,585
4	40,54	0,413	39,29	0,431	35,84	0,361	34,79	0,366

Tablo 4.1. Devamı  
Karıştırma hızının Co (II) ve Ni (II) ekstraksiyonuna etkisi (Sıyırma fazı)  
1200 1000

Süre (Saat)	Co		Ni		Co		Ni	
	C,mg/L	C/Co(-)	C,mg/L	C/Co(-)	C,mg/L	C/Co(-)	C,mg/L	C/Co(-)
0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	3,21	0,033	3,19	0,034	3,26	0,033	3,28	0,034
2	3,68	0,038	3,57	0,039	3,64	0,037	3,59	0,038
3	62,47	0,637	64,82	0,711	63,75	0,642	63,13	0,664
4	68,34	0,696	70,48	0,773	70,42	0,709	70,29	0,739



Şekil 4.1. Membran 1'in, pH 4'te, karıştırma hızının Co(II) ve Ni(II) ekstraksiyonuna etkisi (besleme (a) ve sıyırma (b)): Membran 1 (Ekstraktant Cinsi: Fenantrolin (440 mg); Plastikleştirici (2-NPPE): 0,2 mL, Çözücü: Diklorometan (80 mL)); Polimer Cinsi: CTA (480 mg); Membran Kalınlığı: 20µm, Besleme çözeltisi pH:4; Besleme çözeltisi konsantrasyonu: 100 mg/L (1 M NaOH + 1 M CH<sub>3</sub>COOH) ; Sıyırma çözeltisi konsantrasyonu: 1 M NH<sub>3</sub>+1 M TEA; Besleme ve sıyırma çözeltisi hacmi: 250 mL; NH<sub>4</sub>SCN konsantrasyonu: 0,5 M)

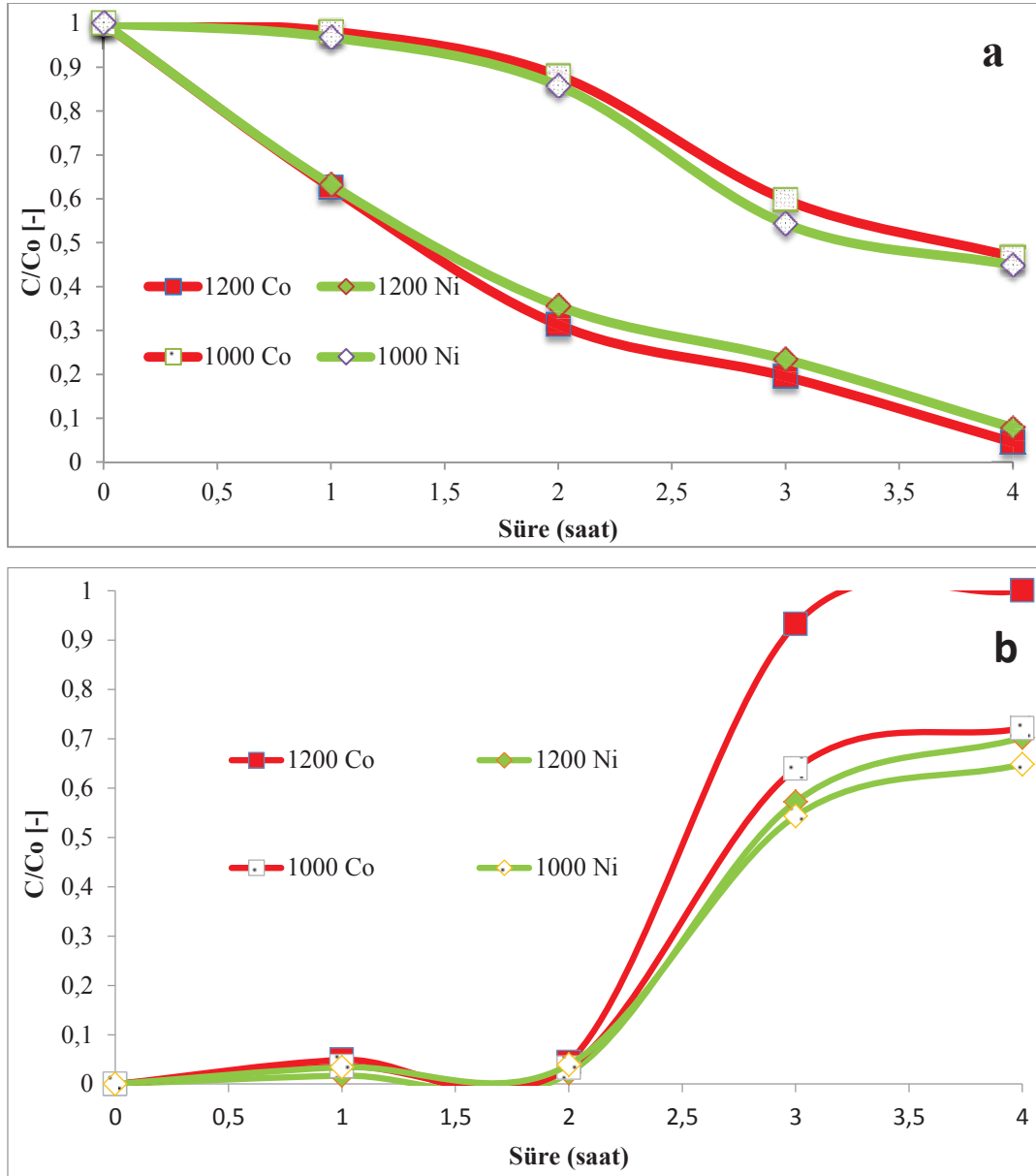
#### 4.2. Membran 1'in, pH 3,5'ta, Karıştırma Hızının Co(II) ve Ni(II) Ekstraksiyonuna Etkisi

Besleme konsantrasyonu Co(II) ve Ni(II) (100 mg/L) ve sıyırma konsantrasyonu 1 M TEA + 1 M NH<sub>3</sub>, ekstraktant cinsi 1,10-fenantrolin (440 mg), plastikleştirici 2-NPPE (0,2 mL), çözücü diklorometan (80 mL), polimer cinsi CTA (480 mg), membran kalınlığı 20 µm ve NH<sub>4</sub>SCN konsantrasyonu 0,5 M kullanılmış ve pH 3,5'ta deney gerçekleştirilmiştir.

Karıştırma hızlarını 1000 dev/dak ve 1200 dev/dak olarak değiştirerek, farklı karıştırma hızlarının verimleri hesaplanmıştır. Tablo 4.2. ve Şekil 4.2.'de gösterilmiştir.

Tablo 4.2. Membran 1'in, pH 3,5'ta, karıştırma hızının Co(II) ve Ni(II) ekstraksiyonuna etkisi (besleme ve sıyırma): Membran 1 (Ekstraktant Cinsi: Fenantrolin (440 mg); Plastikleştirici (2-NPPE): 0,2 mL, Çözücü: Diklorometan (80 mL)); Polimer Cinsi: CTA (480 mg); Membran Kalınlığı: 20µm, Besleme çözeltisi pH:3,5; Besleme çözeltisi konsantrasyonu: 100 mg/L; Sıyırma çözeltisi konsantrasyonu: 1 M NH<sub>3</sub>+1 M; Besleme ve sıyırma çözeltisi hacmi: 250 mL; NH<sub>4</sub>SCN konsantrasyonu: 0,5 M).

Karıştırma hızının Co (II) ve Ni (II) ekstraksiyonuna etkisi (Besleme fazı)								
Süre (Saat)	1200				1000			
	Co		Ni		Co		Ni	
	C,mg/L	C/Co(-)	C,mg/L	C/Co(-)	C,mg/L	C/Co(-)	C,mg/L	C/Co(-)
0	70,03	1,000	107,0	1,000	95,97	1,000	93,41	1,000
1	43,86	0,626	67,68	0,632	94,25	0,982	90,48	0,968
2	21,92	0,313	38,09	0,356	84,59	0,881	80,12	0,858
3	13,65	0,195	25,04	0,234	57,43	0,598	50,75	0,543
4	3,15	0,045	8,35	0,078	44,87	0,468	41,94	0,449
Karıştırma hızının Co (II) ve Ni (II) ekstraksiyonuna etkisi (Sıyırma fazı)								
Süre (Saat)	1200				1000			
	Co		Ni		Co		Ni	
	C,mg/L	C/Co(-)	C,mg/L	C/Co(-)	C,mg/L	C/Co(-)	C,mg/L	C/Co(-)
0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	3,44	0,049	1,87	0,017	3,50	0,036	3,16	0,034
2	3,07	0,044	2,42	0,022	3,19	0,033	3,67	0,039
3	65,28	0,932	61,72	0,572	61,37	0,639	60,58	0,543
4	79,04	1,000	75,78	0,702	69,20	0,721	71,83	0,648



Şekil 4.2. Membran 1'in, pH 3,5'ta, karıştırma hızının Co(II), Ni(II), Cu(II) ve Cd(II) ekstraksiyonuna etkisi (besleme (a) ve sıyırma (b)): Membran 1 (Ekstraktant Cinsi: Fenantrolin (440 mg); Plastikleştirici (2-NPPE): 0,2 mL, Çözücü: Diklorometan (50 mL)); Polimer Cinsi: CTA (480 mg); Membran Kalınlığı: 20µm, Besleme çözeltisi pH:3,5; Sıyırma çözeltisi konsantrasyonu: 1 M NH<sub>3</sub>+1 M TEA; Besleme çözeltisi konsantrasyonu: 100 mg/L;; Besleme ve sıyırma çözeltisi hacmi: 250 mL; NH<sub>4</sub>SCN konsantrasyonu: 0,5 M).

### 4.3. Membran 2'nin, pH 4'te, Karıştırma Hızının Co(II), Ni(II), Cu(II) ve Cd(II) Ekstraksiyonuna Etkisi

Besleme konsantrasyonu Co(II), Ni(II), Cu(II) ve Cd(II) (100 mg/L) ve sıyırma konsantrasyonu 1 M TEA + 1 M NH<sub>3</sub>, ekstraktant cinsi 1,10-fenantrolin (440 mg), plastikleştirici 2-NPPE (0,2 mL), çözücü diklorometan (50 mL), polimer cinsi CTA

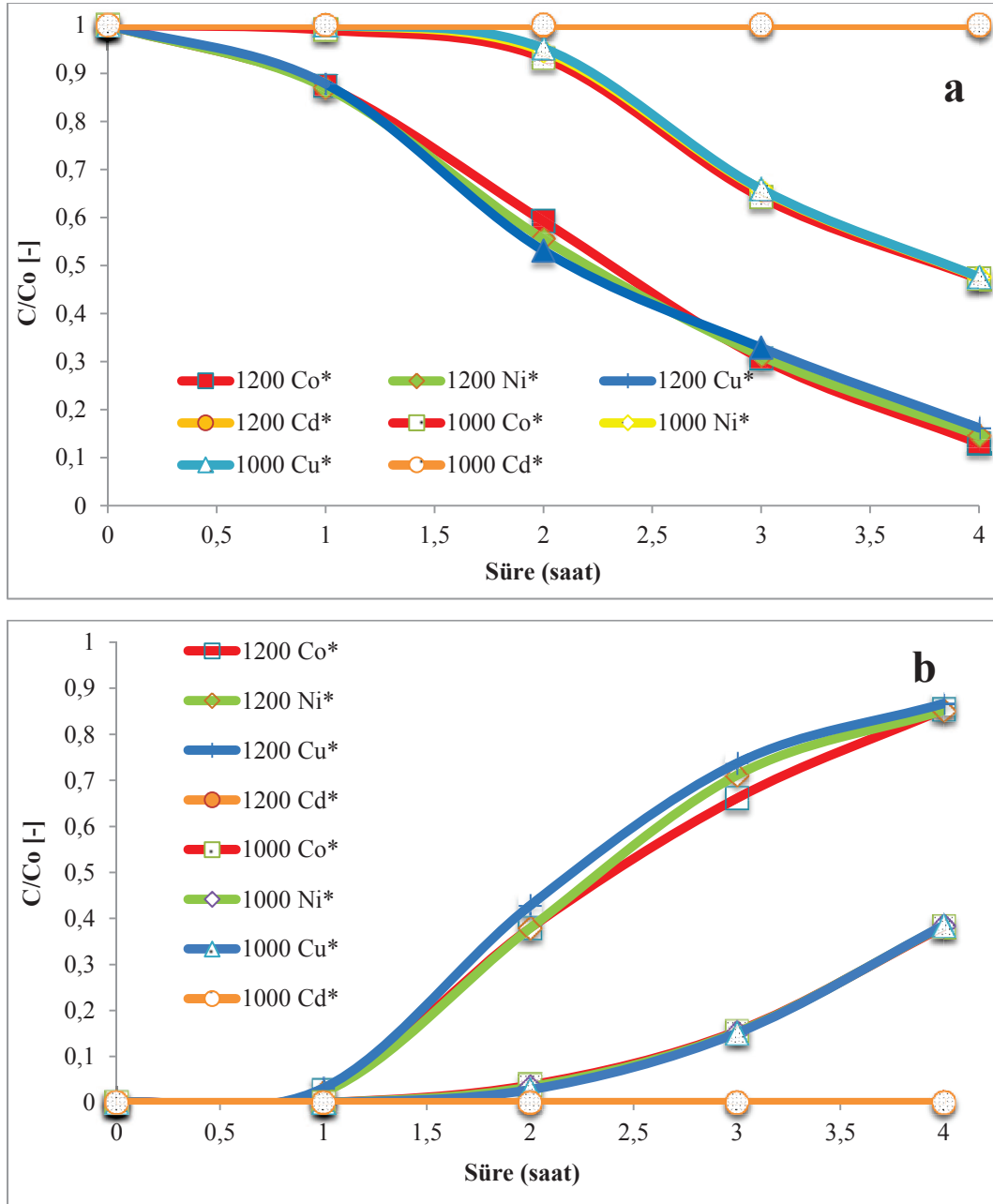


(480 mg), membran kalınlığı 18 µm ve NH<sub>4</sub>SCN konsantrasyonu 0,5 M kullanılmış, pH 4'te ve deney gerçekleştirilmiştir.

Karıştırma hızlarını 1000 dev/dak ve 1200 dev/dak olarak değiştirerek, farklı karıştırma hızlarının verimleri hesaplanmıştır. Tablo 4.3. ve Şekil 4.3.'de gösterilmiştir.

Tablo 4.3. Membran 2'nin, pH 4'te, karıştırma hızının Co(II), Ni(II), Cu(II) ve Cd(II) ekstraksiyonuna etkisi (besleme ve sıyırma): Membran 2 (Ekstraktant Cinsi: Fenantrolin (440 mg); Plastikleştirici (2-NPPE): 0,2 mL, Çözücü: Diklorometan (50 mL)); Polimer Cinsi: CTA (480 mg); Membran Kalınlığı: 18µm, Besleme çözeltisi pH:4; Besleme çözeltisi konsantrasyonu: 100 mg/L (1 M NaOH + 1 M CH<sub>3</sub>COOH); Sıyırma çözeltisi konsantrasyonu: 1 M NH<sub>3</sub>+1 M TEA; Besleme ve sıyırma çözeltisi hacmi: 250 mL; NH<sub>4</sub>SCN konsantrasyonu:0,5M)

Karıştırma hızının Co (II), Ni (II), Cu (II) ve Cd(II) ekstraksiyonuna etkisi (Besleme fazı)								
Süre (Saat)	Co		Ni		Cu		Cd	
	C,mg/L	C/Co(-)	C,mg/L	C/Co(-)	C,mg/L	C/Co(-)	C,mg/L	C/Co(-)
1200								
0	99,8	1,000	99,2	1,000	99,2	1,000	99,2	1,000
1	87,23	0,874	86,30	0,87	87,09	0,878	99,2	1,000
2	59,08	0,592	55,06	0,555	52,67	0,531	99,3	1,000
3	30,54	0,306	30,95	0,312	32,64	0,329	99,4	1,000
4	12,97	0,13	14,48	0,146	16,07	0,162	99,5	1,000
1000								
Süre (Saat)	Co		Ni		Cu		Cd	
	C,mg/L	C/Co(-)	C,mg/L	C/Co(-)	C,mg/L	C/Co(-)	C,mg/L	C/Co(-)
0	99,8	1,000	99,2	1,000	99,2	1,000	99,2	1,000
1	96,51	0,967	96,42	0,972	97,12	0,978	99,2	1,000
2	87,13	0,873	87,39	0,881	87,89	0,886	99,4	1,000
3	55,88	0,560	56,45	0,569	56,94	0,574	99,5	1,000
4	34,83	0,349	34,92	0,352	35,51	0,358	99,7	1,000
Karıştırma hızının Co (II), Ni (II), Cu (II) ve Cd(II) ekstraksiyonuna etkisi (Sıyırma fazı)								
Süre (Saat)	Co		Ni		Cu		Cd	
	C,mg/L	C/Co(-)	C,mg/L	C/Co(-)	C,mg/L	C/Co(-)	C,mg/L	C/Co(-)
1200								
0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	2,695	0,027	2,182	0,022	3,174	0,032	0	0
2	37,82	0,379	37,59	0,379	42,46	0,428	0	0
3	65,97	0,661	70,53	0,711	73,11	0,737	0	0
4	85,23	0,854	84,51	0,852	86,01	0,867	0	0
1000								
Süre (Saat)	Co		Ni		Cu		Cd	
	C,mg/L	C/Co(-)	C,mg/L	C/Co(-)	C,mg/L	C/Co(-)	C,mg/L	C/Co(-)
0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0	0
2	3,792	0,038	3,373	0,034	2,777	0,028	0	0
3	15,47	0,155	15,18	0,153	14,98	0,151	0	0
4	38,12	0,382	38,09	0,384	38,19	0,385	0	0



Şekil 4.3. Membran 2'nin, pH 4'te, karıştırma hızının Co(II), Ni(II), Cu(II) ve Cd(II) ekstraksiyonuna etkisi(besleme (a) ve sıyırma (b)): Membran 2 (Ekstraktant Cinsi: Fenantrolin (440 mg); Plastikleştirici (2-NPPE): 0,2 mL, Çözücü: Diklorometan (50 mL) ; Polimer Cinsi: CTA (480 mg); Membran Kalınlığı: 18 $\mu$ m, Besleme çözeltisi pH:4; Besleme çözeltisi konsantrasyonu: 100 mg/L (1 M NaOH + 1 M CH<sub>3</sub>COOH); Sıyırma çözeltisi konsantrasyonu: 1 M NH<sub>3</sub>+1 M TEA; Besleme ve sıyırma çözeltisi hacmi: 250 mL; NH<sub>4</sub>SCN konsantrasyonu: 0,5 M)

#### 4.4. Membran 2'nin, pH 3,5'ta, Karıştırma Hızının Co(II), Ni(II), Cu(II) ve Cd(II) Ekstraksiyonuna Etkisi

Besleme konsantrasyonu Co(II), Ni(II), Cu(II) ve Cd(II) (100 mg/L) ve sıyırma konsantrasyonu 1 M TEA + 1 M NH<sub>3</sub>, ekstraktant cinsi 1,10-fenantrolin (440 mg), plastikleştirici 2-NPPE (0,2 mL), çözücü diklorometan (50 mL), polimer cinsi CTA (480 mg), membran kalınlığı 18 µm ve NH<sub>4</sub>SCN konsantrasyonu 0,5 M kullanılmış, pH 3,5'ta ve deney gerçekleştirilmiştir.

