

**KIRGIZISTAN TÜRKiYE MANAS ÜNİVERSTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
KİMYA MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI**

**GALYUMUN POLİMER İÇERİKLİ MEMBRANLARI
KULLANARAK KOBALT, NİKEL VE ÇİNKO
İYONLARINDAN AYRILMASI**

Hazırlayan

Kurmancan KAPAROVA

Danışman

Prof. Dr. Osman TUTKUN

Yüksek Lisans Tezi

Haziran 2019

KIRGIZISTAN/BİŞKEK

ПЛАГИАТ ЖАСАЛБАГАНДЫГЫ ТУУРАЛУУ БИЛДИРҮҮ

Мен бул эмгекте алынган бардык маалыматтарды академиялык жана этикалык эрежелерге ылайык колдондум. Тагыраак айтканда, бул эмгекте колдонулган, бирок мага тиешеси жок маалыматтардын бардыгын тиркемеде так көрсөттүм жана башка булактардан плагиат жасалбагандыгына ынандырып кетким келет.

Капарова Курманжан

Колу:

НУСКАМАГА ТУУРА КЕЛҮҮСҮ

“Полимер кармаган имембрананын жардамы менен галлийдин кобальт, никель жана цинк сыяктуу металлдардын иондорунан ажыратылышы” атындагы магистратуралык квалификациялык бүтүрүү иши, Кыргыз-Түрк “Манас” Университети Жогорку Билим Берүү жана Квалификациялык Бүтүрүү Иштерин Даярдоо жана Жазуу Нускамасына ылайык жасалды.

Капарова Курманжан

Проф. Док. Осман Туткун

Колу:

Колу:

Химия Инженерия Билим Багыты Башчысы

Проф. Док. Селахаттин Гүлтекин

Колу:

BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK

Bu çalışmada tüm bilgilerin, akademik ve etik kurallara uygun bir şekilde elde edildiğini beyan ederim. Aynı zamanda bu kural ve davranışların gerektirdiği gibi, bu çalışmanın önünde olmayan tüm material ve sonuçlar tam olarak aktardığımı ve referans gösterdiğimi belirtirim.

Kurmancan KAPAROVA

İmza:

YÖNERGEYE UYGUNLUK

“Galyumun Polimer İçerikli Membranları Kullanarak Kobalt, Nikel Ve Çinko İonlarından Ayrılması” adlı Yüksek Lisans tezi, Kırgızistan-Türkiye “Manas” Üniversitesi Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Tez Hazırlama ve Yazma Yönergesi’ne uygun olarak hazırlanmıştır.

Kurmancan KAPAROVA

Prof. Dr. Osman TUTKUN

İmza:

İmza:

Kimya Mühendisliği ABD Başkanı

Prof. Dr. Selahattin GÜLTEKİN

İmza:

КАБЫЛ АЛУУ ЖАНА ЧЕЧИМ

Проф. Др. Осман Туткун жетекчилигинде Капарова Курманжан тарабынан даярдалган “Полимер кармаган имембрананын жардамы менен галлийдин кобальт, никель жана цинк сыяктуу металлдардын иондорунан ажыратылышы” темасындагы магистрдик иш комиссия тарабынан Кыргыз-Түрк “Манас” университетинин Табигый илимдер институтунун Химия Инженерлиги багытында магистрдик иш болуп кабыл алынды.

..... /..... / 2019

Комиссия:

Илимий жетекчи: Проф. Др. Осман Туткун

Төрайым: х.и.д. Проф. Др. Жуманазарова Асылкан Зулпукаровна

Мүчө: х.и.к., доцент. Ибраев Кубан Сагынович

Мүчө: Проф. Др. Осман Туткун

Мүчө: Проф. Др. Нахит Акташ

Мүчө: х.и.к., доцент. Сартова Күлүмкан Абдыкеримовна

Мүчө: х.и.к., доцент. Боркочев Бакыт Маметисакович

Мүчө: PhD, ага окутуучу Мажитова Айчүрөк Ташматова

ЧЕЧИМ:

Бул бүтүрүү иши, Институт Башкаруу Кеңешининдатасындагы жана номерлүү чечими менен кабыл алынды.

..... / / 2019

Доц. Др. Дагыстан Шимшек

Институт Мүдүрү

KABUL VE ONAY

Pof. Dr. Osman TUTKUN danışmanlığında Kurmancan KAPAROVA tarafından hazırlanan “Galyumun Polimer İçerikli Membranları Kullanarak Kobalt, Nikel Ve Çinko İonlarından Ayrılması” adlı bu çalışma, jürimiz tarafından Kırgızistan Türkiye “Manas” Üniverstesi Fen Bilimleri Enstitüsü Kimya Mühendisliği Ana Bilim Dalı Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

..... / / 2019

JÜRİ:

Danışman: Prof. Dr. Osman TUTKUN

Komisyon başkanı: Prof. Dr. Jumanazarova Asılkan Zulpukarovna

Üye: Dr.Doç. İbraev Kuban Saginoviç

Üye: PhD.Prof. Dr. Osman Tutkun

Üye: PhD.Prof. Dr. Nahit Aktaş

Üye: Dr . Doç. Sartova Külümkan Abdikerimovna

Üye: Dr Doç. Borkoev Bakıt Mametisakoviç

Üye: PhD. Öğretmen Majitova Ayçürök Taşmatovna

ONAY:

Bu tezin kabülü Enstitü Yönetim Kurulununtarih vesayılı kararı ile onaylanmıştır.

..... / / 2019

Doç. Dr. Dağıstan Şimşek

Enstitü Müdürü

TEŐEKKÖR

Bana bu çalışmada çok yardım eden ve bÖtÖn çalışma boyunca farklı bakış açıları ve bilimsel katkılarıyla beni aydınlatan, yakın ilgi ve yardımlarını esirgemeyen ve bilgi tecrÖbesinden istifade ettiğim kıymetli hocam Prof. Dr. Osman TUTKUN'a

Ayrıca; çalışmalarım sÖresinde sabır gÖstererek bana daima destek gÖsteren aileme ve arkadaşım Zamira İsmoilova'ya sonsuz teŐekkÖr ederim.

Kurmancan KAPAROVA

Bişkek, / / 2019

GALYUMUN POLİMER İÇERİKLİ MEMBRANLARI KULLANARAK KOBALT, NİKEL VE ÇİNKO İONLARINDAN AYRILMASI

Kurmanca KAPAROVA

Kırgızistan Türkiye Manas Üniversitesi, Fen Bilimler Entitüsü
Yüksek Lisans Tezi, Haziran 2019

Danışman: Prof. Dr. Osman TUTKUN

KISA ÖZET

Galyum metali tabiatta yaklaşık % 0.0015 olup, çok az bulunan bir metaldir. Galyumun çoğu genellikle alüminyum, çinko ve germanyumla birlikte bulunur. Son yıllarda galyum hem fotovoltajik pillerde ve hem de elektronik endüstrilerinde çok fazla kullanılmaktadır. Galyum tıp alanında da uygulama alanına sahiptir. Galyumun elektronik endüstrisinde büyük miktarda kullanımından ötürü, son zamanlarda ikincil kaynaklardan galyumun geri kazanımı ile ilgili prosesler geliştirilmiştir. Galyumun geriye kazanılması esas itibarıyla solvent ekstraksiyonu ile yapılmaktadır. Büyük miktarlardaki organik çözücü ve ekstraktantların miktarını ve ekonomik yükü azaltmak amacıyla son zamanlarda solvent ekstraksiyonuna alternatif olacak destekli ve emülsiyon tipi sıvı membranlar geliştirilmiştir. Bu sıvı membran sistemlerinin endüstriyel uygulama alanı bulamaması, membranın düşük maliyet ve enerji tasarrufu sağlayıcı imkanlara sahip olmasına rağmen, stabilite azlığı sebebiyle gereken ilgiyi görememesinden kaynaklanmaktadır. Bu sebeple son zamanlarda, membran stabilitesini ve ömrünü arttırmak amacıyla ‘polimer içerikli membranlar’ (PİM’ler) geliştirilmiştir. PİM’ler bir ekstraktant, plastikleştirici ve bir de selüloz triasetat (CTA) veya polivinil klorür (PVC) gibi polimer matris içeren bir çözeltinin dökülmesinden oluşturulur.

Bu çalışmada 100 mg/L Ga^{3+} , 1000 mg/L Zn^{2+} , 600 mg/L Co^{2+} ve 600 mg/L Ni^{2+} içeren bir sulu çözeltiden galyumun diğer iyonlardan TOPO ile hidroklorik asitli ortamdan seçici olarak ekstraksiyonu ve ayrılması deneysel olarak incelenmiştir. Galyumun ekstraksiyon hızına ve ayrılmasına etki eden membran bileşimi, plastikleştirici konsantrasyonu, TOPO konsantrasyonu, besleme çözeltisi HCl konsantrasyonu ve sıyırma çözeltisi HCl konsantrasyonu ve membran matrisini oluşturan CTA oranı gibi parametreler ‘Polimer İçerikli Membranlar’ ile deneysel olarak incelenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Galyumun ekstraksiyonu; polimer içerikli membran; trioktil fosfin oksit (TOPO); plastikleştirici; 2-nitro fenil oktil eter (2-NPOE) ; 2-nitro fenil pentil eter (2-NPPE) ; asidik çözeltiler; baz membranlar CTA ve PVC.

**ПОЛИМЕР КАРМАГАН МЕМБРАНАНЫН ЖАРДАМЫ МЕНЕН
ГАЛЛИЙДИН КОБАЛЬТ, НИКЕЛЬ ЖАНА ЦИНК СЫЯКТУУ
МЕТАЛЛДАРДЫН ИОНДОРУНАН АЖЫРАТЫЛЫШЫ**

Капарова Курманжан

Кыргыз-Түрк “Манас” университети, Табигый илимдер институту

Магистрдик иш, Кулжа 2019

Илимий жетекчи: Проф. Др. Осман Туткун

Кеңири аннотация

Акыркы жылдарда мембрана процесстери деңиз сууларынан ичме сууну алуудан газ аралашманын ажыратылышына чейинки кеңири ишке ашырылуучу актуалдуу маселе катары эсептелинип келүүдө. Учурда газдарды ажыратуу, медицина, таштанды сууларды тазалоо, терс осмос менен таза ичимдик сууларды иштетүү ж.б ыкмалар күндөн күнгө артууда. Мембрана аркылуу ажыратуу технологиясы эң маанилүүсү, бул потенциалдык энергия берүү процессине таянуу менен ишке ашат. Ажыратуу системасы акыркы жылдарда аз каржы жана көп пайдалуулук алып келиши менен бир топ утушка ээ болуп келүүдө. У.с мембраналардын эң маанилүү касиети жогорку селектив жана өткөрүмдүүлүк болуп эсептелинет.