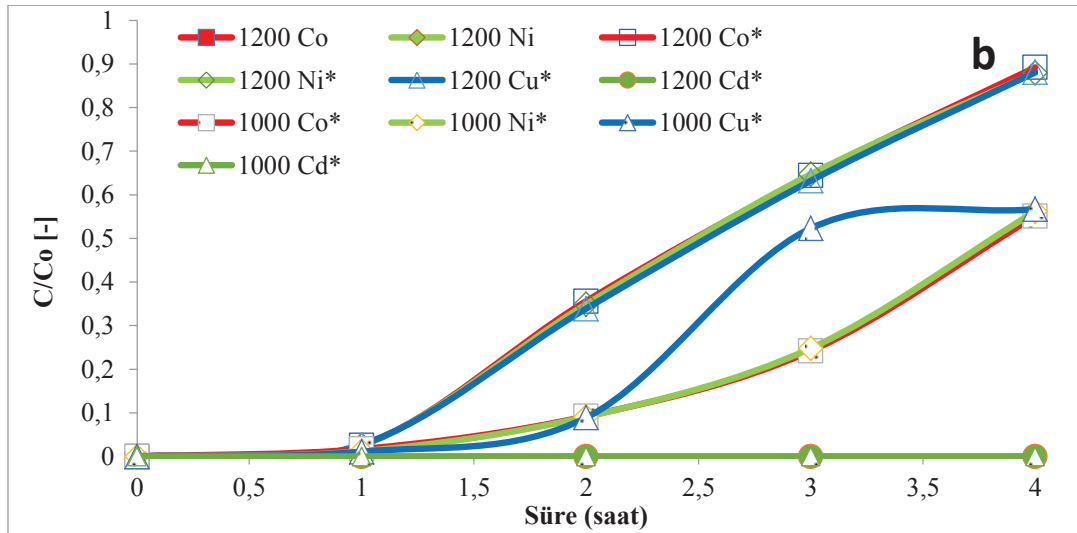
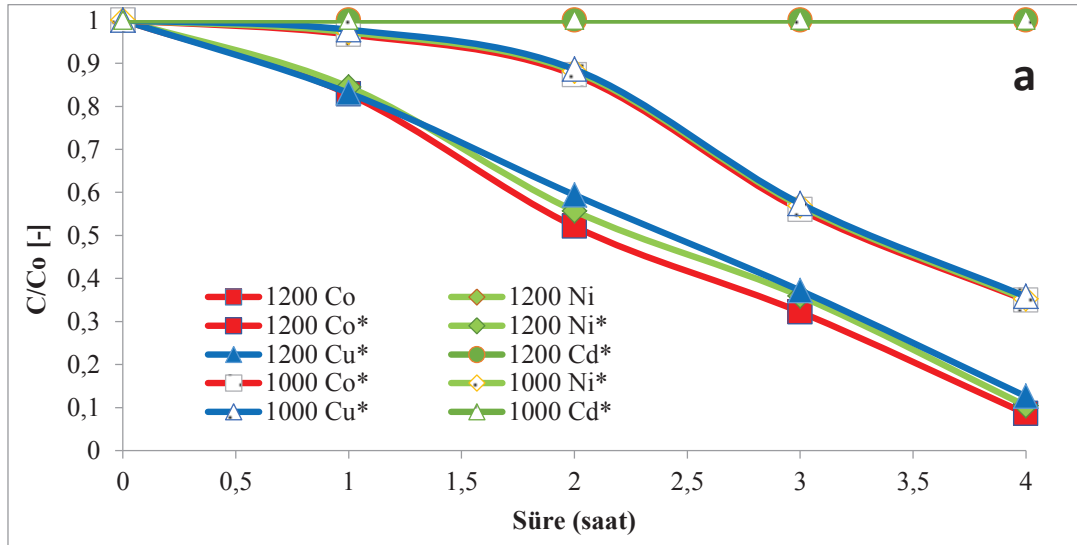
Karıştırma hızlarını 1000 dev/dak ve 1200 dev/dak olarak değiştirerek, farklı karıştırma hızlarının verimleri hesaplanmıştır. Tablo 4.4. ve Şekil 4.4.'de gösterilmiştir.

Tablo 4.4. Membran 2'nin, pH 3,5'ta, karıştırma hızının Co(II), Ni(II), Cu(II) ve Cd(II) ekstraksiyonuna etkisi (besleme ve sıyırma): Membran 2 (Ekstraktant Cinsi: Fenantrolin (440 mg); Plastikleştirici (2-NPPE): 0,2 mL, Çözücü: Diklorometan (50 mL)); Polimer Cinsi: CTA (480 mg); Membran Kalınlığı: 18µm, Besleme çözeltisi pH:3,5 Besleme ve sıyırma çözeltisi Besleme çözeltisi konsantrasyonu: 100 mg/L; Sıyırma çözeltisi konsantrasyonu: 1 M NH<sub>3</sub>+1 M TEA; Besleme ve sıyırma çözeltisi hacmi: 250 mL; NH<sub>4</sub>SCN konsantrasyonu: 0,5 M).

Karıştırma hızının Co (II), Ni (II), Cu (II) ve Cd(II) ekstraksiyonuna etkisi (Besleme fazı)								
1200								
Süre (Saat)	Co		Ni		Cu		Cd	
	C,mg/L	C/Co(-)	C,mg/L	C/Co(-)	C,mg/L	C/Co(-)	C,mg/L	C/Co(-)
0	99,8	1,000	99,2	1,000	99,2	1,000	99,2	1,000
1	82,63	0,828	83,82	0,845	82,44	0,831	99,3	1,000
2	51,99	0,521	55,25	0,557	58,92	0,594	99,3	1,000
3	32,14	0,322	35,61	0,359	36,90	0,372	99,4	1,000
4	8,583	0,086	10,32	0,104	12,49	0,126	99,6	1,000
1000								
Süre (Saat)	Co		Ni		Cu		Cd	
	C,mg/L	C/Co(-)	C,mg/L	C/Co(-)	C,mg/L	C/Co(-)	C,mg/L	C/Co(-)
0	99,8	1,000	99,2	1,000	99,2	1,000	99,2	1,000
1	96,51	0,967	96,42	0,972	97,12	0,978	99,4	1,000
2	87,13	0,873	87,39	0,881	87,89	0,886	99,5	1,000
3	55,88	0,560	56,45	0,569	56,94	0,574	99,7	1,000
4	34,83	0,349	34,92	0,352	35,51	0,358	99,9	1,000
Karıştırma hızının Co (II), Ni (II), Cu (II) ve Cd(II) ekstraksiyonuna etkisi (Sıyırma fazı)								
1200								
Süre (Saat)	Co		Ni		Cu		Cd	
	C,mg/L	C/Co(-)	C,mg/L	C/Co(-)	C,mg/L	C/Co(-)	C,mg/L	C/Co(-)
0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	2,495	0,025	2,579	0,026	2,678	0,027	0	0
2	35,53	0,356	34,62	0,349	33,63	0,339	0	0
3	64,27	0,644	64,18	0,647	62,69	0,632	0	0
4	89,22	0,892	87,29	0,88	87,39	0,881	0	0

Tablo 4.4. (Devamı)  
1000

Süre (Saat)	Co		Ni		Cu		Cd	
	C,mg/L	C/Co(-)	C,mg/L	C/Co(-)	C,mg/L	C/Co(-)	C,mg/L	C/Co(-)
0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	1,697	0,017	1,190	0,012	1,09	0,011	0	0
2	9,182	0,092	9,027	0,091	9,82	0,099	0	0
3	24,15	0,242	24,60	0,248	25,09	0,253	0	0
4	54,99	0,551	55,75	0,562	56,25	0,567	0	0



Şekil 4.4. Membran 2'nin, pH 3,5'ta, karıştırma hızının Co(II), Ni(II), Cu(II) ve Cd(II) ekstraksiyonuna etkisi (Besleme (a) ve sıyırma (b)): Membran 2 (Ekstraktant Cinsi: Fenantrolin (440 mg); Plastikleştirici (2-NPPE): 0,2 mL, Çözücü: Diklorometan (50 mL)); Polimer Cinsi: CTA (480 mg); Membran Kalınlığı:18µm, Besleme çözeltisi pH:3,5 Besleme çözeltisi konsantrasyonu: 100 mg/L; Sıyırma çözeltisi konsantrasyonu: 1 M NH<sub>3</sub>+1 M TEA; Besleme ve sıyırma çözeltisi hacmi: 250 mL; NH<sub>4</sub>SCN konsantrasyonu: 0,5 M).

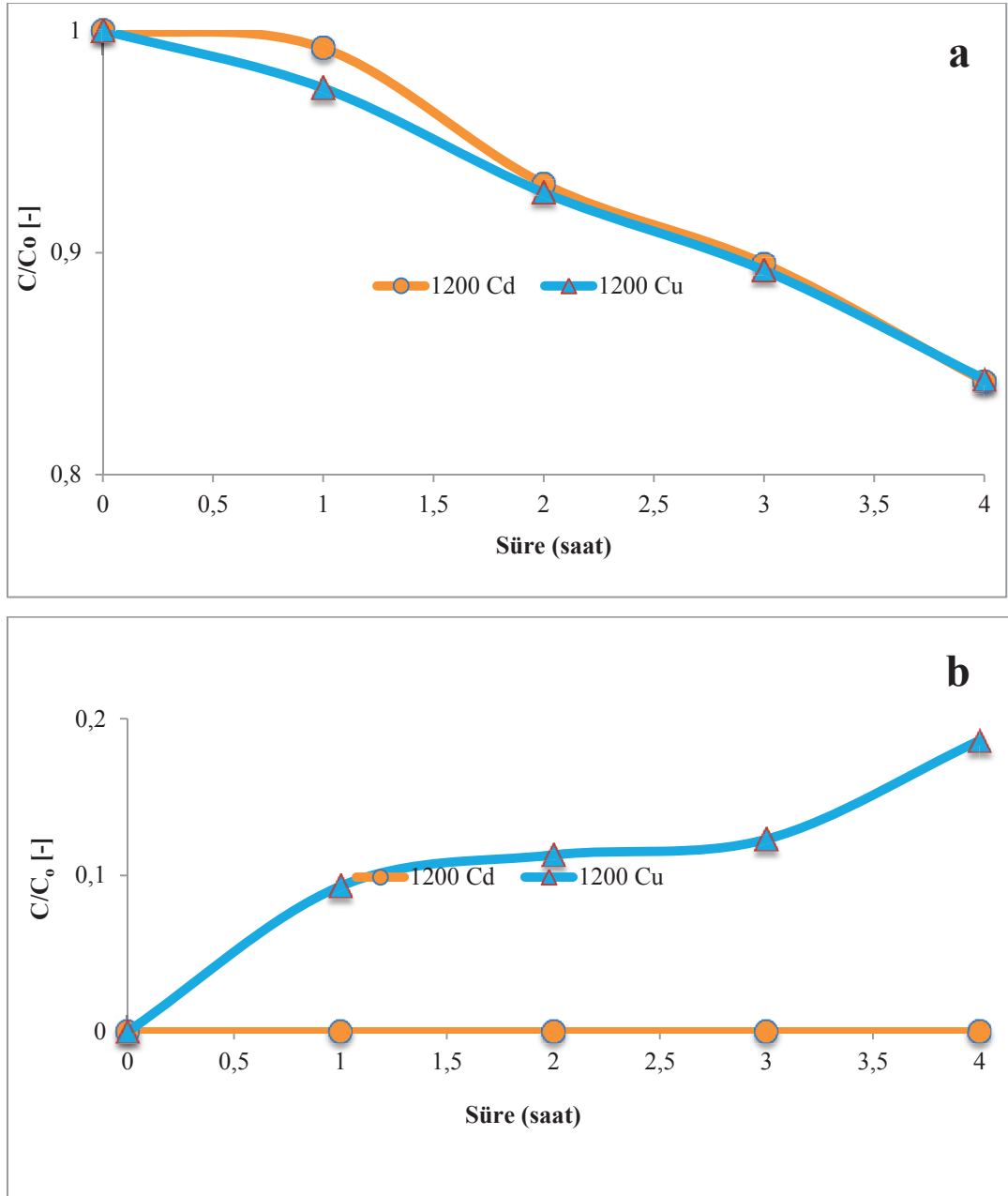
#### 4.5. Membran 3'ün, pH 4'te Karıştırma Hızının Cd(II) ve Cu(II) Ekstraksiyonuna Etkisi

Besleme konsantrasyonu Cd(II) ve Cu(II) tamponlu 1 M NaOH + 1 M CH<sub>3</sub>COOH (100 mg/L) ve sıyırma konsantrasyonu 1 M TEA + 1 M NH<sub>3</sub>, ekstraktant cinsi 1,10-fenantrolin (220 mg), plastikleştirici 2-NPPE (0,2 mL), çözücü diklorometan (70 mL), polimer cinsi CTA (480 mg), membran kalınlığı 19 µm ve NH<sub>4</sub>SCN konsantrasyonu 0,5 M kullanılmış, pH 4'te ve deney gerçekleştirilmiştir.

Karıştırma hızı 1200 dev/dak olarak değiştirilerek, farklı karıştırma hızlarının verimleri hesaplanmıştır. Tablo 4.5. ve Şekil 4.5.'de gösterilmiştir

Tablo 4.5. Membran 3'ün, pH 4'te, karıştırma hızının Cd(II) ve Cu(II) ekstraksiyonuna etkisi (Besleme ve sıyırma): Membran 3 (Ekstraktant Cinsi: Fenantrolin (220mg); Plastikleştirici (2-NPPE): 0,2 mL, Çözücü: Diklorometan (70 mL)); Polimer Cinsi: CTA (480 mg); Membran Kalınlığı: 19µm, Besleme çözeltisi pH:4; Besleme çözeltisi konsantrasyonu: 100 mg/L (1 M NaOH + 1 M CH<sub>3</sub>COOH); Sıyırma çözeltisi konsantrasyonu: 1 M NH<sub>3</sub>+1 M TEA;Besleme ve sıyırma çözeltisi hacmi: 250 mL; NH<sub>4</sub>SCN konsantrasyonu: 0,5 M)

Karıştırma hızının Cd (II) ve Cu(II) ekstraksiyonuna etkisi (Besleme fazı)						
Süre (Saat)	Cd		1200		Cu	
	C,mg/L	C/Co(-)	C,mg/L	C/Co(-)	C,mg/L	C/Co(-)
0	99,32	1,000	95,15	1,000	95,15	1,000
1	98,49	0,992	92,72	0,974	92,72	0,974
2	92,43	0,931	88,23	0,927	88,23	0,927
3	88,92	0,895	84,85	0,892	84,85	0,892
4	83,61	0,842	80,16	0,843	80,16	0,843
Karıştırma hızının Cd (II) ve Cu(II) ekstraksiyonuna etkisi (Sıyırma fazı)						
Süre (Saat)	Cd		1200		Cu	
	C,mg/L	C/Co(-)	C,mg/L	C/Co(-)	C,mg/L	C/Co(-)
0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	8,85	0,093	8,85	0,093
2	0	0	10,75	0,113	10,75	0,113
3	0	0	11,70	0,123	11,70	0,123
4	0	0	17,69	0,186	17,69	0,186



Şekil 4.5. Membran 3'ün, pH 4'te, karıştırma hızının Cd(II) ve Cu(II) ekstraksiyonuna etkisi (besleme (a) ve sıyırma (b)): Membran 3 (Ekstraktant Cinsi: Fenantrolin (220mg); Plastikleştirici (2-NPPE): 0,2 mL, Çözücü: Diklorometan (70 mL)); Polimer Cinsi: CTA (480 mg); Membran Kalınlığı :19µm, Besleme çözeltisi pH:4; Besleme çözeltisi konsantrasyonu: 100 mg/L (1 M NaOH + 1 M CH<sub>3</sub>COOH); ;Sıyırma çözeltisi konsantrasyonu: 1 M NH<sub>3</sub>+1 M TEA; Besleme ve sıyırma çözeltisi hacmi: 250 mL; NH<sub>4</sub>SCN konsantrasyonu: 0,5 M).