Акыркы убактарда мембраналарга ылайык ажыратуу методдор туруктуу суюк мембраналардын иштөө стабилдүүлүгү жогору болбогондуктан полимер кармаган мембранага болгон талап күчөгөн. Анткени анын бул мембрананы даярдоо ыкмасы оңой жана өтө жогору механикалык өзгөчөлүктөргө ээ. Металл иондорун тандап өткөрүү боюнча илим тармагында ажыратуу жана технология жаатында бул процесс өтө зор мааниге ээ болушу менен келечекте байма-бай өнүгөөрү анык. Ал эми полимер кармаган мембрананын өзгөчөлүгү анын металлды тандап өткөрүүсү жана массалык алмашуусунун жогорулашына түрткү болгон эксракциянын колдонулушуна түз пропорциялуу. Органикалык жана органикалык эмес заттардын активдүү өткөрүмдүүлүгүнө себеп болгон бул полимер, пластиктештирүүчү жана ташуучудан көз каранды. Мында полимер механикалык каршылык көрсөтүүчү, ал эми пластиктештирүүчү болсо ийкемдүүлүгүнө жана ташуучу зат молекуланын дифузиялануусуна суюк фазаны пайда кылуу менен ишке ашат. Ташуучу заттын молекуласы тандалган заттын селектив өткөрүмдүүлүгүнө ылайыкташуу ачкычы катары кабылданылган. Полимер кармаган мембраналарды даярдоодо көбүн эсе поливинил хлорид же целлюлоза триацетат (ЦТА) полимердик матрица катары кошулат. Ал эми 2-

нитрофенилпентилдик эфири же 2-нитрофенил октил эфири пластиктештирүүчү катары колдонулуп, эластиктүүлүгүнө себеп болот.

Акыркы жыйырма жылдардын ичинде полимер кармаган мембраналар жөнүндө өтө көп сандагы макалалар, маалыматтар жарыка чыккан. Бул мембраналарды колдонуудагы өзгөчө касиети өтө аз өлчөмдөгү химиялык заттарды каржылоо менен өтө көп көлөмдүү металл иондорун ажыратуу, экстракциялоо боюнча туруктуу суюк мембранага каршы даагы да беримдүү механикалык касиетке жана химиялык туруктуулукка ээ экендиги мене айырмаланып келет. Полимер кармаган мембранада өткөрүү механизми; мембрана курамы, мембрананын бир тектүүлүгү жана беттик морфологиясы ж.б фактордорго көз каранды.

Бул жумушта галлийдин суулу эритмесинде кармалган цинк, кобальт, жана никель сыяктуу металл иондорунан тандалма катары экстракциялоо жана ажыратуу жолу ишке ашырылган. Эритмеде 100 мг/л Ga^{3+} , 1000 мг/л Zn^{2+} , 600 мг/л Co^{2+} жана 600 мг/л Ni^{2+} кармалып, галлийди башка иондордон ТОФО тин жардамы менен гидрохлориддик кычкыл кислоталык чөйрөдө экстракциялоо жана ажыратуу иши жүрүзүлгөн. Галлийдин экстракция ылдамдыгына жана башка иондордон ажыратууда мембрананын курамынын таасири, пластиктештирүүчүнүн концентрациясы, ТОРО концентрациясы, берүүчү эритменин HCl концентрациясы, алуучу эритменин HCl концентрациясы жана мембрананын матрицасын берүүчү ЦТА үлүшүнүн экстракциялоого тийгизген таасирин аныктоодо параметрлар “ Полимер кармаган мембрана” аркылуу ишке ашырылган. Мында ЦТА тын үлүшү көбөйгөн сайын галлийдин массалык агым жогорулап, ажыратуу фактору 1059-90 арасында азайгандыгы жана буга ылайык ЦТА тын үлүшүн жогорулатуу айрыкча галлийдин кобальт менен никелден ажыратуу фактору 8 саат ичинде катар менен 1200 жана 876 га чейин экендиги табылган. Муну менен бирге мембрананын ичиндеги бир канча галлийдин топтолуп кармалып калгандыгы ЦТА тын үлүшү 0 % (таза ПВХ) 100% ЦТА га чейин жогорулатууда галлийдин мембранада топтолушу 57.1% тен 9.0 % ке чейин азайгандыгы белгиленген. Мунун жыйынтыгы катары берүүчү эритме концентрациясынан эсептөөлөргө ылайык галлийдин массалык агымы, алуучу эритменин концентрациясынан эсептелген галлий массалык агымынан даагы да

жогору чыккан. Бул мембрананын курамындагы ЦТА үлүшүнүн жогорулашы менен эки концентрациянын арасындагы айырмалуулук азайганы байкалган.

Бул иште 1 жана 2-бөлүмдө методдорго ылайык галлийдин тандалма ажыратуу боюнча аткарылган жумуштар, өзгөчө эритүүчү экстракция, башка түрдөгү суюк мембраналар процессинде жасалган жумуштарга жана бул мембрана мене иштөө процесси жана сапаты жөнүндө жетиштүү маалыматтар берилген. 3- бөлүмдө болсо “ Жумушту аткаруу методдору” полимер кармаган мембраналарды даярдоо жана колдонуу, ал эми “Иштин тартибинде” жумушту аткаруу жолдору кыскача жазылган. 4-бөлүмдө алынган жыйынтыктар боюнча галлийдин башка металлдын иондордонунан экстракция ылдамдыгына жана ажыратуусуна таасир берүүчү пластиктештирүүчү концентрациясы, экстракциялоочунун концентрациясы, бурүүчү жана алуучу эритмелердин HCl концентрациясы, мембрананын аралашмасындагы ЦТА тын концентрациясы жана баштапкы галлий концентрациясына болгон таасирди аныктоо параметрлик жумуш таблицаларынын жыйынтыктары берилди. 5- бөлүмдө болсо алган жыйынтыктарга ылайык тартышуу жана жыйынтыктардын графиклери менен бирге талкулоолор жазылган.

Негизги сөздөр: Галлийди экстракциялоо; полимер кармаган мембрана; триоктилфосфиноксид (ТОФО); пластиктештирүүчү; 2-нитрофенил эфири (2-НФОЭ); 2-нитрофенилпентил эфири (2-НФПЭ); кислоталык эритмелер; негизги мембрана ЦТА жана ПВХ.

РАЗДЕЛЕНИЕ ГАЛЛИЯ ОТ ИОНОВ ЦИНКА, КОБАЛЬТА И НИКЕЛЯ С ПОМОЩЬЮ ПОЛИМЕР СОДЕРЖАЩИХ МЕМБРАН

Капарова Курманжан

Кыргызско-Турецкий университет “Манас”, Институт Естественных Наук

Магистерская диссертация, Июнь 2018

Руководитель: Проф. Др. Осман Туткун

Аннотация

Содержание галлия в земной коре составляет 0,0015% и считается металлом. Большая часть галлия встречается с элементами алюминия, цинка и германия. В последние годы галлий широко используется как в фотоэлектрической, так и в электронной промышленности. Галлий также имеет область применения в медицине. Из-за большого количества использования галлия в электронной промышленности, связанные с этой последняя время извлечение галлия считается очень активным. В основном переработка галлия осуществляется жидкой экстракцией. Чтобы уменьшить больших количеств органических растворителей, экстрагентов и экономическую нагрузку, в качестве альтернативным решением были разработаны экстракции и эмульсионные жидкие мембраны. Однако эти мембранные системы не используется в промышленности, несмотря на низкую стоимость и энергосберегающие средства, но из-за недостаточной стабильности она не может видеть необходимого внимания. По этой причине, недавно были разработаны полимер содержащие мембраны для увеличения стабильности и срока службы мембран. ПМ образуются путем заливки раствора, содержащего экстрагента, пластификатора и полимерную матрицу, такую как триацетат целлюлозы или поливинилхлорид. В этом исследовании экспериментально исследовали 100 мг/л Ga^{3+} , 1000 мг/л Zn^{2+} , 600 мг/л Co^{2+} и 600 мг/л Ni^{2+} из водного раствора с соляной кислотой, содержащего селективную экстракцию и отделение галлия от других ионов с ТОФО. Были исследованы такие параметры, как состав мембраны, концентрация пластификатора, концентрация ТОФО, концентрация HCl в исходном растворе и концентрация HCl в десорбирующем растворе, а также соотношение ТАЦ, образующее мембранную матрицу экспериментально с мембранами.

Ключевые слова: Экстракция галлия; полимерсодержащая мембрана; триоктилфосфиноксид (ТОФО); пластификаторы; 2-нитрофенилоктиловый эфир (2-НФОЭ); 2-нитрофенилпентиловый эфир (2-НФПЭ); кислотные растворы; основы мембран ТАЦ и ПВХ

SEPARATION OF GALLIUM FROM THE IONS OF COBALT, NICKEL AND ZINC BY POLYMER INCLUSION MEMBRANES

Kurmanjan KAPAROVA

Kyrgyzstan-Turkish Manas University, Graduate School of Natural and Applied Sciences

M.Sc.Thesis, June 2019

Supervisor: Prof. Dr. Osman TUTKUN

ABSTRACT

The content of gallium in the earth's crust is 0.0015 %, considered to be a rare metal. Most of gallium is found together with aluminum, zinc, and germanium. In recent years, gallium has been widely used in both the photovoltaic and electronic industries. Gallium is also used in medicine. Due to the widespread use of gallium in the electronics industry, processes related to the extraction of gallium have recently been developed from secondary sources. The recovery of gallium is mainly carried out by solvent extraction. In order to reduce the amount of large quantities of organic solvents, extractants and economic load, recently supported and emulsion liquid membranes have been developed as an alternative to solvent extraction. The fact that these membrane systems have not found much industrial application is explained by the fact that the membrane has a low cost and energy-saving characteristics, but due to insufficient stability it is not much used in industry. For this reason, stable polymer inclusion membranes (PIMs) have recently been developed. These membranes have increased stability and long service of life. PIMs are formed by casting a solution containing an extractant, a plasticizer, and a polymer matrix, such as cellulose triacetate or polyvinyl chloride. In this study, 100 mg / L of Ga^{3+} , 1000 mg / L of Zn^{2+} , 600 mg / L of Co^{2+} , and 600 mg / L of Ni^{2+} from an aqueous solution with hydrochloric acid containing selective extraction and separation of gallium from other ions using TOPO were experimentally investigated. Parameters such as membrane composition, plasticizer concentration, TOPO concentration, HCl concentration in the feed solution, and HCl concentration in the strip solution, as well as the ratio of CTA forming the membrane matrix were experimentally investigated.

Key words: Extraction of gallium; polymer membrane; trioctyl phosphine oxide (TOPO); plasticizers; 2-nitrophenyl octyl ether (2-NPOE); 2-nitrophenyl pentyl ether (2-NPPE); acid solutions; base membranes CTA and PVC.