#### 4.6. Membran 3'ün, pH 3,5'ta, Karıştırma Hızının Cd(II) ve Cu(II) Ekstraksiyonuna Etkisi

Besleme konsantrasyonu Cd(II) ve Cu(II) (100 mg/L) ve sıyırma konsantrasyonu 1 M TEA + 1 M NH<sub>3</sub>, ekstraktant cinsi 1,10-fenantrolin (220 mg), plastikleştirici 2-NPPE (0,2 mL), çözücü diklorometan (70 mL), polimer cinsi CTA (480 mg), membran kalınlığı 19 µm ve NH<sub>4</sub>SCN konsantrasyonu 0,5 M kullanılmış, pH 3,5'te ve deney gerçekleştirilmiştir.

Karıştırma hızlarını 1000 dev/dak ve 1200 dev/dak olarak değiştirerek, farklı karıştırma hızlarının verimleri hesaplanmıştır. Tablo 4.6. ve Şekil 4.6.'da gösterilmiştir

Tablo 4.6. Membran 3'ün, pH 3,5'ta, karıştırma hızının Cd(II) ve Cu(II) ekstraksiyonuna etkisi (besleme ve sıyırma): Membran 3 (Ekstraktant Cinsi: Fenantrolin (220mg); Plastikleştirici (2-NPPE): 0,2 mL, Çözücü: Diklorometan (70 mL)); Polimer Cinsi: CTA (480 mg); Membran Kalınlığı: 19µm, Besleme çözeltisi pH:3,5; Besleme çözeltisi konsantrasyonu: 100 mg/L;Sıyırma çözeltisi konsantrasyonu: 1 M NH<sub>3</sub>+ 1 M TEA; Besleme ve sıyırma çözeltisi hacmi: 250 mL; NH<sub>4</sub>SCN konsantrasyonu: 0,5 M).

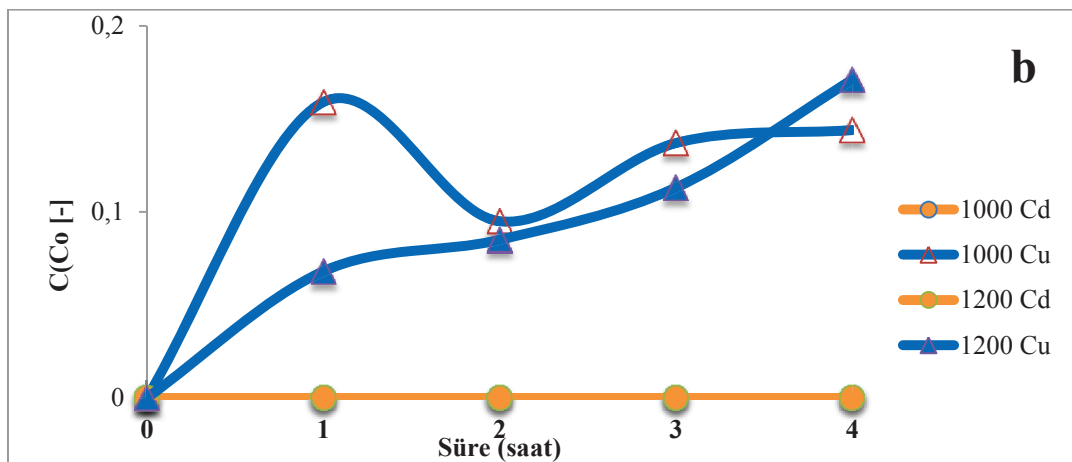
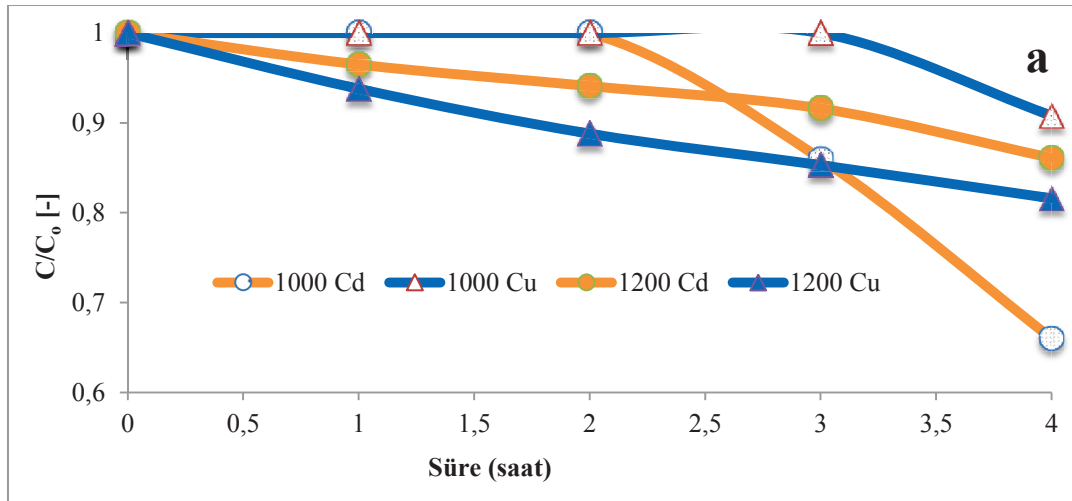
Karıştırma hızının Cd (II) ve Cu(II) ekstraksiyonuna etkisi (Besleme fazı)						
Süre (Saat)	Cd		1200		Cu	
	C,mg/L	C/Co(-)	C,mg/L	C/Co(-)	C,mg/L	C/Co(-)
0	52,71	1,000	4,32	1,000		
1	54,57	1,035	47,2	1,092		
2	55,6	1,054	52,12	1,20		
3	45,34	0,86	40,62	1,007		
4	35,09	0,66	39,26	0,908		
Süre (Saat)	Cd		1000		Cu	
	C,mg/L	C/Co(-)	C,mg/L	C/Co(-)	C,mg/L	C/Co(-)
0	98,89	1,000	98,87	1,000		
1	95,43	0,965	92,74	0,938		
2	93,05	0,941	87,79	0,888		
3	90,58	0,916	84,34	0,853		
4	85,14	0,861	80,68	0,816		

Tablo 4.6. (Devamı)  
Karıştırma hızının Cd (II) ve Cu(II) ekstraksiyonuna etkisi (Sıyırma fazı)

Süre (Saat)	1000			
	Cd C, mg/L	Cd C/Co (-)	Cu C, mg/L	Cu C/Co (-)
0	0	0	0	0
1	0	0	6,9	0,159
2	0	0	4,1	0,095
3	0	0	5,9	0,137
4	0	0	6,2	0,144

Süre (Saat)	1200			
	Cd C,mg/L	Cd C/Co(-)	Cu C,mg/L	Cu C/Co(-)
0	0	0	0	0
1	0	0	6,72	0,068
2	0	0	8,40	0,085
3	0	0	11,17	0,113
4	0	0	16,91	0,171



Şekil 4.6. Membran 3'ün, pH 3,5'ta, karıştırma hızının Cd(II) ve Cu(II) ekstraksiyonuna etkisi (besleme (a) ve sıyırma (b)): Membran 3 (Ekstraktant Cinsi: Fenantrolin (220mg); Plastikleştirici (2-NPPE): 0,2 mL, Çözücü: Diklorometan (70 mL)); Polimer Cinsi: CTA (480 mg); Membran Kalınlığı: 19µm, Besleme çözeltisi pH:3,5; Besleme çözeltisi konsantrasyonu: 100 mg/L;Sıyırma çözeltisi konsantrasyonu: 1 M NH<sub>3</sub>+1 M TEA; Besleme ve sıyırma çözeltisi hacmi: 250 mL; NH<sub>4</sub>SCN konsantrasyonu: 0,5 M).



#### 4.7. Membran 3'ün, pH 4'te, Karıştırma Hızının Co(II), Ni(II), Cu(II) ve Cd(II) Ekstraksiyonuna Etkisi

Besleme konsantrasyonu Co(II), Ni(II), Cu(II) ve Cd(II) tamponlu 1 M NaOH + 1 M CH<sub>3</sub>COOH (100 mg/L) ve sıyırma konsantrasyonu (1 M TEA + 1 M NH<sub>3</sub>), ekstraktant cinsi 1,10-fenantrolin (220 mg), plastikleştirici 2-NPPE (0,2 mL), çözücü diklorometan (70 mL), polimer cinsi CTA (480 mg), membran kalınlığı 19 µm ve NH<sub>4</sub>SCN konsantrasyonu 0,5 M kullanılmış, pH 4'te ve deney gerçekleştirilmiştir.

Karıştırma hızlarını 1000 dev/dak ve 1200 dev/dak olarak değiştirerek, farklı karıştırma hızlarının verimleri hesaplanmıştır. Tablo 4.7. ve Şekil 4.7.'de gösterilmiştir.

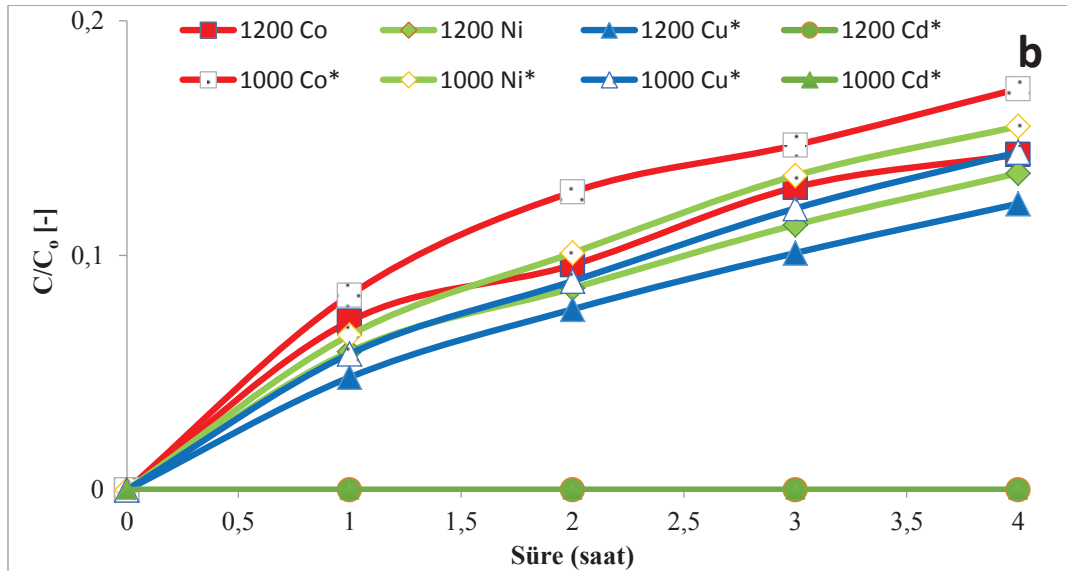
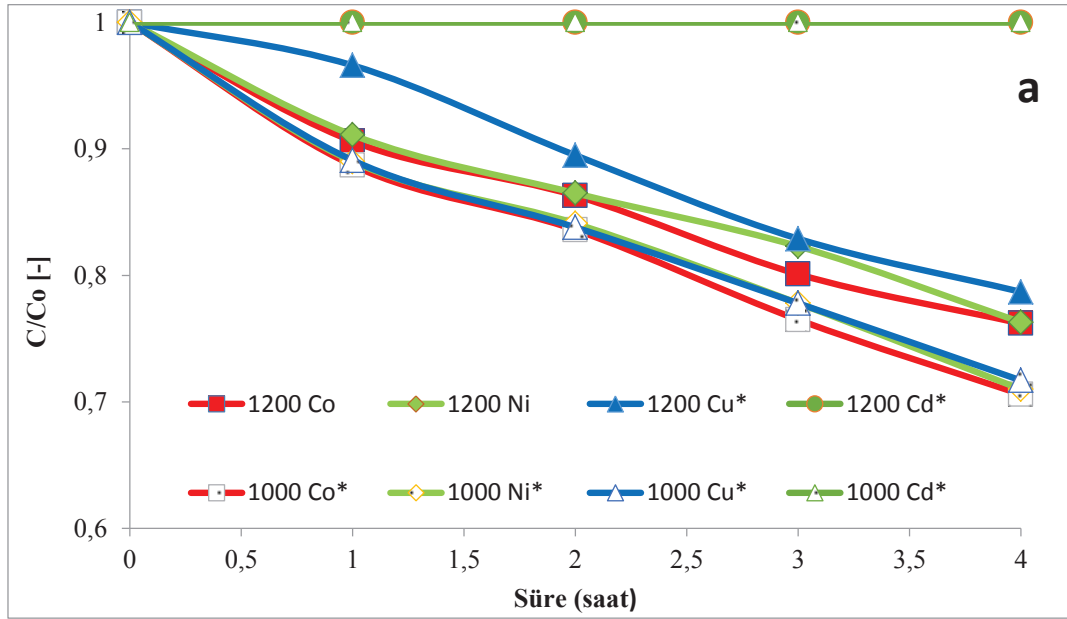
Tablo 4.7. Membran 3'ün, pH 4'te, karıştırma hızının Co(II), Ni(II), Cu(II) ve Cd(II) ekstraksiyonuna etkisi (besleme ve sıyırma): Membran 3 (Ekstraktant Cinsi: Fenantrolin (220mg); Plastikleştirici (2-NPPE): 0,2 mL, Çözücü: Diklorometan (70 mL)); Polimer Cinsi: CTA (480 mg); Membran Kalınlığı: 19µm, Besleme çözeltisi pH:4; Besleme çözeltisi konsantrasyonu: 100 mg/L (1 M NaOH + 1 M CH<sub>3</sub>COOH); Sıyırma çözeltisi konsantrasyonu: 1 M NH<sub>3</sub>+1 M TEA; Besleme ve sıyırma çözeltisi hacmi: 250 mL; NH<sub>4</sub>SCN konsantrasyonu: 0,5 M).

Karıştırma hızının Co (II), Ni (II), Cu (II) ve Cd(II) ekstraksiyonuna etkisi (Besleme fazı)								
Süre (Saat)	Co		Ni		Cu		Cd	
	C,mg/L	C/Co(-)	C,mg/L	C/Co(-)	C,mg/L	C/Co(-)	C,mg/L	C/Co(-)
1000								
0	99,6	1,000	99,6	1,000	99,6	1,000	99,6	1,000
1	90,24	0,906	90,74	0,911	96,21	0,966	99,6	1,000
2	85,95	0,863	86,15	0,865	89,14	0,895	99,4	1,000
3	79,78	0,801	81,97	0,823	82,57	0,829	99,3	1,000
4	75,89	0,762	75,99	0,763	78,39	0,787	99,2	1,000
1200								
0	99,6	1,000	99,6	1,000	99,6	1,000	99,6	1,000
1	88,35	0,887	88,64	0,89	88,74	0,891	99,6	1,000
2	83,26	0,836	83,76	0,841	83,46	0,838	99,5	1,000
3	76,19	0,765	77,49	0,778	77,49	0,778	99,5	1,000
4	70,32	0,706	70,72	0,71	71,41	0,717	99,3	1,000

Karıştırma hızının Co (II), Ni (II), Cu (II) ve Cd(II) ekstraksiyonuna etkisi (Sıyırma fazı)								
Süre (Saat)	Co		Ni		Cu		Cd	
	C,mg/L	C/Co(-)	C,mg/L	C/Co(-)	C,mg/L	C/Co(-)	C,mg/L	C/Co(-)
1000								
0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	2,377	0,022	3,134	0,034	7,053	0,064	0	0
2	2,053	0,019	4,424	0,048	9,808	0,089	0	0
3	3,99	0,037	7,65	0,083	10,69	0,097	0	0
4	15,13	0,14	10,42	0,113	12,12	0,11	0	0

Tablo 4.7 (Devamı)  
1200

Süre (Saat)	Co		Ni		Cu		Cd	
	C,mg/L	C/Co(-)	C,mg/L	C/Co(-)	C,mg/L	C/Co(-)	C,mg/L	C/Co(-)
0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	8,27	0,083	6,57	0,066	5,78	0,058	0	0
2	12,65	0,127	10,06	0,101	8,86	0,089	0	0
3	14,64	0,147	13,35	0,134	11,95	0,12	0	0
4	17,03	0,171	15,44	0,155	14,34	0,144	0	0



Şekil 4.7. Membran 3'ün, pH 4'te, karıştırma hızının Co(II), Ni(II), Cu(II) ve Cd(II) ekstraksiyonuna etkisi (besleme (a) ve sıyırma (b)): Membran 3 (Ekstraktant Cinsi: Fenantrolin (220mg); Plastikleştirici (2-NPPE): 0,2 mL, Çözücü: Diklorometan (70 mL)); Polimer Cinsi: CTA (480 mg); Membran Kalınlığı: 19µm, Besleme çözeltisi pH:4;Besleme çözeltisi konsantrasyonu: 100 mg/L (1 M NaOH + 1 M CH<sub>3</sub>COOH); Sıyırma çözeltisi konsantrasyonu: 1 M NH<sub>3</sub>+1 M TEA; Besleme ve sıyırma çözeltisi hacmi: 250 mL; NH<sub>4</sub>SCN konsantrasyonu: 0,5 M)

#### 4.8. Membran 3'ün, pH 3,5'ta, Karıştırma Hızının Co(II), Ni(II), Cu(II) ve Cd(II) Ekstraksiyonuna Etkisi

Besleme konsantrasyonu Co(II), Ni(II), Cu(II) ve Cd(II) tamponlu 1 M NaOH + 1 M CH<sub>3</sub>COOH (100 mg/L) ve sıyırma konsantrasyonu 1 M TEA + 1 M NH<sub>3</sub>, ekstraktant cinsi 1,10-fenantrolin (220 mg), plastikleştirici 2-NPPE (0,2 mL), çözücü diklorometan (70 mL), polimer cinsi CTA (480 mg), membran kalınlığı 19 µm ve NH<sub>4</sub>SCN konsantrasyonu 0,5 M kullanılmış, pH 3,5'te ve deney gerçekleştirilmiştir.

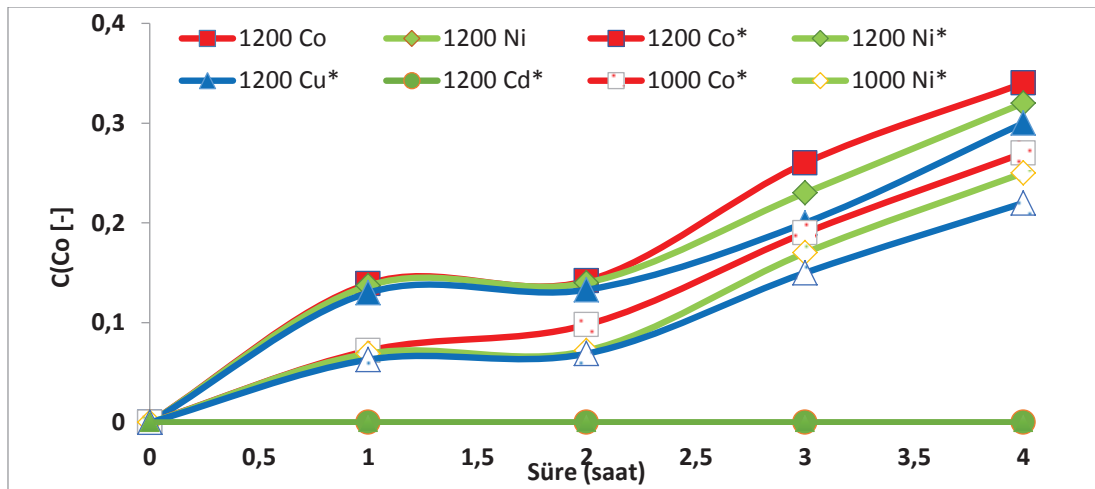
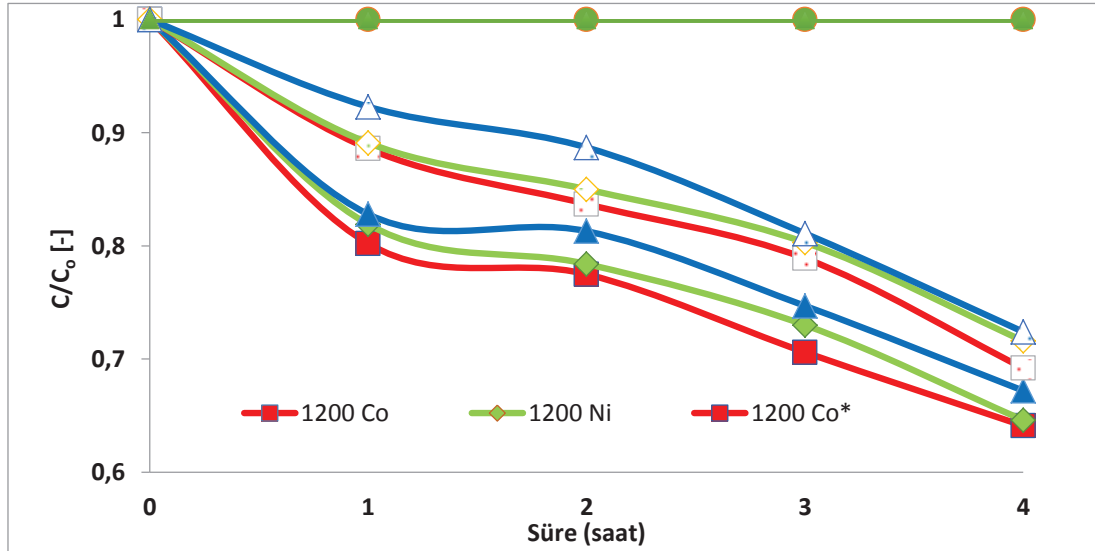
Karıştırma hızlarını 1000 dev/dak ve 1200 dev/dak olarak değiştirerek, farklı karıştırma hızlarının verimleri hesaplanmıştır. Tablo 4.8. ve Şekil 4.8.'de gösterilmiştir.

Tablo 4.8. Membran 3'ün, pH 3,5'ta karıştırma hızının Co(II), Ni(II), Cu(II) ve Cd(II) ekstraksiyonuna etkisi (besleme ve sıyırma): Membran 3 (Ekstraktant Cinsi: Fenantrolin (220mg); Plastikleştirici (2-NPPE): 0,2 mL, Çözücü: Diklorometan (70 mL)); Polimer Cinsi: CTA (480 mg); Membran Kalınlığı: 19µm, Besleme çözeltisi pH:3,5; Besleme çözeltisi konsantrasyonu: 100 mg/L(1 M NaOH + 1 M CH<sub>3</sub>COOH); Sıyırma çözeltisi konsantrasyonu: 1 M NH<sub>3</sub>+1 M TEA; Besleme ve sıyırma çözeltisi hacmi: 250 mL; NH<sub>4</sub>SCN konsantrasyonu: 0,5 M).

Karıştırma hızının Co (II), Ni (II), Cu (II) ve Cd(II) ekstraksiyonuna etkisi (Besleme fazı)								
Süre (Saat)	Co		Ni		Cu		Cd	
	C,mg/L	C/Co(-)	C,mg/L	C/Co(-)	C,mg/L	C/Co(-)	C,mg/L	C/Co(-)
1000								
0	99,6	1,000	99,6	1,000	99,6	1,000	99,6	1,000
1	88,85	0,886	88,74	0,891	91,93	0,923	99,6	1,000
2	83,37	0,837	84,66	0,85	88,35	0,887	99,5	1,000
3	78,58	0,789	79,98	0,803	80,78	0,811	99,2	1,000
4	68,92	0,692	71,31	0,716	72,11	0,724	99,1	1,000
1200								
0	99,6	1,000	99,6	1,000	99,6	1,000	99,6	1,000
1	79,88	0,802	81,57	0,819	82,47	0,828	99,6	1,000
2	77,19	0,775	78,09	0,784	80,97	0,813	99,3	1,000
3	70,32	0,706	72,71	0,73	74,40	0,747	99,2	1,000
4	63,84	0,641	64,34	0,646	66,93	0,672	99,2	1,000
Karıştırma hızının Co (II), Ni (II), Cu (II) ve Cd(II) ekstraksiyonuna etkisi (Sıyırma fazı)								
1000								
Süre (Saat)	Co		Ni		Cu		Cd	
	C,mg/L	C/Co(-)	C,mg/L	C/Co(-)	C,mg/L	C/Co(-)	C,mg/L	C/Co(-)
0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	7,17	0,072	6,87	0,069	6,27	0,063	0	0
2	9,76	0,098	7,17	0,072	6,87	0,069	0	0
3	18,92	0,19	16,93	0,17	14,94	0,15	0	0
4	26,89	0,27	24,9	0,25	21,91	0,22	0	0

Tablo 4.8. (Devamı)  
1200

Süre (Saat)	Co		Ni		Cu		Cd	
	C,mg/L	C/Co(-)	C,mg/L	C/Co(-)	C,mg/L	C/Co(-)	C,mg/L	C/Co(-)
0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	13,84	0,139	13,65	0,137	12,95	0,13	0	0
2	14,14	0,142	13,94	0,14	13,25	0,133	0	0
3	25,89	0,26	22,91	0,23	19,92	0,2	0	0
4	33,86	0,34	31,87	0,32	29,88	0,3	0	0



Şekil 4.8. Membran 3'ün, pH 3,5'ta, karıştırma hızının Co(II), Ni(II), Cu(II) ve Cd(II) ekstraksiyonuna etkisi (besleme (a) ve sıyırma (b)): Membran 3 (Ekstraktant Cinsi: Fenantrolin (220mg); Plastikleştirici (2-NPPE): 0,2 mL, Çözücü: Diklorometan (70 mL)); Polimer Cinsi: CTA (480 mg); Membran Kalınlığı: 19µm, Besleme çözeltisi pH:3,5; Besleme çözeltisi konsantrasyonu: 100 mg/L (1 M NaOH + 1 M CH<sub>3</sub>COOH); Sıyırma çözeltisi konsantrasyonu: 1 M NH<sub>3</sub>+1 M TEA; Besleme ve sıyırma çözeltisi hacmi: 250 mL; NH<sub>4</sub>SCN konsantrasyonu: 0,5 M).

#### 4.9. Membran 4'ün, pH 3,5'ta, Karıştırma Hızının Co(II), Ni(II), Cu(II) ve Cd(II) Ekstraksiyonuna Etkisi

Besleme konsantrasyonu Co(II), Ni(II), Cu(II) ve Cd(II) (100 mg/L) ve sıyırma konsantrasyonu 1 M TEA + 1 M NH<sub>3</sub>, ekstraktant cinsi 1,10-fenantrolin (440 mg), plastikleştirici 2-NPPE (0,2 mL), çözücü diklorometan (80 mL), polimer cinsi CTA (480 mg), membran kalınlığı 32 µm ve NH<sub>4</sub>SCN konsantrasyonu 0,5 M kullanılmış, pH 3,5'ta ve deney gerçekleştirilmiştir.

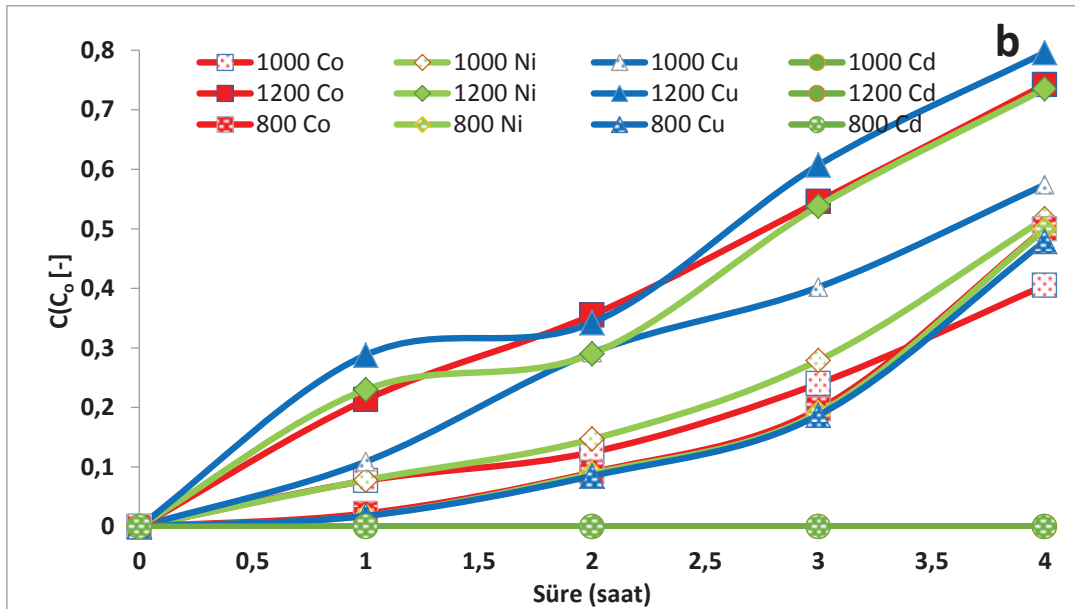
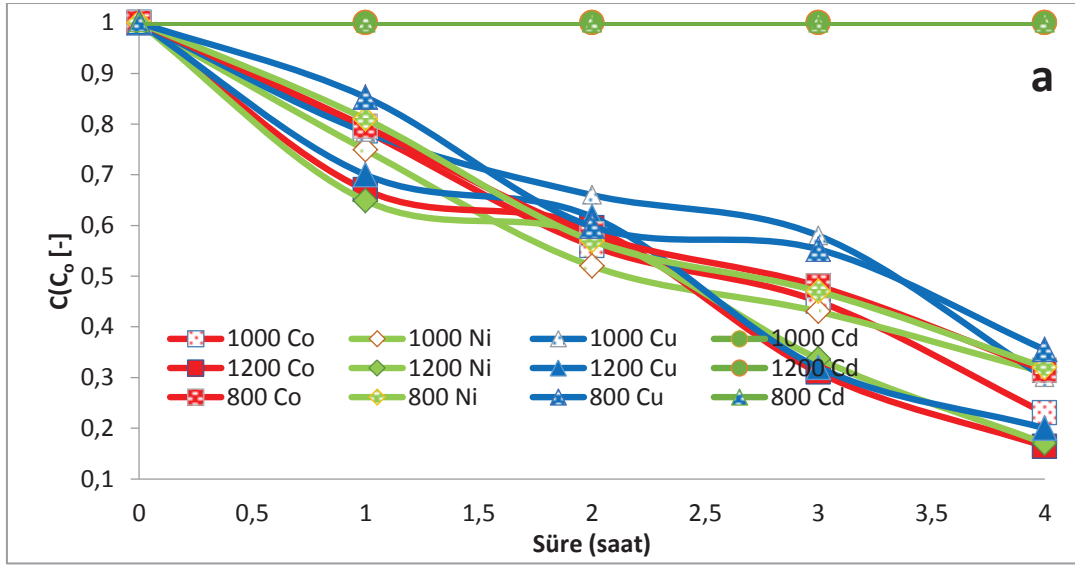
Karıştırma hızlarını 800dev/dak, 1000 dev/dak ve 1200 dev/dak olarak değiştirerek, farklı karıştırma hızlarının verimleri hesaplanmıştır. Tablo 4.9. ve Şekil 4.9.'da gösterilmiştir.

Tablo 4.9. Membran 4'ün, pH 3,5'ta , karıştırma hızının Co(II), Ni(II), Cu(II) ve Cd(II) ekstraksiyonuna etkisi (besleme ve sıyırma): Membran 4 (Ekstraktant Cinsi: Fenantrolin (440 mg); Plastikleştirici (2-NPPE): 0,2 mL, Çözücü: Diklorometan (80 mL)); Polimer Cinsi: CTA (480 mg); Membran Kalınlığı: 32µm, Besleme çözeltisi pH:3,5; Besleme çözeltisi konsantrasyonu: 100 mg/L; Sıyırma çözeltisi konsantrasyonu: 1 M NH<sub>3</sub>+1 M TEA; Besleme ve sıyırma çözeltisi hacmi: 250 mL; NH<sub>4</sub>SCN konsantrasyonu: 0,5 M).

Karıştırma hızının Co (II), Ni (II), Cu (II) ve Cd(II) ekstraksiyonuna etkisi (Besleme fazı)									
Süre (Saat)	Co		Ni		Cu		Cd		
	C,mg/L	C/Co(-)	C,mg/L	C/Co(-)	C,mg/L	C/Co(-)	C,mg/L	C/Co(-)	
1000									
0	98,6	1,000	98,6	1,000	98,6	1,000	98,6	1,000	
1	77,52	0,786	73,92	0,749	77,40	0,784	98,6	1,000	
2	55,31	0,56	51,26	0,52	65,3	0,66	98,6	1,000	
3	44,64	0,45	42,18	0,43	56,76	0,58	98,5	1,000	
4	22,22	0,23	30,32	0,31	29,62	0,3	98,4	1,000	
1200									
Süre (Saat)	Co		Ni		Cu		Cd		
	C,mg/L	C/Co(-)	C,mg/L	C/Co(-)	C,mg/L	C/Co(-)	C,mg/L	C/Co(-)	
0	98,6	1,000	98,6	1,000	98,6	1,000	98,6	1,000	
1	66,49	0,67	63,99	0,649	68,99	0,7	98,5	1,000	
2	58,76	0,595	57,39	0,582	60,83	0,617	98,3	1,000	
3	34,57	0,31	33,25	0,337	31,95	0,32	98,3	1,000	
4	16,13	0,164	16,74	0,17	20,10	0,20	98,1	1,000	
800									
Süre (Saat)	Co		Ni		Cu		Cd		
	C,mg/L	C/Co(-)	C,mg/L	C/Co(-)	C,mg/L	C/Co(-)	C,mg/L	C/Co(-)	
0	98,6	1,000	98,6	1,000	98,6	1,000	98,6	1,000	
1	78,35	0,795	76,96	0,81	84,09	0,853	98,6	1,000	
2	57,45	0,583	56,27	0,57	58,99	0,598	98,5	1,000	
3	47,40	0,48	46,61	0,47	54,51	0,553	98,5	1,000	
4	30,94	0,314	31,56	0,32	35,02	0,355	98,3	1,000	

Tablo 4.9. (Devamı)

Karıştırma hızının Co (II), Ni (II), Cu (II) ve Cd(II) ekstraksiyonuna etkisi (Sıyırma fazı)								
1000								
Süre (Saat)	Co		Ni		Cu		Cd	
	C,mg/L	C/Co(-)	C,mg/L	C/Co(-)	C,mg/L	C/Co(-)	C,mg/L	C/Co(-)
0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	7,60	0,077	7,69	0,078	10,75	0,109	0	0
2	12,30	0,125	14,47	0,147	28,78	0,292	0	0
3	23,68	0,24	27,60	0,279	39,62	0,402	0	0
4	39,98	0,405	50,99	0,517	56,58	0,574	0	0
1200								
Süre (Saat)	Co		Ni		Cu		Cd	
	C,mg/L	C/Co(-)	C,mg/L	C/Co(-)	C,mg/L	C/Co(-)	C,mg/L	C/Co(-)
0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	20,99	0,213	22,70	0,23	28,44	0,288	0	0
2	34,98	0,355	29,46	0,29	33,71	0,342	0	0
3	53,82	0,546	53,05	0,538	59,86	0,607	0	0
4	73,16	0,742	72,45	0,735	78,48	0,796	0	0
800								
Süre (Saat)	Co		Ni		Cu		Cd	
	C,mg/L	C/Co(-)	C,mg/L	C/Co(-)	C,mg/L	C/Co(-)	C,mg/L	C/Co(-)
0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	2,139	0,022	1,811	0,018	1,728	0,018	0	0
2	8,971	0,091	8,806	0,089	8,395	0,085	0	0
3	19,42	0,197	18,85	0,191	18,44	0,187	0	0
4	49,63	0,50	49,29	0,499	47,24	0,479	0	0



Şekil 4.9. Membran 4'ün, pH 3,5'ta, karıştırma hızının Co(II), Ni(II), Cu(II) ve Cd(II) ekstraksiyonuna etkisi (besleme (a) ve sıyırma (b)): Membran 4 (Ekstraktant Cinsi: Fenantrolin (440 mg); Plastikleştirici (2-NPPE): 0,2 mL, Çözücü: Diklorometan (80 mL)); Polimer Cinsi: CTA (480 mg); Membran Kalınlığı: 32µm, Besleme çözeltisi pH:3,5; Besleme çözeltisi konsantrasyonu: 100 mg/L; Sıyırma çözeltisi konsantrasyonu: 1 M NH<sub>3</sub>+1 M TEA; Besleme ve sıyırma çözeltisi hacmi: 250 mL; NH<sub>4</sub>SCN konsantrasyonu: 0,5 M).