İÇİNDEKİLER

GALYUMUN POLİMER İÇERİKLİ MEMBRANLARI KULLANARAK KOBALT, NİKEL VE ÇİNKO İONLARINDAN AYRILMASI

BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK SAYFASI.....	iii
YÖNERGEYE UYGUNLUK SAYFASI.....	iii
KABUL VE ONAY SAYFASI	v
TEŞEKKÜR.....	vi
KISA ÖZET.....	vii
GENİŞ ÖZET(Kırgızca).....	viii
ÖZET (Rusça).....	xi
ÖZET (İngilizce).....	xii
İÇİNDEKİLER.....	xiii
KISALTMALAR VE SİMGELER.....	xvi
TABLolar.....	xviii
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	xxv
1. GİRİŞ.....	1

2. BÖLÜM

GENEL BİLGİLER ve LİTERATÜR ÇALIŞMASI

2. Genel Bilgiler.....	3
2.1.1 Galyum Elementi.....	3
2.1.2 Fiziksel Özellikleri.....	4
2.1.3 Kimyasal Özellikleri.....	4
2.1.4. Bulunuşu ve Kaynakları.....	5
2.1.5 Galyum Çözündürülmesi ve Ayrılması	6
2.1.5.1 Galyum içeren inorganik materyallerin çözündürülmesi.....	6
2.1.5.2. Galyum içeren minerallerin ve kayaların çözündürülmesi.....	7
2.2.1. Galyum içeren metallerin ve alaşımların çözündürülmesi.....	7
2.2.2 Galyumun sulu ortamlardan çöktürme ile ayrılması.....	7
2.2.2.1 Galyumun amonyum hidroksit ile çöktürülmesi.....	7
2.2.2.2. Galyum zayıf asit çözeltilerden hidrojen sulfur ile çöktürülebilmesi.....	7

2.2.2.3. Galyumun potasyum ferrosiyanür ile çöktürülmesi.....	7
2.2.2.4. Galyumun tannin ile çöktürülmesi	8
2.2.2.5. Galyumun kupferon ile çöktürülmesi.....	8
2.3. Galyumun Solvent Ekstraksiyonu.....	8
2.3.1. Galyumun eter ekstraksiyonu ile ayrılması.....	10
2.3.2. Galyumun 8-hidroksikinolin-Kloroform ekstraksiyonu ile ayrılması.....	10
2.4. Galyumun iyon değiştirme ile ayrılması.....	10
2.5. Galyumun Elde Edilmesi.....	11
2.5.1.Çinko cevherinden galyum eldesi.....	15
2.5.2. Fosfatlardan galyum eldesi.....	17
2.5.3. Galyumun Potansiyel kaynakları.....	17
2.5.2. Galyumun Elektrolizi.....	18
2.5.5. Uygulama Alanları.....	22
2.6. Ekonomisi.....	23
2.7 Membran Prosesleri.....	26
2.7.1. Sıvı Membranlar.....	26
2.7.2 Destekli sıvı membranlar.....	27
2.7.3. Emülsiyon tipi sıvı membranlar (ELM).....	31
2.7.4 Kütle transfer mekanizması.....	32
2.8. Polimer içerikli membranlar (PİM).....	34
2.8.1. Polimer içerikli membranlarda ara yüzey transport mekanizması.....	34
2.8.2. Ekstraktanlar	36

3. BÖLÜM

MATERYAL VE METOT

3.1 Kimyasal maddeler.....	38
3.2 Polimer içerikli membranların hazırlanması.....	39
3.3 Taşınım Deneyleri.....	40

4. BÖLÜM BULGULAR

4.1 Giriş.....	43
4.2 Besleme Çözeltisi HCl Konsantrasyonunun Etkisi.....	43
4.3 Plastikleştirici Konsantrasyonunun Etkisi.....	43
4.4 TOPO Konsantrasyonunun Etkisi.....	44
4.5 Sıyırma çözeltisi HCl konsantrasyonunun etkisi.....	44
4.6 CTA yüzde oranı.....	44
4.7. Besleme çözeltisi Ga'un konsantrasyonu etkisi.....	44

5. BÖLÜM TARTIŞMA-SONUÇ ve ÖNERİLER

5.1. Test Hücresi Performansının Ölçülmesi.....	112
5.2 Galyumun Ekstraksiyon Mekanizması.....	113
5.3. Besleme Çözeltisi HCl Konsantrasyonunun Etkisi.....	114
5.4. Plastikleştirici Konsantrasyonunun Etkisi.....	115
5.5. TOPO Konsantrasyonunun Etkisi.....	118
5.6. Sıyırma Çözeltisi HCl Konsantrasyonunun Etkisi.....	119
5.7.1 CTA Oranının Galyumun Kütle Akısına Etkisi.....	120
5.7.2 CTA Oranının Galyumun Ayırma Faktörüne Etkisi.....	121
5.8.1 Başlangıç Galyum Konsantrasyonunun Kütle Akısına Etkisi.....	122
5.8.2 Başlangıç Galyum Konsantrasyonunun Ayırma Faktörüne Etkisi.....	126
SONUÇ.....	127
ÖNERİLER.....	129
KAYNAKLAR.....	130
ÖZGEÇMİŞ.....	141

KISALTMALAR VE SİMGELER LİSTESİ

LSİ	: Büyük ölçekli integre devreler
LED	: Işık yayan diyotlar
CTA	: Selüloz triasetat
PVC	: Polyvinyl chloride
2-NPPE	: 2-Nitrofenil pentil eter
THF	: Tetrahidrofuran
AAS	: Atomik absorpsiyon spektrofotometresi
ICP	: Inductively Coupled Spectrometry
ppm	: Parts per million, mg/L
org	: Organik
pH	: Çözeltideki hidrojen iyonu molar konsantrasyonunun eksi logaritması
rpm	: devir/dakika, (karıştırma hızı)
%	: Yüzde
DSM	: Destekli sıvı membran
ELM	: Emülsiyon tipi sıvı membran
W/O	: Su /Organik
W/O/W	: Su/Organik/ Su
PİM	: Polimer içerikli membran
SLM	: Suported liquid membran
SE	: Solvent ekstraksiyonu
SM	: Sıvı membran
SMP	: Sıvı membran prosesi
TOA	: Trioctylamine
TDPNO	: 4-(1-n-tridecyl) pyridine N-oxide
LIX 84-I	: 2-hydroxy-5-nonylacetophenone oxime
Kelex 100	: 7-(4-Ethyl-1-methyloctyl) quinolin-8-ol
D2EHPA	: Di-(2-ethylhexyl) phosphoric acid
D2EHDTPA	: di- (2-ethylhexyl)-dithiophosphoric acid
TBP	: Tribütil fosfat

CMPO	: Cellular Microscopy Phenotype Ontology
TODGA	: N,N,N0,N0-Tetraoctyl diglycolamide
TOPO	: trioktil fosfin oksit
DC18C6	: Cis-syn-cis-dicyclohexano-18-crown-6
BuDC18C6	: Di-tert-butylcyclohexyl-18-crown-6

Sembol	Anlamı	Birimi
Δc	Galyumun besleme veya sıyırma çözeltilerindeki konsantrasyon değişmesi	(kg/m ³)
V	Besleme çözeltilisinin veya sıyırma çözeltilisinin hacmi	(m ³)
A	Etkin membran alanı	(cm ²)
Δt	Toplam ekstraksiyon süresi	(Saat)
V	Besleme ve sıyırma çözeltilerinin hacimleri	(mL)
J	Kütle akısı	(kg/m ² s)

TABLolar LİSTESİ

Tablo.2.1 Dünya galyum üretimi ve ülkelere göre dağılımı (kg Ga içeriği).....	26
Tablo 2.2. DSM prosesinin üstünlükleri.....	30
Tablo 2.3. PİM'lerde kullanılan bazı ekstraktantlar.....	37
Tablo 4.2.1. Besleme çözeltisi HCl konsantrasyonu: 2 M HCl. [Ekstraktant (TOPO): % 39,36 (w/w); Plastikleştirici (2-NPPE): % 30,29 (w/w) ; CTA: %19,62 (w/w); Sıyırma çözeltisi: 80 mL 0.1 M HCl; Besleme ve Sıyırma çözeltisinin karıştırma hızı: 700 dev/dak; Besleme çözeltisi: 80 mL (100 mg/L Ga ³⁺ , 1000 mg/L Zn ²⁺ , 600 mg/L Co ²⁺ , 600 mg/L Ni ²⁺ + Besleme çöz. HCl : 2 M HCl)];.....	48
Tablo 4.2.2. Besleme çözeltisi HCl konsantrasyonu: 3 M HCl. [Ekstraktant (TOPO): % 30,09 (w/w); Plastikleştirici (2-NPPE): % 30,30 (w/w) ; CTA: %19,84 (w/w); Sıyırma çözeltisi: 80 mL 0.1 M HCl; Besleme çözeltisi: 80 mL (100 mg/L Ga ³⁺ , 1000 mg/L Zn ²⁺ , 600 mg/L Co ²⁺ , 600 mg/L Ni ²⁺ + Besleme çöz. HCl : 3 M HCl); Besleme çözeltisi ve Sıyırma çözeltisinin karıştırma hızı: 700 dev/dak;].....	48
Tablo 4.2.3. Besleme çözeltisi HCl konsantrasyonu: 4 M HCl. [Ekstraktant (TOPO): % 30,00 (w/w); Plastikleştirici (2-NPPE): % 30,52 (w/w) ; CTA: %19,78 (w/w); Sıyırma çözeltisi: 80 mL 0.1 M HCl Besleme çözeltisi: 80 mL (100 mg/L Ga ³⁺ , 1000 mg/L Zn ²⁺ , 600 mg/L Co ²⁺ , 600 mg/L Ni ²⁺ + Besleme çöz. HCl : 4 M HCl); Besleme çözeltisi ve Sıyırma çözeltisinin karıştırma hızı: 700 dev/dak;].....	51
Tablo 4.2.4. Besleme çözeltisi HCl konsantrasyonu: 7 M HCl. [Ekstraktant (TOPO): % 39,09 (w/w); Plastikleştirici (2-NPPE): % 30,30 (w/w) ; CTA: %19,84 (w/w); Sıyırma çözeltisi: 80 mL 0.1 M HCl; Besleme çözeltisi: 80 mL (100 mg/L Ga ³⁺ , 1000 mg/L Zn ²⁺ , 600 mg/L Co ²⁺ , 600 mg/L Ni ²⁺ + Besleme çöz. HCl : 7 M HCl); Besleme çözeltisi ve Sıyırma çözeltisinin karıştırma hızı: 700 dev/dak;].....	51
Tablo 4.2.5. Besleme çözeltisi HCl konsantrasyonu: 8 M HCl. [Ekstraktant (TOPO): % 39,13 (w/w); Plastikleştirici (2-NPPE): % 30,16 (w/w) ; CTA: %19,83 (w/w); Sıyırma çözeltisi: 80 mL 0.1 M HCl; Besleme çözeltisi: 80 mL (100 mg/L Ga ³⁺ , 1000 mg/L Zn ²⁺ , 600 mg/L Co ²⁺ , 600 mg/L Ni ²⁺ + Besleme çöz. HCl : 8 M HCl); Besleme çözeltisi ve Sıyırma çözeltisinin karıştırma hızı: 700 dev/dak;].....	54
Tablo 4.2.6. Besleme çözeltisi HCl konsantrasyonu: 6 M HCl. [Ekstraktant (TOPO): % 39,09 (w/w); Plastikleştirici (2-NPPE): % 30,29 (w/w) ; CTA: %19,84 (w/w); Sıyırma çözeltisi: 80 mL 0.1 M HCl; Sıyırma çözeltisinin karıştırma hızı:700 dev/dak; Besleme çözeltisi: 80 mL (100 mg/L Ga ³⁺ , 1000 mg/L Zn ²⁺ , 600 mg/L Co ²⁺ , 600 mg/L Ni ²⁺ + Besleme çöz. HCl : 6 M HCl); Besleme çözeltisi karıştırma hızı: 700 dev/dak;].....	54