#### 4.10. Membran 4 Bileşiminin, pH 4'te, Karıştırma Hızının Co(II), Ni(II), Cu(II) ve Cd(II) Ekstraksiyonuna Etkisi

Besleme konsantrasyonu Co(II), Ni(II), Cu(II) ve Cd(II) tamponlu 1 M NaOH + 1 M CH<sub>3</sub>COOH (100 mg/L) ve sıyırma konsantrasyonu 1 M TEA + 1 M NH<sub>3</sub>, ekstraktant

cinsi 1,10-fenantrolin (440 mg), plastikleştirici 2-NPPE (0,2 mL), çözücü diklorometan (80 mL), polimer cinsi CTA (480 mg), membran kalınlığı 32 µm ve NH<sub>4</sub>SCN konsantrasyonu 0,5 M kullanılmış, pH 4'te ve deney gerçekleştirilmiştir.

Karıştırma hızlarını 800dev/dak, 1000 dev/dak ve 1200 dev/dak olarak değiştirerek, farklı karıştırma hızlarının verimleri hesaplanmıştır. Tablo 4.10. ve Şekil 4.10.'da gösterilmiştir.

Tablo 4.10. Membran 4'ün, pH 4'te , karıştırma hızının Co(II), Ni(II), Cu(II) ve Cd(II) ekstraksiyonuna etkisi (besleme ve sıyırma): Membran 4 (Ekstraktant Cinsi: Fenantrolin (440 mg); Plastikleştirici (2-NPPE): 0,2 mL, Çözücü: Diklorometan (80 mL)); Polimer Cinsi: CTA (480 mg); Membran Kalınlığı: 32µm, Besleme çözeltisi pH:4; Besleme çözeltisi konsantrasyonu: 100 mg/L (1 M NaOH + 1 M CH<sub>3</sub>COOH) ;Sıyırma çözeltisi konsantrasyonu: 1 M NH<sub>3</sub>+1 M TEA; Besleme ve sıyırma çözeltisi hacmi: 250 mL; NH<sub>4</sub>SCN konsantrasyonu: 0,5 M).

Karıştırma hızının Co (II), Ni (II), Cu (II) ve Cd(II) ekstraksiyonuna etkisi (Besleme fazı)								
1000								
Süre (Saat)	Co		Ni		Cu		Cd	
	C,mg/L	C/Co(-)	C,mg/L	C/Co(-)	C,mg/L	C/Co(-)	C,mg/L	C/Co(-)
0	98,6	1,000	98,3	1,000	98,3	1,000	98,3	1,000
1	95,35	0,967	95,55	0,972	96,04	0,977	98,24	1,000
2	81,94	0,831	82,57	0,840	85,03	0,865	98,21	1,000
3	59,36	0,602	61,54	0,626	63,21	0,643	98,45	1,000
4	33,33	0,338	34,31	0,349	37,06	0,377	98,77	1,000
Süre (Saat)	Co		Ni		Cu		Cd	
	C,mg/L	C/Co(-)	C,mg/L	C/Co(-)	C,mg/L	C/Co(-)	C,mg/L	C/Co(-)
0	98,6	1,000	98,3	1,000	98,3	1,000	98,3	1,000
1	90,81	0,921	91,62	0,932	92,20	0,938	98,46	1,000
2	80,65	0,818	81,29	0,827	82,47	0,839	98,04	1,000
3	58,96	0,598	58,88	0,599	59,18	0,602	98,13	1,000
4	29,68	0,301	32,05	0,326	33,32	0,339	98,18	1,000
Süre (Saat)	Co		Ni		Cu		Cd	
	C,mg/L	C/Co(-)	C,mg/L	C/Co(-)	C,mg/L	C/Co(-)	C,mg/L	C/Co(-)
0	98,6	1,000	98,3	1,000	98,3	1,000	98,3	1,000
1	97,12	0,985	97,22	0,989	97,32	0,99	98,48	1,000
2	86,97	0,882	87,19	0,887	88,08	0,896	98,46	1,000
3	66,16	0,671	66,55	0,677	66,75	0,679	98,57	1,000
4	35,69	0,362	36,47	0,371	36,96	0,376	98,75	1,000
Karıştırma hızının Co (II), Ni (II), Cu (II) ve Cd(II) ekstraksiyonuna etkisi (Sıyırma fazı)								
1000								
Süre (Saat)	Co		Ni		Cu		Cd	
	C,mg/L	C/Co(-)	C,mg/L	C/Co(-)	C,mg/L	C/Co(-)	C,mg/L	C/Co(-)
0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	2,07	0,021	1,57	0,016	1,18	0,012	0	0
2	11,73	0,119	10,81	0,110	10,12	0,103	0	0
3	29,38	0,298	34,11	0,347	34,99	0,356	0	0
4	55,91	0,567	51,21	0,521	49,44	0,503	0	0

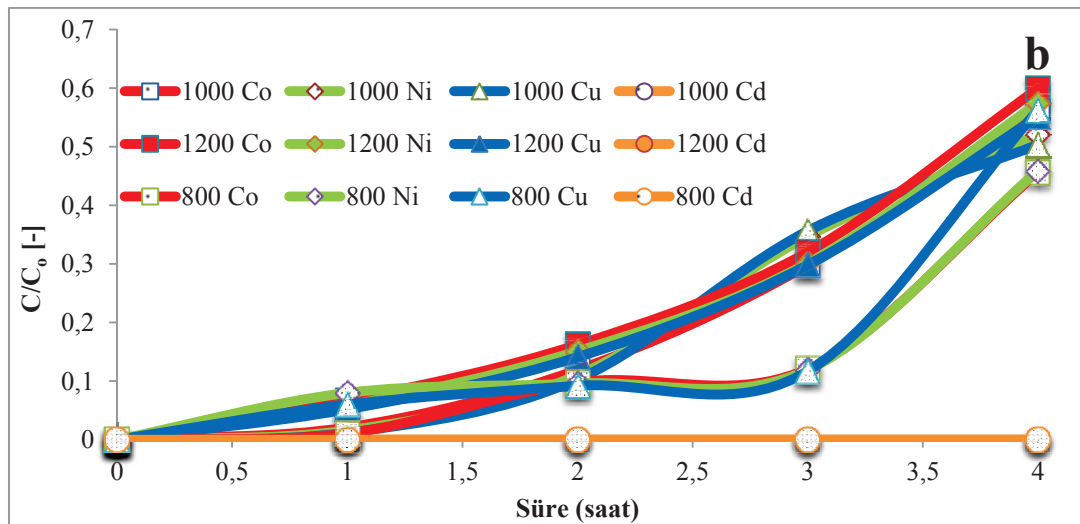
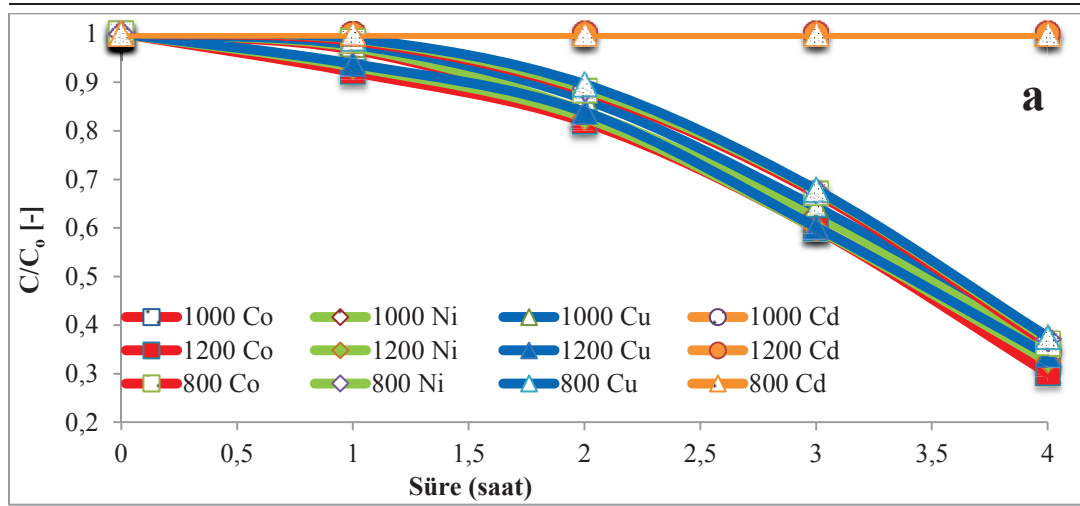


Tablo 4.10. (Devamı)  
1200

Süre (Saat)	Co		Ni		Cu		Cd	
	C,mg/L	C/Co(-)	C,mg/L	C/Co(-)	C,mg/L	C/Co(-)	C,mg/L	C/Co(-)
0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	6,61	0,067	5,70	0,058	5,11	0,052	0	0
2	15,97	0,162	14,84	0,151	13,86	0,141	0	0
3	31,55	0,320	29,59	0,301	29,29	0,298	0	0
4	59,06	0,599	56,42	0,574	54,16	0,551	0	0

Süre (Saat)	Co		Ni		Cu		Cd	
	C,mg/L	C/Co(-)	C,mg/L	C/Co(-)	C,mg/L	C/Co(-)	C,mg/L	C/Co(-)
0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	1,008	0,011	0,786	0,008	0,589	0,006	0	0
2	9,66	0,098	9,44	0,096	9,04	0,092	0	0
3	11,93	0,121	11,69	0,119	11,50	0,117	0	0
4	44,96	0,456	45,12	0,459	55,24	0,562	0	0



Şekil 4.10. Membran 4'ün , pH 4'te, karıştırma hızının Co(II), Ni(II), Cu(II) ve Cd(II) ekstraksiyonuna etkisi (besleme (a) ve sıyırma (b)): Membran 4 (Ekstraktant Cinsi: Fenantrolin (440 mg); Plastikleştirici (2-NPPE): 0,2 mL, Çözücü: Diklorometan (80 mL)); Polimer Cinsi: CTA (480 mg); Membran Kalınlığı: 32µm, Besleme çözeltisi pH:4; Besleme çözeltisi konsantrasyonu: 100 mg/L (1 M NaOH + 1 M CH<sub>3</sub>COOH); Sıyırma çözeltisi konsantrasyonu: 1 M NH<sub>3</sub>+1 M TEA; Besleme ve sıyırma çözeltisi hacmi: 250 mL; NH<sub>4</sub>SCN konsantrasyonu: 0,5 M)

#### 4.11. Membran 5 Bileşiminin, pH 4'te, Karıştırma Hızının Co(II), Ni(II), Cu(II) ve Cd(II) Ekstraksiyonuna Etkisi

Besleme konsantrasyonu Co(II), Ni(II), Cu(II) ve Cd(II) tamponlu 1 M NaOH + 1 M CH<sub>3</sub>COOH (100 mg/L) ve sıyırma konsantrasyonu 1 M TEA + 1 M NH<sub>3</sub>, ekstraktant cinsi 1,10-fenantrolin (453 mg), plastikleştirici 2-NPPE (0,2 mL), çözücü diklorometan (100 mL), polimer cinsi CTA (480 mg), membran kalınlığı 15 µm ve NH<sub>4</sub>SCN konsantrasyonu 0,5 M kullanılmış, pH 4'te ve deney gerçekleştirilmiştir.

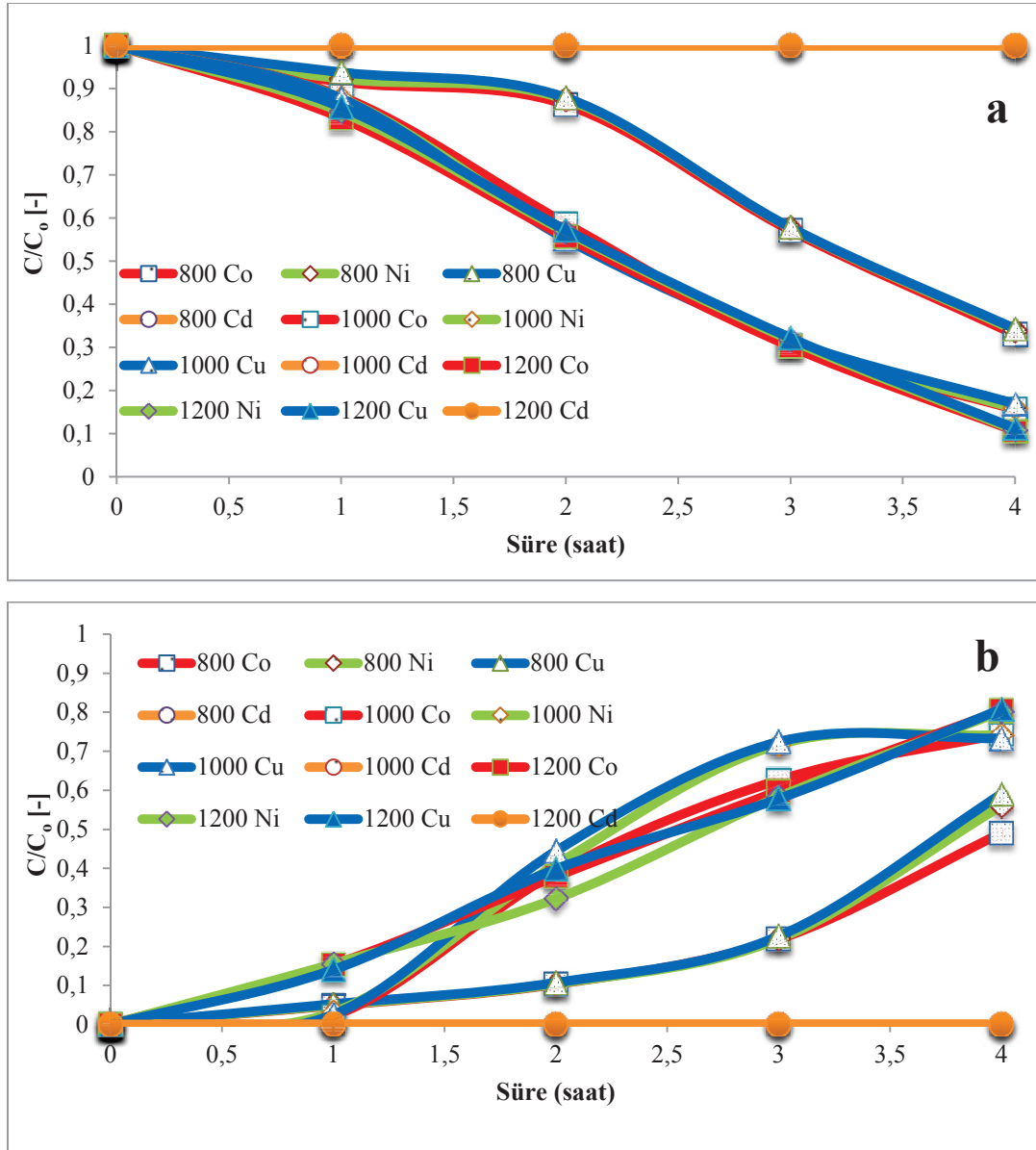
Karıştırma hızlarını 800dev/dak, 1000 dev/dak ve 1200 dev/dak olarak değiştirerek, farklı karıştırma hızlarının verimleri hesaplanmıştır. Tablo 4.11 ve Şekil 4.11'de gösterilmiştir

Tablo 4.11. Membran 5'in, pH 4'te, karıştırma hızının Co(II), Ni(II), Cu(II) ve Cd(II) ekstraksiyonuna etkisi (besleme ve sıyırma): Membran 5 (Ekstraktant Cinsi: Fenantrolin (453 mg); Plastikleştirici (2-NPPE): 0,2 mL, Çözücü: Diklorometan (100 mL)); Polimer Cinsi: CTA (480 mg); Membran Kalınlığı: 15µm, Besleme çözeltisi pH; Besleme çözeltisi konsantrasyonu: 100 mg/L (1 M NaOH + 1 M CH<sub>3</sub>COOH) ;Sıyırma çözeltisi konsantrasyonu: 1 M NH<sub>3</sub>+1 M TEA; Besleme ve sıyırma çözeltisi hacmi: 250 mL; NH<sub>4</sub>SCN konsantrasyonu: 0,5 M).