Tablo 4.2.7. Besleme çözeltisi HCl konsantrasyonu etkisi: [Ekstraktant (TOPO): % 39,39 (w/w); Plastikleştirici (2-NPPE): % 30,30 (w/w) ; CTA: %19,84 (w/w); Sıyırma çözeltisi: 80 mL 0.1 M HCl; Besleme çözeltisi: 80 mL (100 mg/L Ga³⁺, 1000 mg/L Zn²⁺, 600 mg/L Co²⁺, 600 mg/L Ni²⁺+ Besleme çöz. HCl : (2,3,4,6,7,8) M HCl); Besleme ve sıyırma çözeltisi karıştırma hızı: 700 dev/dak;].....57

Tablo 4.2.8 Besleme çözeltisi HCl konsantrasyonu; [Ekstraktant (TOPO): % 39,39 (w/w); Plastikleştirici (2-NPPE): % 30,30 (w/w) ; CTA: %19,84 (w/w); Sıyırma çözeltisi: 80 mL 0.1 M HCl; Besleme çözeltisi: 80 mL (100 mg/L Ga³⁺, 1000 mg/L Zn²⁺, 600 mg/L Co²⁺, 600 mg/L Ni²⁺+ Besleme çöz. HCl : 6 M HCl); Besleme ve sıyırma çözeltisinin karıştırma hızı: 700 dev/dak;].....58

Tablo 4.3.1. Plastikleştirici (2-NPPE) konsantrasyonu: (g 2-NPPE/(CTA+PVC): 0,195). [Ekstraktant (TOPO): % 38,79 (w/w); Plastikleştirici (2-NPPE): % 10,00 (w/w) ; CTA: %26,60 (w/w); Sıyırma çözeltisi: 80 mL 0.1 M HCl; Besleme çözeltisi: 80 mL (100 mg/L Ga³⁺, 1000 mg/L Zn²⁺, 600 mg/L Co²⁺, 600 mg/L Ni²⁺+ Besleme çöz. HCl : 6 M HCl); Besleme ve sıyırma çözeltisi karıştırma hızı: 700 dev/dak;].....60

Tablo 4.3.2. Plastikleştirici (2-NPPE) konsantrasyonu: (g 2-NPPE/(CTA+PVC): 0,427). [Ekstraktant (TOPO): % 38,43 (w/w); Plastikleştirici (2-NPPE): % 18,42 (w/w) ; CTA: %19,16 (w/w); Sıyırma çözeltisi: 80 mL 0.1 M HCl; Besleme çözeltisi: 80 mL (100 mg/L Ga³⁺, 1000 mg/L Zn²⁺, 600 mg/L Co²⁺, 600 mg/L Ni²⁺+ Besleme çöz. HCl : 6 M HCl); Besleme ve sıyırma çözeltisi karıştırma hızı: 700 dev/dak;].....60

Tablo 4.3.3. Plastikleştirici (2-NPPE) konsantrasyonu: (g 2-NPPE/(CTA+PVC): 1,516). [Ekstraktant (TOPO): % 23,63 (w/w); Plastikleştirici (2-NPPE): % 46,02 (w/w) ; CTA: %15,20 (w/w); Sıyırma çözeltisi: 80 mL 0.1 M HCl; Sıyırma çözeltisinin karıştırma hızı:700 dev/dak; Besleme çözeltisi: 80 mL (100 mg/L Ga³⁺, 1000 mg/L Zn²⁺, 600 mg/L Co²⁺, 600 mg/L Ni²⁺+ Besleme çöz. HCl : 6 M HCl); Besleme çözeltisi karıştırma hızı: 700 dev/dak;].....63

Tablo 4.3.4. Plastikleştirici (2-NPPE) konsantrasyonu: (g 2-NPPE/(CTA+PVC): 2,519). [Ekstraktant (TOPO): % 17,76 (w/w); Plastikleştirici (2-NPPE): % 58,87 (w/w) ; CTA: %11,69 (w/w); Sıyırma çözeltisi: 80 mL 0.1 M HCl; Besleme çözeltisi: 80 mL (100 mg/L Ga³⁺, 1000 mg/L Zn²⁺, 600 mg/L Co²⁺, 600 mg/L Ni²⁺+ Besleme çöz. HCl : 6 M HCl); Besleme ve sıyırma çözeltisi karıştırma hızı: 700 dev/dak;].....66

Şekil 4.3.5. Plastikleştirici konsantrasyonu: (g 2-NPPE/(CTA+PVC)): 0,195, 0,427, 0,765, 0,516, 2,519; Sıyırma çözeltisi: 80 mL 0.1 M HCl; Besleme çözeltisi: 80 mL

(100 mg/L Ga³⁺, 1000 mg/L Zn²⁺, 600 mg/L Co²⁺, 600 mg/L Ni²⁺, 6 M HCl); Besleme ve sıyırma çözeltisinin karıştırma hızı: 700 dev/dak].....67

Şekil 4.3.6. Plastikleştirici konsantrasyonu(g 2-NPPE) % : 10; 8,42; 30,29; 46,0; 58,87; Sıyırma çözeltisi: 80 mL 0.1 M HCl; Besleme çözeltisi: 80 mL (100 mg/L Ga³⁺, 1000 mg/L Zn²⁺, 600 mg/L Co²⁺, 600 mg/L Ni²⁺, 6 M HCl);Besleme ve sıyırma çözeltisinin karıştırma hızı: 700 dev/dak].....67

Tablo 4.4.1. Ekstaraktant TOPO konsantrasyonu (g TOPO/g 2-NPPE): 0,252; [Ekstraktant (TOPO): % 9,87 (w/w); Plastikleştirici (2-NPPE): % 39,12 (w/w) ; CTA: %25,53 (w/w); Sıyırma çözeltisi: 80 mL 0.1 M HCl; Besleme çözeltisi: 80 mL (100 mg/L Ga³⁺, 1000 mg/L Zn²⁺, 600 mg/L Co²⁺, 600 mg/L Ni²⁺+ Besleme çöz. HCl: 6 M HCl); Besleme ve sıyırma çözeltisi karıştırma hızı: 700 dev/dak;].....69

Tablo 4.4.2 Ekstaraktant TOPO konsantrasyonu(g TOPO/g 2-NPPE):0,527; [Ekstraktant (TOPO): % 18,56 (w/w); Plastikleştirici (2-NPPE): % 35,21 (w/w) ; CTA: %23,12 (w/w); Sıyırma çözeltisi: 80 mL 0.1 M HCl; Besleme çözeltisi: 80 mL (100 mg/L Ga³⁺, 1000 mg/L Zn²⁺, 600 mg/L Co²⁺, 600 mg/L Ni²⁺+ Besleme çöz. HCl : 6 M HCl); Besleme ve sıyırma çözeltisi karıştırma hızı: 700 dev/dak;].....69

Tablo 4.4.3. Ekstaraktant TOPO konsantrasyonu (g TOPO/g 2-NPPE): 0,993; [Ekstraktant (TOPO): % 30,09 (w/w); Plastikleştirici (2-NPPE): % 30,29 (w/w) ; CTA: %19,84 (w/w); Sıyırma çözeltisi: 80 mL 0.1 M HCl; Besleme çözeltisi: 80 mL (100 mg/L Ga³⁺, 1000 mg/L Zn²⁺, 600 mg/L Co²⁺, 600 mg/L Ni²⁺+ Besleme çöz. HCl : 6 M HCl); Besleme ve sıyırma çözeltisi karıştırma hızı: 700 dev/dak;].....72

Tablo 4.4.4. Ekstaraktant TOPO konsantrasyonu (g TOPO/g 2-NPPE): 1,504; [Ekstraktant (TOPO): % 39,41 (w/w); Plastikleştirici (2-NPPE): % 26,20 (w/w) ; CTA: %17,20 (w/w); Sıyırma çözeltisi: 80 mL 0.1 M HCl; Besleme çözeltisi: 80 mL (100 mg/L Ga³⁺, 1000 mg/L Zn²⁺, 600 mg/L Co²⁺, 600 mg/L Ni²⁺+ Besleme çöz. HCl : 6 M HCl); Besleme ve sıyırma çözeltisi karıştırma hızı: 700 dev/dak;].....72

Tablo 4.4.5. Ekstaraktant TOPO konsantrasyonu (g TOPO/g 2-NPPE): 1,953; [Ekstraktant (TOPO): % 46,23 (w/w); Plastikleştirici (2-NPPE): % 23,67 (w/w) ; CTA: %15,08 (w/w); Sıyırma çözeltisi: 80 mL 0.1 M HCl; Besleme çözeltisi: 80 mL (100 mg/L Ga³⁺, 1000 mg/L Zn²⁺, 600 mg/L Co²⁺, 600 mg/L Ni²⁺+ Besleme çöz. HCl : 6 M HCl); Besleme ve sıyırma çözeltisi karıştırma hızı: 700 dev/dak;].....75

Tablo 4.4.6. Ekstaraktant TOPO konsantrasyonu(g TOPO/g 2-NPPE):2,495; [Ekstraktant (TOPO): % 51,98 (w/w); Plastikleştirici (2-NPPE): % 20,83 (w/w) ; CTA: %13,62 (w/w); Sıyırma çözeltisi: 80 mL 0.1 M HCl; Besleme çözeltisi: 80 mL (100

mg/L Ga³⁺, 1000 mg/L Zn²⁺, 600 mg/L Co²⁺, 600 mg/L Ni²⁺+ Besleme çöz. HCl : 6 M HCl); Besleme ve sıyırma çözeltisi karıştırma hızı: 700 dev/dak].....75

Tablo 4.4.7. Ekstaraktant TOPO konsantrasyonu (g TOPO/g 2-NPPE): 0,252, 0,527, 0,993, 1,504, 1,953, 2,495 ve (TOPO (%) w/w): 9,87; 18,56; 30,09; 39,41; 46,23; 51,98; [Sıyırma çözeltisi: 80 mL 0.1 M HCl; Besleme çözeltisi: 80 mL (100 mg/L Ga³⁺, 1000 mg/L Zn²⁺, 600 mg/L Co²⁺, 600 mg/L Ni²⁺+ Besleme çöz. HCl : 6 M HCl); Besleme ve sıyırma çözeltisi karıştırma hızı: 700 dev/dak].....78

Tablo 4.4.8. Ekstaraktant TOPO konsantrasyonu(TOPO (%) w/w): 9,87; 18,56; 30,09; 39,41; 46,23; 51,98; [Sıyırma çözeltisi: 80 mL 0.1 M HCl; Besleme çözeltisi: 80 mL (100 mg/L Ga³⁺, 1000 mg/L Zn²⁺, 600 mg/L Co²⁺, 600 mg/L Ni²⁺+ Besleme çöz. HCl : 6 M HCl); Besleme ve sıyırma çözeltisi karıştırma hızı: 700 dev/dak].....79

Tablo 4.5.1. Sıyırma çözeltisi HCl konsantrasyonu: 0 M HCl (Saf su). [Ekstraktant (TOPO): % 30,31 (w/w); Plastikleştirici (2-NPPE): % 30,09 (w/w) ; CTA: %19,77 (w/w); Sıyırma çözeltisi: 80 mL 0 M HCl; Besleme çözeltisi: 80 mL (100 mg/L Ga³⁺, 1000 mg/L Zn²⁺, 600 mg/L Co²⁺, 600 mg/L Ni²⁺+ Besleme çöz. HCl : 6 M HCl); Besleme ve sıyırma çözeltisi karıştırma hızı: 700 dev/dak;].....81

Tablo 4.5.2. Sıyırma çözeltisi HCl konsantrasyonu: 0,02 M HCl; [Ekstraktant (TOPO): % 30,09 (w/w); Plastikleştirici (2-NPPE): % 30,29 (w/w) ; CTA: %19,84 (w/w); Sıyırma çözeltisi: 80 mL 0,02 M HCl; Besleme çözeltisi: 80 mL (100 mg/L Ga³⁺, 1000 mg/L Zn²⁺, 600 mg/L Co²⁺, 600 mg/L Ni²⁺+ Besleme çöz. HCl : 6 M HCl); Besleme ve sıyırma çözeltisi karıştırma hızı: 700 dev/dak;].....81

Tablo 4.5.3. Sıyırma çözeltisi HCl konsantrasyonu: 0,05 M HCl; [Ekstraktant (TOPO): % 29,87 (w/w); Plastikleştirici (2-NPPE): % 30,42 (w/w) ; CTA: %19,87 (w/w); Sıyırma çözeltisi: 80 mL 0,05 M HCl; Besleme çözeltisi: 80 mL (100 mg/L Ga³⁺, 1000 mg/L Zn²⁺, 600 mg/L Co²⁺, 600 mg/L Ni²⁺+ Besleme çöz. HCl : 6 M HCl); Besleme ve sıyırma çözeltisi karıştırma hızı: 700 dev/dak;].....84

Tablo 4.5.4. Sıyırma çözeltisi HCl konsantrasyonu: 0,20 M HCl; [Ekstraktant (TOPO): % 30,15 (w/w); Plastikleştirici (2-NPPE): % 30,21 (w/w) ; CTA: %19,87 (w/w); Sıyırma çözeltisi: 80 mL 0,20 M HCl; Besleme çözeltisi: 80 mL (100 mg/L Ga³⁺, 1000 mg/L Zn²⁺, 600 mg/L Co²⁺, 600 mg/L Ni²⁺+ Besleme çöz. HCl : 6 M HCl); Besleme ve sıyırma çözeltisi karıştırma hızı: 700 dev/dak;].....84

Tablo 4.5.5. Sıyırma çözeltisi HCl konsantrasyonu etkisi (M HCl): 0; 0,02; 0,05; 0,10; 0,20; [Besleme çözeltisi: 80 mL (100 mg/L Ga³⁺, 1000 mg/L Zn²⁺, 600 mg/L Co²⁺, 600

mg/L Ni²⁺+ Besleme çöz. HCl : 6 M HCl); Besleme ve sıyırma çözeltisi karıştırma hızı: 700 dev/dak;].....87

Tablo 4.5.6. Sıyırma çözeltisi HCl konsantrasyonu etkisi: 0; 0,02; 0,05; 0,1; 0,2; [Besleme çözeltisi: 80 mL (100 mg/L Ga³⁺, 1000 mg/L Zn²⁺, 600 mg/L Co²⁺, 600 mg/L Ni²⁺+ Besleme çöz. HCl : 6 M HCl); Besleme ve sıyırma çözeltisi karıştırma hızı: 700 dev/dak;].....88

Tablo 4.6.1. CTA kütle kesiri:CTA% :0 (Saf PVC); [Ekstraktant (TOPO): % 39,39 (w/w); Plastikleştirici (2-NPPE): % 26,26 (w/w); Sıyırma çözeltisi: 80 mL 0.1 M HCl; Besleme çözeltisi: 80 mL (100 mg/L Ga³⁺, 1000 mg/L Zn²⁺, 600 mg/L Co²⁺, 600 mg/L Ni²⁺+ Besleme çöz. HCl : 6 M HCl); Besleme ve sıyırma çözeltisi karıştırma hızı: 700 dev/dak;].....90

Tablo 4.6.2 CTA kütle kesiri: CTA: %20 [Ekstraktant (TOPO): % 39,39 (w/w); Plastikleştirici (2-NPPE): % 26,26 (w/w); Sıyırma çözeltisi: 80 mL 0.1 M HCl; Besleme çözeltisi: 80 mL (100 mg/L Ga³⁺, 1000 mg/L Zn²⁺, 600 mg/L Co²⁺, 600 mg/L Ni²⁺+ Besleme çöz. HCl : 6 M HCl); Besleme ve sıyırma çözeltisi karıştırma hızı: 700 dev/dak;].....90

Tablo 4.6.3 CTA kütle kesiri; CTA: % 40 [Ekstraktant (TOPO): % 39,37 (w/w); Plastikleştirici (2-NPPE): % 26,26 (w/w); Sıyırma çözeltisi: 80 mL 0.1 M HCl; Besleme çözeltisi: 80 mL (100 mg/L Ga³⁺, 1000 mg/L Zn²⁺, 600 mg/L Co²⁺, 600 mg/L Ni²⁺+ Besleme çöz. HCl : 6 M HCl); Besleme ve sıyırma çözeltisi karıştırma hızı: 700 dev/dak;].....93

Tablo 4.6.4. CTA kütle kesiri; CTA: % 60 [Ekstraktant (TOPO): % 39,39 (w/w); Plastikleştirici (2-NPPE): % 26,26 (w/w); Sıyırma çözeltisi: 80 mL 0.1 M HCl; Besleme çözeltisi: 80 mL (100 mg/L Ga³⁺, 1000 mg/L Zn²⁺, 600 mg/L Co²⁺, 600 mg/L Ni²⁺+ Besleme çöz. HCl : 6 M HCl); Besleme ve sıyırma çözeltisi karıştırma hızı: 700 dev/dak;].....93

Tablo 4.6.5 CTA kütle kesiri; CTA: %80 [Ekstraktant (TOPO): % 39,30 (w/w); Plastikleştirici (2-NPPE): % 26,26 (w/w); Sıyırma çözeltisi: 80 mL 0.1 M HCl; Besleme çözeltisi: 80 mL (100 mg/L Ga³⁺, 1000 mg/L Zn²⁺, 600 mg/L Co²⁺, 600 mg/L Ni²⁺+ Besleme çöz. HCl : 6 M HCl); Besleme ve sıyırma çözeltisi karıştırma hızı: 700 dev/dak;].....96

Tablo 4.6.6 CTA kütle kesiri; CTA: %100 (Saf CTA) [Ekstraktant (TOPO): % 38,89 (w/w); Plastikleştirici (2-NPPE): % 26,26 (w/w); Sıyırma çözeltisi: 80 mL 0.1 M HCl; Besleme çözeltisi: 80 mL (100 mg/L Ga³⁺, 1000 mg/L Zn²⁺, 600 mg/L Co²⁺, 600 mg/L Ni²⁺+ Besleme çöz. HCl : 6 M HCl); Besleme ve sıyırma çözeltisi karıştırma hızı: 700 dev/dak;].....96

Tablo 4.6.7 CTA kütle kesiri; [Ekstraktant (TOPO): % 39,39 (w/w); Plastikleştirici (2-NPPE): % 26,26 (w/w); Sıyırma çözeltisi: 80 mL 0.1 M HCl; Besleme çözeltisi: 80 mL (100 mg/L Ga⁺³, 1000 mg/L Zn⁺², 600 mg/L Co⁺², 600 mg/L Ni⁺²+ Besleme çöz. HCl : 6 M HCl); Besleme ve sıyırma çözeltisi karıştırma hızı: 700 dev/dak;].....99

Tablo 4.6.8. CTA yüzdesinin Ga ekstraksiyonuna etkisi: CTA: 0, 20, 40, 60, 80, 100; [Ekstraktant (TOPO): % 39,39 (w/w); Plastikleştirici (2-NPPE): % 26,26 (w/w); Sıyırma çözeltisi: 80 mL 0.1 M HCl; Besleme çözeltisi: 80 mL (100 mg/L Ga⁺³, 1000 mg/L Zn⁺², 600 mg/L Co⁺², 600 mg/L Ni⁺²+ Besleme çöz. HCl : 6 M HCl); Besleme ve sıyırma çözeltisi karıştırma hızı: 700 dev/dak;].....100

Tablo 4.7.1 Besleme çözeltisi galyum konsantrasyonu: (Ga mg/L) 50 [Ekstraktant (TOPO): % 39,39 (w/w); Plastikleştirici (2-NPPE): % 26,25 (w/w); Sıyırma çözeltisi: 80 mL 0.1 M HCl; Besleme çözeltisi: 80 mL (50 mg/L Ga⁺³, 1000 mg/L Zn⁺², 600 mg/L Co⁺², 600 mg/L Ni⁺²+ Besleme çöz. HCl : 6 M HCl); Besleme ve sıyırma çözeltisi karıştırma hızı: 700 dev/dak;].....102

Tablo 4.7.2 Besleme çözeltisi galyum konsantrasyonu: (Ga mg/L) 100 [Ekstraktant (TOPO): % 39,38 (w/w); Plastikleştirici (2-NPPE): % 26,26 (w/w); Sıyırma çözeltisi: 80 mL 0.1 M HCl; Besleme çözeltisi: 80 mL (100 mg/L Ga⁺³, 1000 mg/L Zn⁺², 600 mg/L Co⁺², 600 mg/L Ni⁺²+ Besleme çöz. HCl : 6 M HCl); Besleme ve sıyırma çözeltisi karıştırma hızı: 700 dev/dak;].....102