Karıştırma hızının Co (II), Ni (II), Cu (II) ve Cd(II) ekstraksiyonuna etkisi (Besleme fazı)								
Süre (Saat)	Co		Ni		Cu		Cd	
	C,mg/L	C/Co(-)	C,mg/L	C/Co(-)	C,mg/L	C/Co(-)	C,mg/L	C/Co(-)
800								
0	99,56	1,000	99,56	1,000	99,56	1,000	99,56	1,000
1	91,19	0,916	91,89	0,923	93,38	0,938	99,87	1,000
2	85,92	0,863	87,12	0,875	87,51	0,879	99,98	1,000
3	56,85	0,571	57,45	0,577	57,65	0,579	99,47	1,000
4	32,85	0,330	33,75	0,339	34,15	0,343	99,08	1,000
1000								
0	99,56	1,000	99,56	1,000	99,56	1,000	99,56	1,000
1	87,81	0,882	87,41	0,878	87,31	0,877	99,56	1,000
2	58,44	0,587	55,85	0,561	54,86	0,551	99,94	1,000
3	30,36	0,305	31,06	0,312	31,46	0,316	99,67	1,000
4	15,53	0,156	15,73	0,158	13,04	0,131	99,99	1,000
1200								
0	99,56	1,000	99,56	1,000	99,56	1,000	99,56	1,000
1	82,83	0,832	84,23	0,846	85,32	0,857	99,58	1,000
2	55,35	0,556	56,55	0,568	56,95	0,572	99,74	1,000
3	30,07	0,302	31,56	0,317	32,06	0,322	99,76	1,000
4	10,55	0,106	10,75	0,108	11,15	0,112	99,77	1,000

Tablo 4.11. (Devamı)  
 Karıştırma hızının Co (II), Ni (II), Cu (II) ve Cd(II) ekstraksiyonuna etkisi (Sıyırma fazı)

800								
Süre (Saat)	Co		Ni		Cu		Cd	
	C,mg/L	C/Co(-)	C,mg/L	C/Co(-)	C,mg/L	C/Co(-)	C,mg/L	C/Co(-)
0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	4,78	0,048	4,88	0,049	5,18	0,052	0	0
2	10,25	0,103	10,35	0,104	10,65	0,107	0	0
3	21,70	0,218	21,80	0,219	48,09	0,483	0	0
4	48,78	0,49	55,75	0,56	61,43	0,617	0	0
1000								
Süre (Saat)	Co		Ni		Cu		Cd	
	C,mg/L	C/Co(-)	C,mg/L	C/Co(-)	C,mg/L	C/Co(-)	C,mg/L	C/Co(-)
0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	2,19	0,022	3,09	0,031	2,49	0,025	0	0
2	38,73	0,389	40,72	0,409	40,72	0,409	0	0
3	62,32	0,626	71,38	0,717	72,08	0,724	0	0
4	74,07	0,744	73,87	0,742	72,98	0,733	0	0
1200								
Süre (Saat)	Co		Ni		Cu		Cd	
	C,mg/L	C/Co(-)	C,mg/L	C/Co(-)	C,mg/L	C/Co(-)	C,mg/L	C/Co(-)
0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	15,23	0,153	15,43	0,155	13,94	0,140	0	0
2	37,73	0,379	32,06	0,322	39,62	0,398	0	0
3	59,54	0,598	58,04	0,583	57,55	0,578	0	0
4	80,05	0,804	79,85	0,802	80,44	0,808	0	0



Şekil 4.11. Membran 5'in, pH 4'te, karıştırma hızının Co(II), Ni(II), Cu(II) ve Cd(II) ekstraksiyonuna etkisi (besleme (a) ve sıyırma (b)): Membran 5 bileşimi (Ekstraktant Cinsi: Fenantrolin (453 mg); Plastikleştirici (2-NPPE): 0,2 mL, Çözücü: Diklorometan (100 mL)); Polimer Cinsi: CTA (480 mg); Membran Kalınlığı: 15µm, Besleme çözeltisi pH:4; Besleme çözeltisi konsantrasyonu: 100 mg/L (1 M NaOH + 1 M CH<sub>3</sub>COOH); Sıyırma çözeltisi konsantrasyonu: 1 M NH<sub>3</sub>+1 M TEA; Besleme ve sıyırma çözeltisi hacmi: 250 mL;NH<sub>4</sub>SCN konsantrasyonu: 0,5 M).

#### 4.12. Membran 5 Bileşiminin, pH 3,5'ta, Karıştırma Hızının Co(II), Ni(II), Cu(II) ve Cd(II) Ekstraksiyonuna Etkisi

Besleme konsantrasyonu Co(II), Ni(II), Cu(II) ve Cd(II) tamponlu 1 M NaOH + 1 M CH<sub>3</sub>COOH (100 mg/L) ve sıyırma konsantrasyonu 1 M TEA + 1 M NH<sub>3</sub>, ekstraktant cinsi 1,10-fenantrolin (453 mg), plastikleştirici 2-NPPE (0,2 mL), çözücü diklorometan (100 mL), polimer cinsi CTA (480 mg), membran kalınlığı 15 µm ve NH<sub>4</sub>SCN konsantrasyonu 0,5 M kullanılmış, pH 3,5'te ve deney gerçekleştirilmiştir.

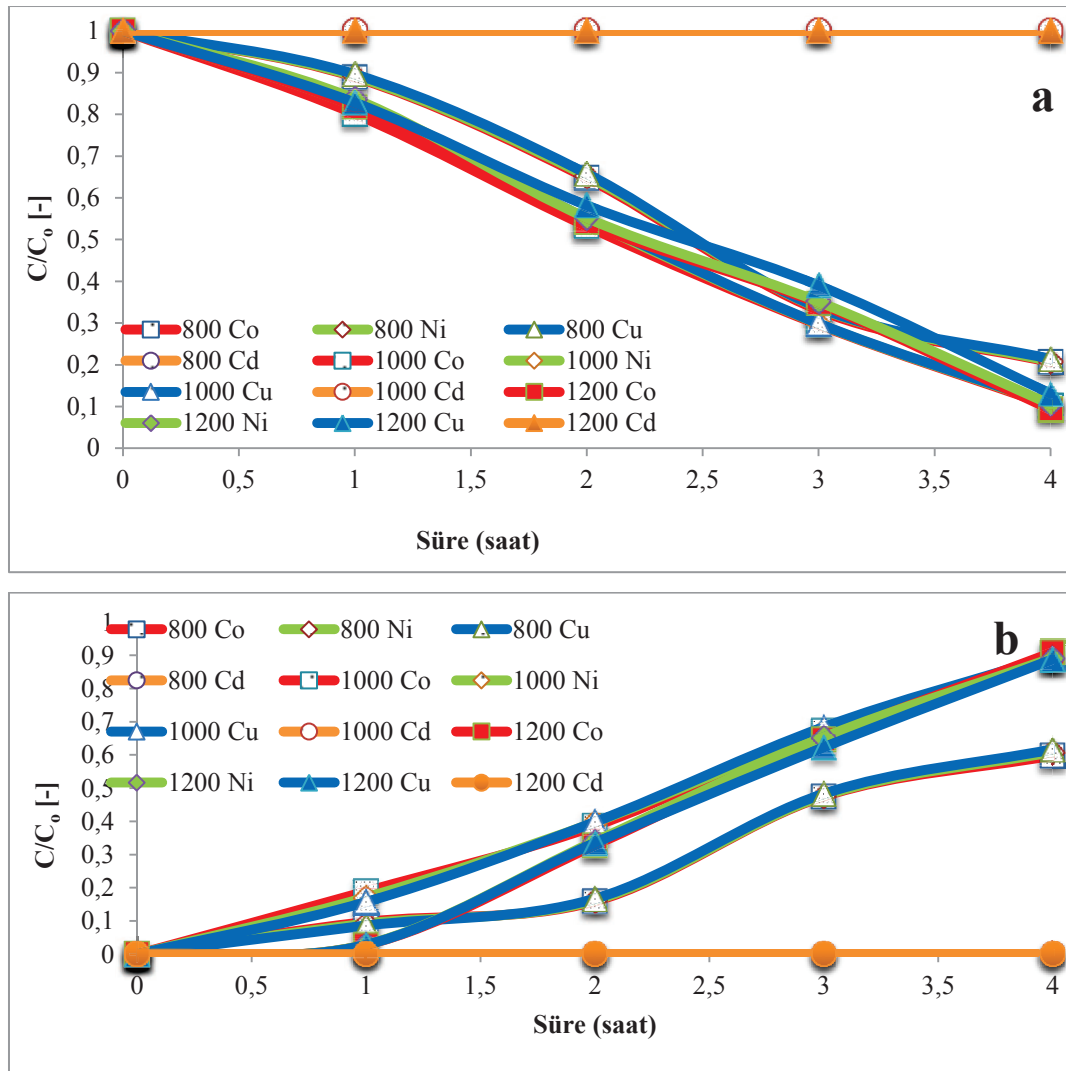
Karıştırma hızlarını 800dev/dak, 1000 dev/dak ve 1200 dev/dak olarak değiştirerek, farklı karıştırma hızlarının verimleri hesaplanmıştır. Tablo 4.12. ve Şekil 4.12.'de gösterilmiştir.

Tablo 4.12. Membran 5'in , pH 3,5'ta , karıştırma hızının Co(II), Ni(II), Cu(II) ve Cd(II) ekstraksiyonuna etkisi (besleme ve sıyırma): Membran 5 (Ekstraktant Cinsi: Fenantrolin (453 mg); Plastikleştirici (2-NPPE): 0,2 mL, Çözücü: Diklorometan (100 mL)); Polimer Cinsi: CTA (480 mg); Membran Kalınlığı: 15µm, Besleme çözeltisi pH:3,5; Besleme çözeltisi konsantrasyonu: 100 mg/L; Sıyırma çözeltisi konsantrasyonu: 1 M NH<sub>3</sub>+1 M TEA; Besleme ve sıyırma çözeltisi hacmi: 250 mL; NH<sub>4</sub>SCN konsantrasyonu: 0,5 M).

Karıştırma hızının Co (II), Ni (II), Cu (II) ve Cd(II) ekstraksiyonuna etkisi (Besleme fazı)								
800								
Süre (Saat)	Co		Ni		Cu		Cd	
	C,mg/L	C/Co(-)	C,mg/L	C/Co(-)	C,mg/L	C/Co(-)	C,mg/L	C/Co(-)
0	99,32	1,000	99,32	1,000	99,32	1,000	99,32	1,000
1	88,29	0,889	88,49	0,891	88,99	0,896	99,25	1,000
2	64,26	0,647	64,76	0,652	65,35	0,658	99,71	1,000
3	32,87	0,331	33,37	0,336	33,47	0,337	99,93	1,000
4	20,46	0,206	20,66	0,208	21,25	0,214	99,41	1,000
1000								
Süre (Saat)	Co		Ni		Cu		Cd	
	C,mg/L	C/Co(-)	C,mg/L	C/Co(-)	C,mg/L	C/Co(-)	C,mg/L	C/Co(-)
0	99,32	1,000	99,32	1,000	99,32	1,000	99,32	1,000
1	79,56	0,801	81,34	0,819	81,74	0,823	99,35	1,000
2	52,84	0,532	54,33	0,547	54,73	0,551	99,37	1,000
3	29,39	0,296	29,59	0,298	29,69	0,299	99,42	1,000
4	10,13	0,102	10,43	0,105	10,63	0,107	99,47	1,000
1200								
Süre (Saat)	Co		Ni		Cu		Cd	
	C,mg/L	C/Co(-)	C,mg/L	C/Co(-)	C,mg/L	C/Co(-)	C,mg/L	C/Co(-)
0	99,32	1,000	99,32	1,000	99,32	1,000	99,32	1,000
1	81,24	0,818	83,13	0,837	82,24	0,828	99,33	1,000
2	53,73	0,541	54,83	0,552	57,80	0,582	99,12	1,000
3	34,46	0,347	34,86	0,351	38,73	0,39	99,11	1,000
4	9,237	0,093	10,43	0,105	13,01	0,131	99,09	1,000

Tablo 4.12. (Devamı)  
Karıştırma hızının Co (II), Ni (II), Cu (II) ve Cd(II) ekstraksiyonuna etkisi (Sıyırma fazı)

800								
Süre (Saat)	Co		Ni		Cu		Cd	
	C,mg/L	C/Co(-)	C,mg/L	C/Co(-)	C,mg/L	C/Co(-)	C,mg/L	C/Co(-)
0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	9,63	0,097	9,14	0,092	9,53	0,096	0	0
2	15,73	0,159	16,09	0,162	16,59	0,167	0	0
3	47,177	0,475	47,37	0,477	47,97	0,483	0	0
4	59,39	0,598	60,49	0,609	61,28	0,617	0	0
1000								
Süre (Saat)	Co		Ni		Cu		Cd	
	C,mg/L	C/Co(-)	C,mg/L	C/Co(-)	C,mg/L	C/Co(-)	C,mg/L	C/Co(-)
0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	18,77	0,189	16,98	0,171	15,59	0,157	0	0
2	38,34	0,386	39,43	0,397	39,53	0,398	0	0
3	66,84	0,673	67,34	0,678	67,93	0,684	0	0
4	88,49	0,891	88,69	0,893	89,19	0,898	0	0
1200								
Süre (Saat)	Co		Ni		Cu		Cd	
	C,mg/L	C/Co(-)	C,mg/L	C/Co(-)	C,mg/L	C/Co(-)	C,mg/L	C/Co(-)
0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	2,78	0,028	2,88	0,029	2,78	0,028	0	0
2	32,58	0,328	33,77	0,34	33,27	0,335	0	0
3	64,26	0,647	64,86	0,653	61,88	0,623	0	0
4	90,28	0,909	88,59	0,892	88,19	0,888	0	0



Şekil 4.12. Membran 5 Bileşiminin, pH 3,5'ta, karıştırma hızının Co(II), Ni(II), Cu(II) ve Cd(II) ekstraksiyonuna etkisi (besleme (a) ve sıyırma (b)): Membran 5 (Ekstraktant Cinsi: Fenantrolin (453 mg); Plastikleştirici (2-NPPE): 0,2 mL, Çözücü: Diklorometan (100 mL)); Polimer Cinsi: CTA (480 mg); Membran Kalınlığı: 15 $\mu$ m, Besleme çözeltisi pH:3,5; Besleme çözeltisi konsantrasyonu: 100 mg/L; Sıyırma çözeltisi konsantrasyonu: 1 M NH<sub>3</sub>+1 M TEA; Besleme ve sıyırma çözeltisi hacmi: 250 mL; NH<sub>4</sub>SCN konsantrasyonu: 0,5 M).

#### 4.13. Membran 5 Bileşiminin Optimum Şartları

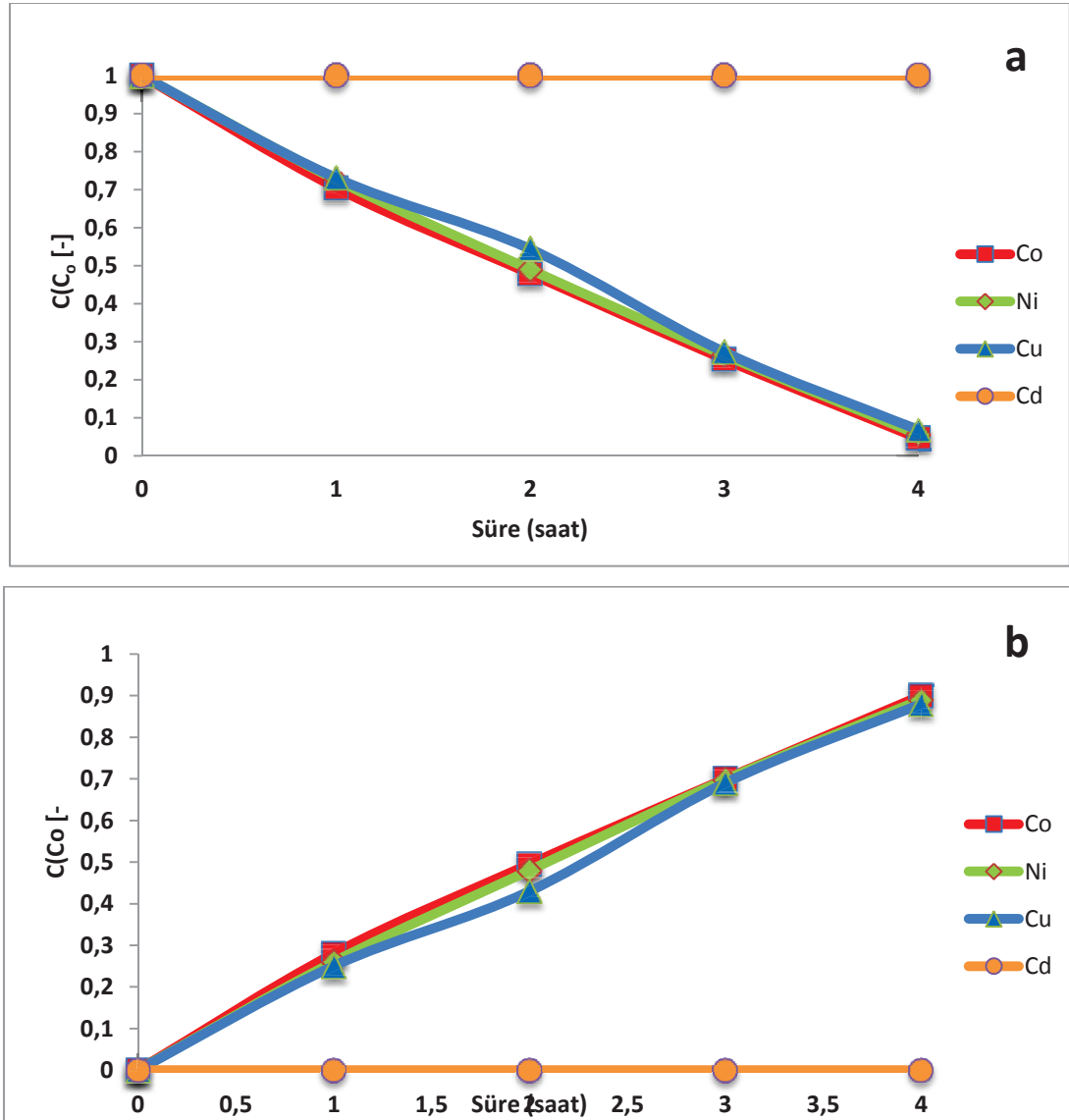
Besleme konsantrasyonu Co(II), Ni(II), Cu(II) ve Cd(II) tamponlu 1 M NaOH + 1 M CH<sub>3</sub>COOH (100 mg/L) ve sıyırma konsantrasyonu 1 M TEA + 1 M NH<sub>3</sub>, ekstraktant cinsi 1,10-fenantrolin (453 mg), plastikleştirici 2-NPPE (0,2 mL), çözücü diklorometan (100 mL), polimer cinsi CTA (480 mg), membran kalınlığı 15  $\mu$ m ve NH<sub>4</sub>SCN konsantrasyonu 0,5 M kullanılmış, pH 3,5'te ve deney gerçekleştirilmiştir.