Tablo 4.7.3 Besleme çözeltisi galyum konsantrasyonu: (Ga mg/L) 150 [Ekstraktant (TOPO): % 39,38 (w/w); Plastikleştirici (2-NPPE): % 26,27 (w/w); Sıyırma çözeltisi: 80 mL 0.1 M HCl; Besleme çözeltisi: 80 mL (150 mg/L Ga⁺³, 1000 mg/L Zn⁺², 600 mg/L Co⁺², 600 mg/L Ni⁺²+ Besleme çöz. HCl : 6 M HCl); Besleme ve sıyırma çözeltisi karıştırma hızı: 700 dev/dak;].....105

Tablo 4.7.4 Besleme çözeltisi galyum konsantrasyonu: (Ga mg/L) 200 [Ekstraktant (TOPO): % 39,39 (w/w); Plastikleştirici (2-NPPE): % 26,26 (w/w); Sıyırma çözeltisi: 80 mL 0.1 M HCl; Besleme çözeltisi: 80 mL (200 mg/L Ga⁺³, 1000 mg/L Zn⁺², 600 mg/L Co⁺², 600 mg/L Ni⁺²+ Besleme çöz. HCl : 6 M HCl); Besleme ve sıyırma çözeltisi karıştırma hızı: 700 dev/dak;].....105

Tablo 4.7.5 Besleme çözeltisi galyum konsantrasyonu: (Ga mg/L) 250 [Ekstraktant (TOPO): % 39,38 (w/w); Plastikleştirici (2-NPPE): % 26,26 (w/w); Sıyırma çözeltisi: 80 mL 0.1 M HCl; Besleme çözeltisi: 80 mL (250 mg/L Ga⁺³, 1000 mg/L Zn⁺², 600 mg/L Co⁺², 600 mg/L Ni⁺²+ Besleme çöz. HCl : 6 M HCl); Besleme ve sıyırma çözeltisi karıştırma hızı: 700 dev/dak;].....108

Tablo 4.7.6 Besleme çözeltisi galyum konsantrasyonu: (Ga mg/L); [Ekstraktant (TOPO): % 39,39 (w/w); Plastikleştirici (2-NPPE): % 26,26 (w/w); Sıyırma çözeltisi: 80 mL 0.1 M HCl; Besleme çözeltisi: 80 mL (100 mg/L Ga⁺³, 1000 mg/L Zn⁺², 600

mg/L Co²⁺, 600 mg/L Ni²⁺+ Besleme çöz. HCl : 6 M HCl); Besleme ve sıyırma çözeltisi karıştırma hızı: 700 dev/dak;].....110

Tablo 4.7.7 Besleme çözeltisi galyum konsantrasyonu (Ga mg/L): 50, 100, 150, 200, 250; [Ekstraktant (TOPO): % 39,39 (w/w); Plastikleştirici (2-NPPE): % 26,26 (w/w); Sıyırma çözeltisi: 80 mL 0.1 M HCl; Besleme çözeltisi: 80 mL (100 mg/L Ga³⁺, 1000 mg/L Zn²⁺, 600 mg/L Co²⁺, 600 mg/L Ni²⁺+ Besleme çöz. HCl : 6 M HCl); Besleme ve sıyırma çözeltisi karıştırma hızı: 700 dev/dak;].....111

Tablo 5.1.1. Polimer içerikli membranla Ga³⁺ ekstraksiyonu besleme ve sıyırma çözeltilerindeki konsantrasyonlarının zamanla değişmesi. [Ekstraktant (TOPO): % 23,63 (w/w); Plastikleştirici (2-NPPE): % 46,02 (w/w) ; CTA: %15,20 (w/w);] Sıyırma çözeltisi: 80 mL 0.1 M HCl; Besleme çözeltisi: 80 mL (100 mg/L Ga³⁺, 1000 mg/L Zn²⁺, 600 mg/L Co²⁺, 600 mg/L Ni²⁺+ Besleme çöz. HCl : 6 M HCl); Besleme ve sıyırma çözeltisi karıştırma hızı: 700 dev/dak;].....114

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1. Bayer çözeltilisinden galyumun geri kazanım şeması.....	15
Şekil 2.2. Çinko kavurma cürufundan galyumun geri kazanılması.....	17
Şekil 2.3. Kömür külünden galyumun eldesi.....	21
Şekil 2.4. Kaolinli kilden alümina üreten prosesin hidroklorik asitli liç çözeltilisinden galyumun ekstraksiyonu.....	22
Şekil 2.5 Galyumun 1960-2015 yıllık fiyatı.....	25
Şekil 2.6. Sıvı membran tipleri.....	28
Şekil 2.7 Emülsiyon sıvı membran sisteminin şematığı.....	33
Şekil 2.8 Sürekli akımda çalışan sıvı membran prosesi akım şeması.....	34
Şekil 2.9. Galyumun giderilmesinin şematik mekanizması.....	36
Şekil 3.1. CTA, TOPO ve 2-NPPE'nin yapıları.....	41
Şekil 3.2. Polimer içerikli membran hazırlanmasına ait şema.....	42
Şekil 3.3 İki bölmeli test hücresi.....	43
Şekil 3.4. Polimer içerikli membrana ait test hücresinin şematik olarak gösterilmesi....	44
Şekil 4.2.1 . Besleme çözeltisi HCl konsantrasyonu: 2 M HCl: Ekstraktant (TOPO): % 39,39 (w/w); Plastikleştirici (2-NPPE): % 30,29 (w/w); ; CTA: % 19,62 (w/w) (◆■▲●) Sıyırma çözeltisi: 80 mL 0.1 M HCl; (◇□△○) Besleme çözeltisi: 80 mL (100 mg/L Ga ³⁺ , 1000 mg/L Zn ²⁺ , 600 mg/L Co ²⁺ , 600 mg/L Ni ²⁺ , 2 M HCl); Besleme çözeltisi ve Sıyırma çözeltisi karıştırma hızı: 700 dev/dak].....	49
Şekil 4.2.2. Besleme çözeltisi HCl konsantrasyonu: 3 M HCl: Ekstraktant (TOPO): % 39,39 (w/w); Plastikleştirici (2-NPPE): % 30,30 (w/w) ; CTA: % 19,84 (w/w); (◆■▲●) Sıyırma çözeltisi: 80 mL 0.1 M HCl; (◇□△○) Besleme çözeltisi: 80 mL (100 mg/L Ga ³⁺ , 1000 mg/L Zn ²⁺ , 600 mg/L Co ²⁺ , 600 mg/L Ni ²⁺ , 3 M HCl); Besleme çözeltisinin ve Sıyırma çözeltisinin karıştırma hızı: 700 dev/dak].....	50
Şekil 4.2.3. Besleme çözeltisi HCl konsantrasyonu: 4 M HCl: Ekstraktant (TOPO): % 39,39 (w/w); Plastikleştirici (2-NPPE): % 30,52 (w/w) ; CTA: % 19,78 (w/w); (◆■▲●) Sıyırma çözeltisi: 80 mL 0.1 M HCl; (◇□△○) Besleme çözeltisi: 80 mL (100 mg/L Ga ³⁺ , 1000 mg/L Zn ²⁺ , 600 mg/L Co ²⁺ , 600 mg/L Ni ²⁺ , 4 M HCl); Besleme çözeltisinin ve Sıyırma çözeltisinin karıştırma hızı: 700 dev/dak].....	52
Şekil 4.2.4. Besleme çözeltisi HCl konsantrasyonu: 7 M HCl: Ekstraktant (TOPO): % 39,39 (w/w); Plastikleştirici (2-NPPE): % 30,30 (w/w) ; CTA: % 19,84 (w/w); (◆■▲●) Sıyırma çözeltisi: 80 mL 0.1 M HCl; (◇□△○) Besleme çözeltisi: 80 mL (100 mg/L	

Ga³⁺, 1000 mg/L Zn²⁺, 600 mg/L Co²⁺, 600 mg/L Ni²⁺, 7 M HCl) ; Besleme çözeltisinin ve Sıyırma çözeltisinin karıştırma hızı: 700 dev/dak].....53

Şekil 4.2.5. Besleme çözeltisi HCl konsantrasyonu: 8 M HCl; Ekstraktant (TOPO): % 39,39 (w/w); Plastikleştirici (2-NPPE): % 30,16 (w/w) ; CTA: %19,83 (w/w); (◆■▲●) Sıyırma çözeltisi: 80 mL 0.1 M HCl (◇□△○) Besleme çözeltisi: 80 mL (100 mg/L Ga³⁺, 1000 mg/L Zn²⁺, 600 mg/L Co²⁺, 600 mg/L Ni²⁺, 8 M HCl) ; Besleme çözeltisinin ve Sıyırma çözeltisinin karıştırma hızı: 700 dev/dak].....55

Şekil 4.2.6. Besleme çözeltisi HCl konsantrasyonu: 6 M HCl; Ekstraktant (TOPO): % 39,39 (w/w); Plastikleştirici (2-NPPE): % 30,29 (w/w) ; CTA: %19,84 (w/w); (◆■▲●) Sıyırma çözeltisi: 80 mL 0.1 M HCl; (◇□△○) Besleme çözeltisi: 80 mL (100 mg/L Ga³⁺, 1000 mg/L Zn²⁺, 600 mg/L Co²⁺, 600 mg/L Ni²⁺, 6 M HCl) ;Besleme çözeltisinin ve Sıyırma çözeltisinin karıştırma hızı: 700 dev/dak].....56

Şekil 4.2.7. Besleme çözeltisi HCl konsantrasyonu: (2, 3, 4, 6, 7, 8) M HCl; Ekstraktant (TOPO): % 39,39 (w/w); Plastikleştirici (2-NPPE): % 30,30 (w/w) ; CTA: %19,84 (w/w); Sıyırma çözeltisi: 80 mL 0.1 M HCl; (◇□△○*x) Besleme çözeltisi: 80 mL (100 mg/L Ga³⁺, 1000 mg/L Zn²⁺, 600 mg/L Co²⁺, 600 mg/L Ni²⁺, 6 M HCl) ;Besleme çözeltisinin ve Sıyırma çözeltisinin karıştırma hızı: 700 dev/dak].....59

Şekil 4.2.8. Besleme çözeltisi HCl konsantrasyonu: M HCl; Ekstraktant (TOPO): % 39,39 (w/w) (◆■▲●*x) Plastikleştirici (2-NPPE): % 30,30 (w/w) ; CTA: %19,84 (w/w); Sıyırma çözeltisi: 80 mL 0.1 M HCl; Besleme çözeltisi: 80 mL (100 mg/L Ga³⁺, 1000 mg/L Zn²⁺, 600 mg/L Co²⁺, 600 mg/L Ni²⁺, (2, 3, 4, 6, 7, 8) M HCl) ;Besleme çözeltisinin ve Sıyırma çözeltisinin karıştırma hızı: 700 dev/dak].....59

Şekil 4.3.1. Plastikleştirici (2-NPPE) konsantrasyonu: (g 2-NPPE/(CTA+PVC)): 0,195 Ekstraktant (TOPO): % 38,79 (w/w); Plastikleştirici (2-NPPE): % 10,00 (w/w) ; CTA: %26,60 (w/w); (◆■▲●) Sıyırma çözeltisi: 80 mL 0.1 M HCl; (◇□△○) Besleme çözeltisi: 80 mL (100 mg/L Ga³⁺, 1000 mg/L Zn²⁺, 600 mg/L Co²⁺, 600 mg/L Ni²⁺, 6 M HCl) ;Besleme ve sıyırma çözeltisinin karıştırma hızı: 700 dev/dak].....61

Şekil 4.3.2. Plastikleştirici (2-NPPE) konsantrasyonu: (g 2-NPPE/(CTA+PVC)): 0,427 Ekstraktant (TOPO): % 38,43 (w/w); Plastikleştirici (2-NPPE): % 18,42 (w/w) ; CTA: %19,16 (w/w); (◆■▲●) Sıyırma çözeltisi: 80 mL 0.1 M HCl; (◇□△○) Besleme çözeltisi: 80 mL (100 mg/L Ga³⁺, 1000 mg/L Zn²⁺, 600 mg/L Co²⁺, 600 mg/L Ni²⁺, 6 M HCl) ;Besleme ve sıyırma çözeltisinin karıştırma hızı: 700 dev/dak].....62

Şekil 4.3.3. Plastikleştirici konsantrasyonu(g2-NPPE): (g 2-NPPE/(CTA+PVC)): 1,516 Ekstraktant (TOPO): % 23,63 (w/w); Plastikleştirici (2-NPPE): % 46,02 (w/w) ; CTA: %15,20 (w/w); (◆■▲●) Sıyırma çözeltisi: 80 mL 0.1 M HCl; (◇□△○) Besleme çözeltisi: 80 mL (100 mg/L Ga³⁺, 1000 mg/L Zn²⁺, 600 mg/L Co²⁺, 600 mg/L Ni²⁺, 6 M HCl) ; Besleme ve sıyırma çözeltisinin karıştırma hızı: 700 dev/dak].....64

Şekil 4.3.4. Plastikleştirici konsantrasyonu: (g 2-NPPE/(CTA+PVC)): 2,519 Ekstraktant (TOPO): % 17,76 (w/w); Plastikleştirici (2-NPPE): % 58,87 (w/w) ; CTA: %11,69 (w/w); (◆■▲●) Sıyırma çözeltisi: 80 mL 0.1 M HCl; (◇□△○) Besleme çözeltisi: 80 mL (100 mg/L Ga³⁺, 1000 mg/L Zn²⁺, 600 mg/L Co²⁺, 600 mg/L Ni²⁺, 6 M HCl); Besleme ve sıyırma çözeltisinin karıştırma hızı: 700 dev/dak].....65

Şekil 4.3.5. Plastikleştirici konsantrasyonu(g 2-NPPE) % : 10; 8,42; 30,29; 46,0; 58,87; Sıyırma çözeltisi: 80 mL 0.1 M HCl; (◇□△○*) Besleme çözeltisi: 80 mL (100 mg/L Ga³⁺, 1000 mg/L Zn²⁺, 600 mg/L Co²⁺, 600 mg/L Ni²⁺, 6 M HCl); Besleme ve sıyırma çözeltisinin karıştırma hızı: 700 dev/dak].....68

Şekil 4.3.6. Plastikleştirici konsantrasyonu(g 2-NPPE) % : 10; 8,42; 30,29; 46,0; 58,87 ; (◆■▲●*) Sıyırma çözeltisi: 80 mL 0.1 M HCl; Besleme çözeltisi: 80 mL (100 mg/L Ga³⁺, 1000 mg/L Zn²⁺, 600 mg/L Co²⁺, 600 mg/L Ni²⁺, 6 M HCl); Besleme ve sıyırma çözeltisinin karıştırma hızı: 700 dev/dak].....68

Şekil 4.4.1 Ekstaraktant TOPO konsantrasyonu (g TOPO/g 2-NPPE): 0,252. [Ekstraktant (TOPO): % 9,87 (w/w); Plastikleştirici (2-NPPE): % 39,12 (w/w) ; CTA: %25,53 (w/w); (◆■▲●) Sıyırma çözeltisi: 80 mL 0.1 M HCl; (◇□△○) Besleme çözeltisi: 80 mL (100 mg/L Ga³⁺, 1000 mg/L Zn²⁺, 600 mg/L Co²⁺, 600 mg/L Ni²⁺, 6 M HCl); Besleme ve sıyırma çözeltisinin karıştırma hızı: 700 dev/dak].....70

Şekil 4.4.2 Ekstaraktant TOPO konsantrasyonu (g TOPO/g 2-NPPE): 0,527; [Ekstraktant (TOPO): % 18,56 (w/w); Plastikleştirici (2-NPPE): % 35,21 (w/w) ; CTA: %23,12 (w/w); (◆■▲●) Sıyırma çözeltisi: 80 mL 0.1 M HCl; (◇□△○) Besleme çözeltisi: 80 mL (100 mg/L Ga³⁺, 1000 mg/L Zn²⁺, 600 mg/L Co²⁺, 600 mg/L Ni²⁺, 6 M HCl); Besleme ve sıyırma çözeltisinin karıştırma hızı: 700 dev/dak].....71

Şekil 4.4.3 Ekstaraktant TOPO konsantrasyonu (g TOPO/g 2-NPPE): 0,993; [Ekstraktant (TOPO): % 30,09 (w/w); Plastikleştirici (2-NPPE): % 30,29 (w/w) ; CTA: %19,84 (w/w); (◆■▲●) Sıyırma çözeltisi: 80 mL 0.1 M HCl; (◇□△○) Besleme çözeltisi: 80 mL (100 mg/L Ga³⁺, 1000 mg/L Zn²⁺, 600 mg/L Co²⁺, 600 mg/L Ni²⁺, 6 M HCl); Besleme ve sıyırma çözeltisinin karıştırma hızı: 700 dev/dak].....73

Şekil 4.4.4 Ekstaraktant TOPO konsantrasyonu (g TOPO/g 2-NPPE): 1,504; [Ekstraktant (TOPO): % 39,41 (w/w); Plastikleştirici (2-NPPE): % 26,20 (w/w) ; CTA: %17,20 (w/w); (◆■▲●) Sıyırma çözeltisi: 80 mL 0.1 M HCl; (◇□△○) Besleme

çözeltisi: 80 mL (100 mg/L Ga³⁺, 1000 mg/L Zn²⁺, 600 mg/L Co²⁺, 600 mg/L Ni²⁺, 6 M HCl); Besleme ve sıyırma çözeltisinin karıştırma hızı: 700 dev/dak].....74

Şekil 4.4.5 Ekstaraktant TOPO konsantrasyonu (g TOPO/g 2-NPPE): 1,953; [Ekstraktant (TOPO): % 46,23 (w/w); Plastikleştirici (2-NPPE): % 23,67 (w/w) ; CTA: %15,08 (w/w); (◆■▲●) Sıyırma çözeltisi: 80 mL 0.1 M HCl; (◇□△○) Besleme çözeltisi: 80 mL (100 mg/L Ga³⁺, 1000 mg/L Zn²⁺, 600 mg/L Co²⁺, 600 mg/L Ni²⁺, 6 M HCl); Besleme ve sıyırma çözeltisinin karıştırma hızı: 700 dev/dak].....76

Şekil 4.4.6 Ekstaraktant TOPO konsantrasyonu (g TOPO/g 2-NPPE): 2,495; [Ekstraktant (TOPO): % 51,98 (w/w); Plastikleştirici (2-NPPE): % 20,83 (w/w) ; CTA: %13,62 (w/w); (◆■▲●) Sıyırma çözeltisi: 80 mL 0.1 M HCl; (◇□△○) Besleme çözeltisi: 80 mL (100 mg/L Ga³⁺, 1000 mg/L Zn²⁺, 600 mg/L Co²⁺, 600 mg/L Ni²⁺, 6 M HCl); Besleme ve sıyırma çözeltisinin karıştırma hızı: 700 dev/dak].....77

Şekil 4.4.7 Ekstaraktant TOPO konsantrasyonu (TOPO (%) w/w): 9,87; 18,56; 30,09; 39,41; 46,23; 51,98; [Ekstraktant (TOPO): % 51,98 (w/w); Sıyırma çözeltisi: 80 mL 0.1 M HCl; (◇□△○*x) Besleme çözeltisi: 80 mL (100 mg/L Ga³⁺, 1000 mg/L Zn²⁺, 600 mg/L Co²⁺, 600 mg/L Ni²⁺, 6 M HCl); Besleme ve sıyırma çözeltisinin karıştırma hızı: 700 dev/dak].....80

Şekil 4.4.8. Ekstaraktant TOPO konsantrasyonu (TOPO (%) w/w): 9,87; 18,56; 30,09; 39,41; 46,23; 51,98; [Ekstraktant (TOPO): % 51,98 (w/w); (◆■▲●*x) Sıyırma çözeltisi: 80 mL 0.1 M HCl; Besleme çözeltisi: 80 mL (100 mg/L Ga³⁺, 1000 mg/L Zn²⁺, 600 mg/L Co²⁺, 600 mg/L Ni²⁺, 6 M HCl); Besleme ve sıyırma çözeltisinin karıştırma hızı: 700 dev/dak].....80

Şekil 4.5.1 . Sıyırma çözeltisi HCl konsantrasyonu: 0 M HCl (Saf su): [Ekstraktant (TOPO): % 30,31 (w/w); Plastikleştirici (2-NPPE): % 30,09 (w/w) ; CTA: %19,77 (w/w); (◆■▲●) Sıyırma çözeltisi: 80 mL 0 M HCl; (◇□△○) Besleme çözeltisi: 80 mL (100 mg/L Ga³⁺, 1000 mg/L Zn²⁺, 600 mg/L Co²⁺, 600 mg/L Ni²⁺, 6 M HCl);Besleme ve sıyırma çözeltisinin karıştırma hızı: 700 dev/dak].....82