Karıştırma hızı 1200 dev/dak'da verim hesaplanmıştır. Tablo 4.13. ve Şekil 4.13.'te gösterilmiştir

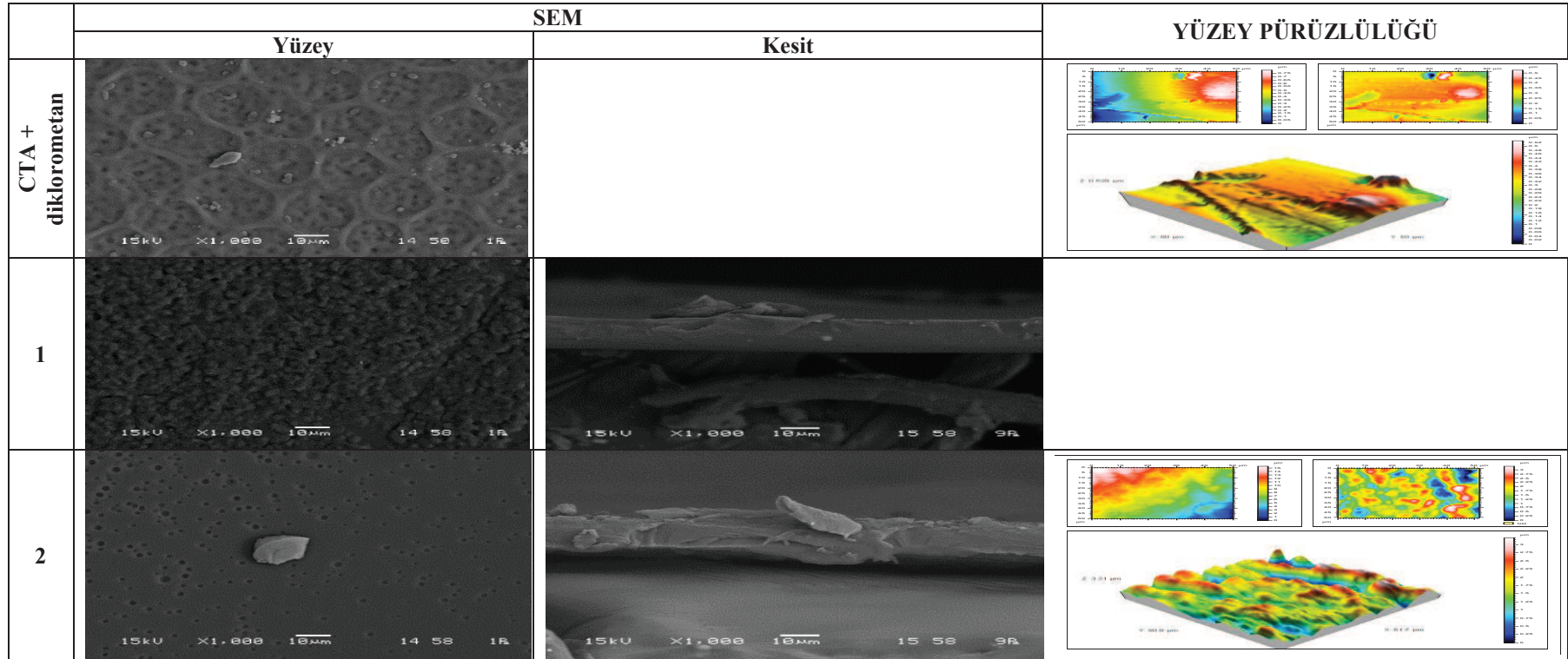
Tablo 4.13. Membran 5 bileşiminin optimum şartları, Karıştırma hızının Co(II), Ni(II), Cd(II), Cu(II) ve Cd(II) ekstraksiyonuna etkisi (besleme ve sıyırma): Membran 5 Optimum Şart (Ekstraktant Cinsi: Fenantrolin (453 mg); Plastikleştirici (2-NPPE): 0,2 mL, Çözücü: Diklorometan (100 mL)); Polimer Cinsi: CTA (480 mg); Membran Kalınlığı: 20µm. Besleme çözeltisi pH:3,5; Besleme çözeltisi konsantrasyonu: 100 mg/L ;Sıyırma çözeltisi konsantrasyonu: 1 M NH<sub>3</sub>+1 M TEA; Besleme ve sıyırma çözeltisi hacmi: 250 mL; NH<sub>4</sub>SCN konsantrasyonu: 0,5 M).

Karıştırma hızının Co (II) , Ni(II), Cu (II) ve Cd(II) ekstraksiyonuna etkisi (Besleme fazı)								
1200								
Süre (Saat)	Co		Ni		Cu		Cd	
	C,mg/L	C/Co(-)	C,mg/L	C/Co(-)	C,mg/L	C/Co(-)	C,mg/L	C/Co(-)
1	99,97	1,000	99,97	1,000	99,97	1,000	100,0	1,000
2	70,48	0,705	72,58	0,726	73,08	0,731	100,0	1,000
3	47,88	0,479	48,98	0,49	54,39	0,544	100,0	1,000
4	25,39	0,254	26,49	0,265	27,29	0,273	100,0	1,000
5	4,599	0,046	5,598	0,056	6,798	0,068	100,0	1,000
Karıştırma hızının Co (II) , Ni(II), Cu (II) ve Cd(II) ekstraksiyonuna etkisi (Sıyırma fazı)								
1200								
Süre (Saat)	Co		Ni		Cu		Cd	
	C,mg/L	C/Co(-)	C,mg/L	C/Co(-)	C,mg/L	C/Co(-)	C,mg/L	C/Co(-)
1	0	0	0	0	0	0	0	0
2	27,99	0,28	25,99	0,26	24,99	0,25	0	0
3	49,49	0,495	47,99	0,48	42,98	0,43	0	0
4	69,98	0,70	69,78	0,698	68,98	0,69	0	0
5	89,97	0,90	88,97	0,89	87,97	0,88	0	0

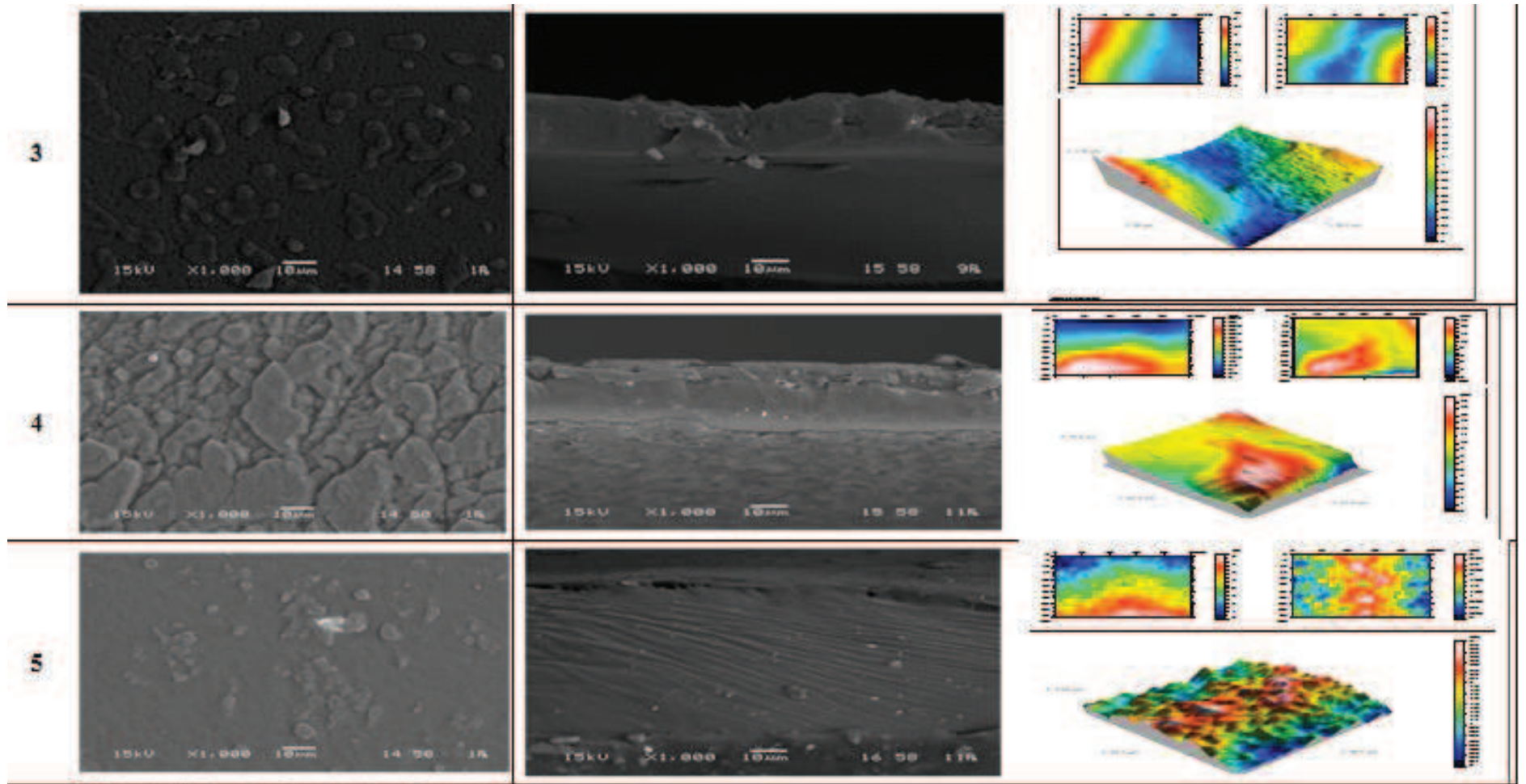




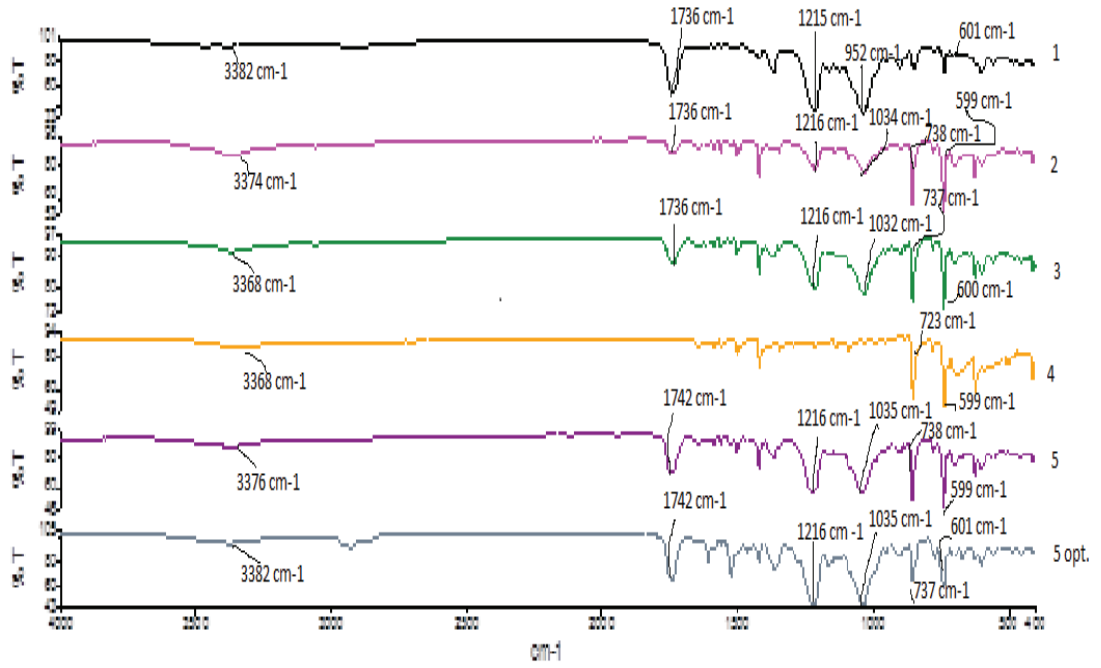
Şekil 4.13. Karıştırma hızının Co(II), Ni(II), Cu(II) ve Cd(II) ekstraksiyonuna etkisi (Besleme (a) ve sıyırma (b)) Membran 5 Optimum Şart (Ekstraktant Cinsi: Fenantrolin (453 mg); Plastikleştirici (2-NPPE): 0,2 mL, Çözücü: Diklorometan (100 mL)); Polimer Cinsi: CTA (480 mg); Membran Kalınlığı: 20 $\mu$ m, Besleme çözeltisi pH:3,5; Besleme çözeltisi konsantrasyonu: 100 mg/L ;Sıyırma çözeltisi konsantrasyonu: 1 M NH<sub>3</sub>+1 M TEA; Besleme ve sıyırma çözeltisi hacmi: 250 mL; NH<sub>4</sub>SCN konsantrasyonu: 0,5 M).



Şekil 4.14. SEM ve yüzey pürüzlülüğü görüntüleri



Şekil 4.14. (Devamı)



Şekil 4.15. 5 farklı membran için FT-IR Spektrum ölçümü

Şekil 4.15’de içerikleri aynı fakat, miktarları ve hazırlanışları farklı olan membranların FT-IR’leri mevcuttur. Spektrumda sırasıyla 3368, 3374, 3382  $\text{cm}^{-1}$  olarak geniş bant aralığında su molekülünün OH gerilme titreşimi gözlemlendi. 1500-1675  $\text{cm}^{-1}$  C=N gruplarının gerilme titreşimleri mevcuttur.

## BÖLÜM 5. SONUÇLAR

Bu çalışmada, kobalt, nikel, bakır ve kadmiyum içeren seyreltik sulu çözeltilerden, 1,10 fenantrolin içeren polimer içerikli membranlar kullanılarak metallerin ekstraksiyonu, besleme ve sıyırma çözeltileri karıştırma hızı, konsantrasyonları, pH'sı, farklı membran kompozisyonları için incelenerek en iyi ekstraksiyonun sağlandığı membran şartları tespit edilmiştir.

1. Besleme çözeltisi  $\text{Co}^{2+}$ ,  $\text{Ni}^{2+}$ ,  $\text{Cu}^{2+}$  ve  $\text{Cd}^{2+}$  pH 3,5 ve 4 olarak değiştirilmiştir. En yüksek verimimiz pH 3,5 de 5 saatte %96 olarak bulunmuştur. Ekstrakte edilen metallerin verimlerine göre sıralamaları  $\text{Co} > \text{Ni} > \text{Cu} > \text{Cd}$
2. Sıyırma çözeltisi (1 M  $\text{NH}_3$  + 1 M TEA ) konsantrasyonu değiştirilmemiştir
3. Polimer olarak CTA kullanılmıştır.
4.  $\text{NH}_4\text{SCN}$  konsantrasyonu 0,5 M olarak kullanılmıştır.
5. Modifiyer konsantrasyonu, en yüksek verim PEG %96 olarak bulunmuştur.
6. Plastikleştirici konsantrasyonu 0,2 ml 2-NPPE olarak kullanılmıştır.
7. Ekstraktant konsantrasyonu, en yüksek verim 1,10-fenantrolin %96 olarak bulunmuştur.
8. Membran kalınlığı, 15  $\mu\text{m}$ , 18  $\mu\text{m}$ , 19  $\mu\text{m}$ , 20  $\mu\text{m}$  ve 32  $\mu\text{m}$  olarak değiştirilmiştir. En yüksek verim ise 15  $\mu\text{m}$ 'de bulunmuştur.
9. Besleme (100 ppm) ve sıyırma çözeltileri (100 ppm) karıştırma hızları 800 devir/dakika ile 1200 devir/dakika arasında değiştirilmiştir. En yüksek verim ise 1200 devir/dakikada %96 olarak bulunmuştur.
10. Deneysel parametreler incelendikten sonra optimum şartlar aşağıdaki gösterilmektedir:
  - a. Modifiyer konsantrasyonu: (PEG) %8
  - b. Plastikleştirici konsantrasyonu: (2-NPPE) 0,2 mL
  - c. Ekstraktant konsantrasyonu: (1,10-Fenantrolin) %35
  - d. Sıyırma çözeltisi: 1 M  $\text{NH}_3$  + 1 M TEA

- e. Besleme çözeltilisi pH'ı : 3,5
- f.  $\text{NH}_4\text{SCN}$  konsantrasyonu: 0,5 M
- g. Membran kalınlığı: 15  $\mu\text{m}$

Membran karışımında yer alan maddelerin membran morfolojisini etkisini görebilmek için ayrı ayrı ATR tekniği ile FT-IR, SEM ve AFM görüntüleri alındı.

## KAYNAKLAR

- A. G. Gaikwad. 2014. Modification and application of cellulose fibers for the transport of carbonate ions, *Int J Ind Chem.* 5:12.
- Aguilar, J.C., Sanchez-Castellanos, M., San Miguel, E.R., Gyves, J. 2001. Cd (II) and Pb (II) extraction and transport modeling in SLM and PIM systems using Kelex 100 as carrier. *J. Membr. Sci.* 190(1): 107–118.
- Andrea B., Vito L. 2010. 1,10-Phenanthroline: A versatile building block for the construction of ligands for various purposes. *Coordin. Chem. Rev.* 254: 2096–2180.
- Arslan M. 2016. *Membran Teknolojileri.* 1.Baskı, T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Yayıncı Sertifika No: 12342.
- Bhattacharyya, A., Mohapatra, P.K., Hassan, P.A., Manchanda, V.K. 2001. Studies on the selective Am<sup>3+</sup> transport, irradiation stability and surface morphology of polymer inclusion membranes containing Cyanex-301 as carrier extractant. *J. Hazard. Mater* 192:116– 123.
- Blake A.J., Demartin F., Devillanova F.A., Garau A., Isaia F., Lippolis V., Schröder M., Verani G.,. 1996. A new class of mixed aza-thioether crown containing a 1,10-phenanthroline sub-unit, *J. Chem. Soc., Dalton Trans.* 3705.
- Bloch R., Finklestein, A., Kedem, O., Vosfi, D. 1967. Metal-ion separation by dialysis through solvent membranes. *Ind. Eng. Chem. Prod. Res. Dev.* 6(2): 231–237.
- Bloch, R. 1970. Hydrometallurgical separations by solvent membranes. in: J.E. Flinn (Ed.) *Membrane Science and Technology.* Plenum Press, New York, pp. 171–187.
- Bühlmann, P., Pretsch, E. Bakker, E. 1998. *Chem. ReV.* 98, 1593.
- Cheremisinoff, N.P. 2002. *Handbook of Water and Waste Water Treatment Technologies.* Butterworth-Heinemann, USA.



- Contu F., Demrtin F., Devillanova F.A., Garau A, F. Isaia, Lippolis V., Verani G., Salis A. 1997. Conformationally locked mixed thia-aza macrocycles: synthesis and structures of complexes of PdII, PtII and RhIII of 2,5,8-trithia-[9](2,9)-1,10-phenanthroline, *J. Chem. Soc., Dalton Trans.* 4401.
- Cui F., Jiang Y., Field R.W. 2010. *Membrane Technology*. Els. 1-12, Oxford, UK.
- Cussler, E.L. 1991. Facilitated transport, in: R.W. Baker, et al. (Eds.) *Membrane Separation Systems: Recent Developments and Future Directions*. Noyes Data Corp., New Jersey, pp. 242–275.
- Cussler, E.L., Aris, R., Bhowan, A. 1989. On the limits of facilitated diffusion. *J. Membr. Sci.* 43(2/3): 149–164.
- De, A.K.; Khopkar, S.M. Chalmers, R.A. 1970. *Solvent extraction of metals*. Van Nostrand-Reinhold, New York.
- Elena L., Jose A. G., Jaime R., Sofia P., Antonio S. and Alanso C., Cacilia M. 1994. Electrochemical synthesis and structural characterization of Nickel(II) and Copper(II) complexes of tridentate Schiff bases: Molecular structure of the five-coordinated Copper(II) complex: 1,10-phenanthroline 2-(2-oxyphenyl)iminomethylphenolato)Copper(II). Pergamon, 0277-5387(94)00292-4.
- Fontas, C., Tayeb, R., Tingry, S., Hidalgo, M., Seta, P. 2005. Transport of platinum (IV) through supported liquid membrane (SLM) and polymeric plasticized membrane (PPM) *J. Membr. Sci.* 263(1– 2): 96–102.
- Fried, J.R. 2003. *Polymer Science and Technology*. Prentice-Hall PTR, Second Edition. 485-525.
- Gaikwad A. G. 2014. Modification and application of cellulose fibers for the transport of carbonate ions, *Int J Ind Chem.* 5:12.
- George E. A., Elizabeth A. M., Katherine M., George E. F., Nikolas A. C. 2001. Theoretical and experimental studies of metallated phenanthroline derivatives as carriers for the optimization of the nitrate sensor. *Anal. Chim. Acta* 439: 273–280.
- Izatt, R. M.; Clark, G. A.; Bradshaw, J. S.; Lamb, J. D.; Christensen, J. J. 1986. *Sep. Purif. Methods* 15, 21.



- Jan J., John W. D., Barry G.D. H., Arnold G. F., Brian J. B. 2007. Hexacyanoferrate(III) as a mediator in the determination of total iron in potable waters as iron(II)-1,10-phenanthroline at a single-use screen-printed carbon sensor device. *Talanta*, 71: 202–207.
- K. Ooi, H. Kanoh, H. Sugihara, K. 1997. Hiratani, Lithium isotope fractionation during transport through liquid membrane with oligomethylene-bridged biphenanthroline derivatives. *Chem. Lett.* 615.
- Kaya, A. 2007. “Ağır metallerin sulu çözeltilerden polimer membranlar ve polimer adsorplayıcılar kullanılarak ayrılması”, Yüksek Lisans Tezi, Afyonkarahisar Kocatepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 71 s.
- Kim, J.S., Kim, S.K., Cho, M.H., Lee, S.H., Kim, J.Y., Kwon, S.-G., Lee, E.-H. 2001. Permeation of silver ion through polymeric CTA membrane containing acyclic polyether bearing amide and amine end-group. *Bull. Kor. Chem. Soc.* 22(10): 1076–1080.
- Kim, J.S., Kim, S.K., Ko, J.W., Kim, E.T., Yu, S.H., Cho, M.H., Kwon, S.G., Lee, E.H. 2000. Selective transport of cesium ion in polymeric CTA membrane containing calixcrown ethers. *Talanta* 52(6): 1143–1148.
- Koyuncu, 2001. Nanofiltrasyon Membranları ile Tuz Gideriminde Organikyon Etkisi. Doktora Tezi, ITU Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Kozłowski C., Apostoluk W., Walkowiak E., Kita A. 2002. Removal of Cr (VI), Zn (II) and Cd (II) ions by transport across polymer inclusion membranes with basic ion carriers, *Physicochem. Probl. Mi.* 36:115-122.
- Kun Y., Qiaoning W., Min L., Lingxin C. 2019. Microorganism remediation strategies towards heavy metals. *Chem. Eng. J.* 360: 1553-1563.
- L. H. Mujawar, M. I. Rashid, Z. A. Rehan, T. Almeelbi, J. M. Basahi, M. S. El-Shahawi, A. 2017. Highly Structured 1,10-Phenanthroline Arrayed Hydrophobic Sulfone Membrane Platform for the Rapid Determination and Speciation of  $Fe^{2+}/Fe^{3+}$  Ions in Water. *Anal. Sci.* VOL. 33.
- Lihui G., Jinyan D., Lirong Z., Qian X., Gaojun W., Chaofan Z. 2012. Synthesis and applications of 3,6-carbazole-based conjugated side-chain copolymers containing complexes of 1,10-phenanthroline with Zn(II), Cd(II) and Ni(II) for dye-sensitized solar cells. *Dyes Pigm.* 92: 1062-1068.
- Llyod, P.J.D. 2004. Principles of industrial solvent extraction. in: J. Rydberg, et al. (Eds.), *Solvent Extraction Principles and Practices*. Marcel Dekker, Inc., New York, 2004.

- M. Ines G.S. A., Robert W. C., Spas D. K., Recent trends in extraction and transport of metal ions using polymer inclusion membranes (PIMs), *J. Membr. Sci.* 415-416 (2012) 9-23.
- M. Shamsipur, S. Y. Kazemi, G. Azimi, S. S. Madaeni, V. Lippolis, A. Garau, F. Isaia, 2003. Selective transport of silver ion through a supported liquid membrane using some mixed aza-thioether crowns containing a 1,10-phenanthroline sub-unit as specific ion carriers, *J. Memb. Sci.* 215: 87–93.
- M.E. Sobhia, K. Panneerselvam, I.-H. Sub, K.K. Chacho, E. Weber, C. Reutel. 1992. Crystal structure of the 2:1 complex of mercury(II) chloride with trithiapyridino-12-crown-4 having unusual mercury coordination, *Inorg. Chim. Acta* 194: 93.
- María Victoria M., Claudia R. R. 2017. A colorimetric iron sensor based on the partition of phenanthroline complexes into polymeric hydrogels. Combinatorial synthesis and high throughput screening of the hydrogel matrix. *Sens. Actuators B Chem.* 241: 19–32.
- Nadjib B. Safouane M. H., Maamar H., Baya B., 2009. Selective transport of metal ions across polymer inclusion membranes (PIMs) containing calix[4]resorcinarene. *Sep. Purif. Tech.* 65: 211–219.
- Nazarenko A.Y., Lamb J.D. 1997. Selective transport of lead (II) and strontium (II) through a crown ether-based polymer inclusion membrane containing dialkyl naphthalenesulfonic acid. *J. Incl. Phenom. Mol. Recognit. Chem.* 29:247-258.
- Nazarenko A.Y., Lamb J.D., “Selective transport of lead (II) and strontium (II) through a crown ether-based polymer inclusion membrane containing dialkyl naphthalenesulfonic acid, *Journal of Inclusion*” *J. Incl. Phenom. Mol. Recognit. Chem.* 29:247-258, 1997.
- Nghiem, L.D., Mornane, P., Potter, I.D., Perera, J, M, Cattrall, R.W. and Kolev, S.D. 2006. Extraction and transport of metal ions and small organic compounds using polymer inclusion membranes (PIMs). *J. Membr. Sci.* 281: 7-41.
- Nurul Y. R., Sharifah M., Yatimah A., and Norazilawati M. S. 2012. Extraction Behavior of Cu(II) Ion From Chloride Medium to the Hydrophobic Ionic Liquids Using 1,10-Phenanthroline. *Separ. Sci. Tech.* 47: 250–255.
- Prabhat Kumar R., Sang Soo L., Ming Z., Yiu Fai T., Ki-Hyun K. 2019. Heavy metals in food crops: Health risks, fate, mechanisms, and management. *Environ. Int.* 125: 365-385.

- Randeep S., Mihir, Kumar P. 2019. Membrane Separation Principles and Applications From Material Selection to Mechanisms and Industrial Uses Handbooks. Separ. Sci.
- Saf, A. 2010. Kromat iyonlarının transportunun tiyadiazin türevi içeren polimer içerikli membran ile incelenmesi. Doktora Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Kimya Anabilim Dalı.
- Sastre, A.M., Kumar, A., Shukla, J.P., Singh R.K. 1998. Improved techniques in liquid membrane separations: an overview. Sep. Purif. Meth. 27(2): 213-298.
- Schilt, A.A. 1969. Analytical Applications of 1,10-Phenanthroline and Related Compounds. Pergamon, New York.
- Schilt, A.A. Abraham, R.L. Martin, J.E. 1973. Solvent extraction of metal 1,10-phenanthroline complexes and concentration of trace amounts of metal ions prior to spectrophotometric or flame photometric determination. Anal. Chem. 45(11): 1808–1811.
- Schow, A.J., Peterson, R.T., Lamb, J.D. 1996. Polymer inclusion membranes containing macrocyclic carriers for use in cation separations. J. Membr. Sci. 111(2): 291–295.
- Scindia, Y.M., Pandey, A.K., Reddy, A.V.R. 2005. Coupled-diffusion transport of Cr (VI) across anion-exchange membranes prepared by physical and chemical immobilization methods. J. Membr. Sci. 249(1/2): 143–152.
- Shujuan Y., Qinfeng Z., Tianhao W., Liping Z. 2019. Effects of GO and MOF@GO on the permeation and antifouling properties of cellulose acetate ultrafiltration membrane. J. Membr. Sci. 569: 48-59.
- Shun U., Yuma H., Stela M., Kazushi S., Takashi U., Yasushi Y. 2012. Photochromic behavior of a bithienylethene bearing Cu(I)-1,10-phenanthroline complexes. Dyes Pigm. 92: 861-867.
- Singh, R., 1998. Industrial Membrane Separation Processes. Chemtech, 4: 33-44.
- Tayeb, R., Fontas, C., Dhahbi, M., Tingry, S., Seta, P. 2005. Cd(II) transport across supported liquid membranes (SLM) and polymeric plasticized membranes (PPM) mediated by Lasalocid A, ” Sep. Purif. Technol. 42(2): 189–193.
- Tor A., Arslan G., Muslu H., Celiktaş A., Ceneloğlu Y., Ersoz M. 2009. Facilitated transport of Cr (III) through polymer inclusion membrane with di (2-ethylhexyl) phosphoric acid (DEHPA) J. Membr. Sci. 329: 169-174.

Tsukube H., Shinoda S., Mizutani Y., Okano M., Takagi K., Hori K., 1997. Enhanced  $\text{Li}^+$  ion-selective ionophoric properties of a double armed diaza-12-crown-4 derivative. *Tetrahedron*. 53: 487.

Url-1 (<http://ultramembrane.com/archives/510>. Erişim Tarihi: 05.01.2019.

Url-2 <http://merkezlab.nku.edu.tr>. Erişim Tarihi: 17.01.2019.

Url-3 [www.istanbul.edu.tr/merkezler/itl/cihazlarFtir.html](http://www.istanbul.edu.tr/merkezler/itl/cihazlarFtir.html). Erişim Tarihi: 11.02.2019.

Url-4 <https://slideplayer.biz.tr/slide/2910377/>. Erişim Tarihi: 25.02.2019.

V. Mckee. 1993. Macrocyclic complexes as models for nonporphine metalloproteins, *Adv. Inorg. Chem.* 40: 323.

Voort D., Fr. 1992. Fourier transform infrared spectroscopy applied to food analysis. *Food Res Int*, 25: 397–403.

Wang L., Paimin, R., Cattrall, R.W., Wei, S., Kolev, S.D. 2000. The extraction of cadmium (II) and copper (II) from hydrochloric acid solutions using an Aliquat 336/PVC membranes, *J. Membr. Sci.*, 176 (1):105–111.

Walkowiak, W. Bartsch, R. A., Kozłowski, C., Gega, J., Charewicz, W. A. 2000. Amiri-Eliasi, B. Separation and removal of metal ionic species by polymer inclusion membranes. *J. Radioanal. Nucl. Ch.*, 246(3) : 643–650.

Wehiua, P. 2003. Study on The Effect of Multiple Factors on RO and NF Membranes Performance and Rejection Efficiency, Thesis of Doctorate.

Y.-H. Lai, L. Ma, K.F. Mock. 1996. 12,13,25,26-Tetraaza-2,15- dithia[3.3] phenanthroline. Synthesis, conformational study and complexation reactions. *Tetrahedron* 52: 4673.

Yan-Li M., Si-Dong L., Jun-Liang L., Fu-Sheng G., Ming-Liang T. 2015. Synthesis, structures and magnetic properties of octahedral clusters of  $[\text{M}^{\text{II}}_6(\mu_6\text{-Cl})(\text{phenda})_6]^-$  (M = Mn, Co and Ni; phenda =1,10-phenanthroline-2,9-dicarboxylate) ” *Inorg. Chem. Commun.* 52: 77-79 .

Yıldız Y. 2013. Polimer İçerikli Membranlar ile Kobalt ve Nikelin Ayrılması. Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya Bölümü, Doktora Tezi.

- Yifeng H., Jingjing S., Dihua W., Xianshe F. 2018. Layer-by-layer self-assembled chitosan/PAA nanofiltration membranes”, *Sep. Purif. Technol.* 207: 142-150.
- Zhiguo Z., Jianfen Z., Bo P., Zhiyong L., Haiyuan Z. 2013. Charles C.H., A novel composite microfiltration membrane:Structure and performance. *J. Membr. Sci.* 439: 12–19.
- Zolotov, Y. A., Ed.; Wiley & Sons. 1997. *Macrocyclic Compounds in Analytical Chemistry*: New York,ISBN 0-471-17262-6..

## ÖZGEÇMİŞ

Melike SEZER, 19.05.1992'tarihinde Bursa'da doğdu. İlköğretimini Yalova Saffet Çam İlköğretim Okulunda ve Ortaöğretimini Bursa İznik Şehit Sedat Pelit Anadolu Lisesinde tamamladı. 2010 yılında girdiği Sakarya Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Kimya Bölümünden 2014 yılında mezun oldu. Aynı yıl Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Anabilim Dalı Fizikokimya Bilim Dalında Yüksek Lisans öğrenimine başladı. 2014-2016 yılları arasında Toprak İlaç Kimyevi Mad. San. ve Tic. A.Ş.'de kalite güvence uzmanı olarak görev yaptı. Evli ve 1 çocuk annesidir.