Şekil 4.5.2. Sıyırma çözeltisi HCl konsantrasyonu: 0,02 M HCl (Saf su): [Ekstraktant (TOPO): % 30,31 (w/w); Plastikleştirici (2-NPPE): % 30,29 (w/w) ; CTA: %19,84 (w/w); (◆■▲●) Sıyırma çözeltisi: 80 mL 0,02 M HCl; (◇□△○) Besleme çözeltisi: 80 mL (100 mg/L Ga³⁺, 1000 mg/L Zn²⁺, 600 mg/L Co²⁺, 600 mg/L Ni²⁺, 6 M HCl);Besleme ve sıyırma çözeltisinin karıştırma hızı: 700 dev/dak].....83

Şekil 4.5.3. Sıyırma çözeltisi HCl konsantrasyonu: 0,05 M HCl: [Ekstraktant (TOPO): % 29,87 (w/w); Plastikleştirici (2-NPPE): % 30,42 (w/w) ; CTA: %19,87 (w/w); (◆■▲●) Sıyırma çözeltisi: 80 mL 0,05 M HCl; (◇□△○) Besleme çözeltisi: 80 mL

(100 mg/L Ga³⁺, 1000 mg/L Zn²⁺, 600 mg/L Co²⁺, 600 mg/L Ni²⁺, 6 M HCl);Besleme ve sıyırma çözeltisinin karıştırma hızı: 700 dev/dak].....85

Şekil 4.5.4. Sıyırma çözeltisi HCl konsantrasyonu: 0,20 M HCl: [Ekstraktant (TOPO): % 30,15 (w/w); Plastikleştirici (2-NPPE): % 30,21 (w/w) ; CTA: %19,87 (w/w); (◆■▲●) Sıyırma çözeltisi: 80 mL 0,20 M HCl; (◇□△○) Besleme çözeltisi: 80 mL (100 mg/L Ga³⁺, 1000 mg/L Zn²⁺, 600 mg/L Co²⁺, 600 mg/L Ni²⁺, 6 M HCl);Besleme ve sıyırma çözeltisinin karıştırma hızı: 700 dev/dak].....86

Şekil 4.5.5. Sıyırma çözeltisi HCl konsantrasyonu etkisi: [Ekstraktant (TOPO): % 30,15 (w/w); Plastikleştirici (2-NPPE): % 30,21 (w/w) ; CTA: %19,87 (w/w); Sıyırma çözeltisi: 80 mL 0,02; 0,05; 0,1; 0,2 M HCl; (◇□△○*) Besleme çözeltisi: 80 mL (100 mg/L Ga³⁺, 1000 mg/L Zn²⁺, 600 mg/L Co²⁺, 600 mg/L Ni²⁺, 6 M HCl); Besleme ve sıyırma çözeltisinin karıştırma hızı: 700 dev/dak].....89

Şekil 4.5.6. Sıyırma çözeltisi HCl konsantrasyonu etkisi: [Ekstraktant (TOPO): % 30,15 (w/w); Plastikleştirici (2-NPPE): % 30,21 (w/w) ; CTA: %19,87 (w/w); (◆■▲●*) Sıyırma çözeltisi: 80 mL 0; 0,02; 0,05; 0,1; 0,2 M HCl; Besleme çözeltisi: 80 mL (100 mg/L Ga³⁺, 1000 mg/L Zn²⁺, 600 mg/L Co²⁺, 600 mg/L Ni²⁺, 6 M HCl); Besleme ve sıyırma çözeltisinin karıştırma hızı: 700 dev/dak].....89

Şekil 4.6.1 CTA kütle kesiri;[CTA% :0 (Saf PVC): Ekstraktant (TOPO): % 39,39 (w/w); Plastikleştirici (2-NPPE): % 26,26 (w/w); (◆■▲●) Sıyırma çözeltisi: 80 mL 0.1 M HCl; (◇□△○) Besleme çözeltisi: 80 mL (100 mg/L Ga³⁺, 1000 mg/L Zn²⁺, 600 mg/L Co²⁺, 600 mg/L Ni²⁺, 6 M HCl);Besleme ve sıyırma çözeltisinin karıştırma hızı: 700 dev/dak].....91

Şekil 4.6.2. CTA kütle kesiri;[CTA% :20; Ekstraktant (TOPO): % 39,39 (w/w); Plastikleştirici (2-NPPE): % 26,26 (w/w); (◆■▲●) Sıyırma çözeltisi: 80 mL 0.1 M HCl; (◇□△○) Besleme çözeltisi: 80 mL (100 mg/L Ga³⁺, 1000 mg/L Zn²⁺, 600 mg/L Co²⁺, 600 mg/L Ni²⁺, 6 M HCl);Besleme ve sıyırma çözeltisinin karıştırma hızı: 700 dev/dak].....92

Şekil 4.6.3. CTA kütle kesiri;[CTA% :40; Ekstraktant (TOPO): % 39,37 (w/w); (◆■▲●) Plastikleştirici (2-NPPE): % 26,26 (w/w); Sıyırma çözeltisi: 80 mL 0.1 M HCl; (◇□△○) Besleme çözeltisi: 80 mL (100 mg/L Ga³⁺, 1000 mg/L Zn²⁺, 600 mg/L Co²⁺, 600 mg/L Ni²⁺, 6 M HCl);Besleme ve sıyırma çözeltisinin karıştırma hızı: 700 dev/dak].....94

Şekil 4.6.4 CTA kütle kesiri;[CTA% :60; Ekstraktant (TOPO): % 39,39 (w/w); Plastikleştirici (2-NPPE): % 26,26 (w/w); (◆■▲●) Sıyırma çözeltilisi: 80 mL 0.1 M HCl; (◇□△○)Besleme çözeltilisi: 80 mL (100 mg/L Ga⁺³, 1000 mg/L Zn⁺², 600 mg/L Co⁺², 600 mg/L Ni⁺² ,6 M HCl);Besleme ve sıyırma çözeltilisinin karıştırma hızı: 700 dev/dak].....95

Şekil 4.6.5 CTA kütle kesiri;[CTA% :80; Ekstraktant (TOPO): % 39,30 (w/w); Plastikleştirici (2-NPPE): % 26,26 (w/w); (◆■▲●) Sıyırma çözeltilisi: 80 mL 0.1 M HCl; (◇□△○) Besleme çözeltilisi: 80 mL (100 mg/L Ga⁺³, 1000 mg/L Zn⁺², 600 mg/L Co⁺², 600 mg/L Ni⁺² ,6 M HCl);Besleme ve sıyırma çözeltilisinin karıştırma hızı: 700 dev/dak].....97

Şekil 4.6.6. CTA kütle kesiri; [CTA:% 100 (Saf CTA); Ekstraktant (TOPO): % 38,89 (w/w); Plastikleştirici (2-NPPE): % 26,26 (w/w); (◆■▲●) Sıyırma çözeltilisi: 80 mL 0.1 M HCl; (◇□△○) Besleme çözeltilisi: 80 mL (100 mg/L Ga⁺³, 1000 mg/L Zn⁺², 600 mg/L Co⁺², 600 mg/L Ni⁺² ,6 M HCl);Besleme ve sıyırma çözeltilisinin karıştırma hızı: 700 dev/dak].....98

Şekil 4.6.7. CTA yüzdesinin Ga ekstraksiyonuna etkisi: CTA: 0, 20, 40, 60, 80, 100; Ekstraktant (TOPO): % 38,89 (w/w); Plastikleştirici (2-NPPE): % 26,26 (w/w); Sıyırma çözeltilisi: 80 mL 0.1 M HCl; (◇□△○*x) Besleme çözeltilisi: 80 mL (100 mg/L Ga⁺³, 1000 mg/L Zn⁺², 600 mg/L Co⁺², 600 mg/L Ni⁺² ,6 M HCl);Besleme ve sıyırma çözeltilisinin karıştırma hızı: 700 dev/dak].....101

Şekil 4.6.8. CTA yüzdesinin Ga ekstraksiyonuna etkisi: CTA: 0, 20, 40, 60, 80, 100; Ekstraktant (TOPO): % 38,89 (w/w); Plastikleştirici (2-NPPE): % 26,26 (w/w); (◆■▲●*x) Sıyırma çözeltilisi: 80 mL 0.1 M HCl; (◇□△○*x) Besleme çözeltilisi: 80 mL (100 mg/L Ga⁺³, 1000 mg/L Zn⁺², 600 mg/L Co⁺², 600 mg/L Ni⁺² ,6 M HCl); Besleme ve sıyırma çözeltilisinin karıştırma hızı: 700 dev/dak].....101

Şekil 4.7.1 Besleme çözeltilisi galyum konsantrasyonu: (Ga mg/L) 50; Ekstraktant (TOPO): % 39,39 (w/w); Plastikleştirici (2-NPPE): % 26,26 (w/w); (◆■▲●) Sıyırma çözeltilisi: 80 mL 0.1 M HCl; (◇□△○) Besleme çözeltilisi: 80 mL (50 mg/L Ga⁺³, 1000 mg/L Zn⁺², 600 mg/L Co⁺², 600 mg/L Ni⁺² ,6 M HCl);Besleme ve sıyırma çözeltilisinin karıştırma hızı: 700 dev/dak].....103

Şekil 4.7.2 Besleme çözeltilisi galyum konsantrasyonu: (Ga mg/L) 100; Ekstraktant (TOPO): % 39,38 (w/w); Plastikleştirici (2-NPPE): % 26,26 (w/w); (◆■▲●) Sıyırma çözeltilisi: 80 mL 0.1 M HCl; (◇□△○) Besleme çözeltilisi: 80 mL (100 mg/L Ga⁺³, 1000 mg/L Zn⁺², 600 mg/L Co⁺², 600 mg/L Ni⁺² ,6 M HCl);Besleme ve sıyırma çözeltilisinin karıştırma hızı: 700 dev/dak].....104

Şekil 4.7.3 Besleme çözeltisi galyum konsantrasyonu: (Ga mg/L) 150; Ekstraktant (TOPO): % 39,38 (w/w); Plastikleştirici (2-NPPE): % 26,27 (w/w); (◆■▲●) Sıyırma çözeltisi: 80 mL 0.1 M HCl; (◇□△○) Besleme çözeltisi: 80 mL (150 mg/L Ga⁺³, 1000 mg/L Zn⁺², 600 mg/L Co⁺², 600 mg/L Ni⁺², 6 M HCl); Besleme ve sıyırma çözeltisinin karıştırma hızı: 700 dev/dak].....106

Şekil 4.7.4 Besleme çözeltisi galyum konsantrasyonu: (Ga mg/L) 200; Ekstraktant (TOPO): % 39,39 (w/w); Plastikleştirici (2-NPPE): % 26,26 (w/w); (◆■▲●) Sıyırma çözeltisi: 80 mL 0.1 M HCl; (◇□△○) Besleme çözeltisi: 80 mL (200 mg/L Ga⁺³, 1000 mg/L Zn⁺², 600 mg/L Co⁺², 600 mg/L Ni⁺², 6 M HCl); Besleme ve sıyırma çözeltisinin karıştırma hızı: 700 dev/dak].....107

Şekil 4.7.5 Besleme çözeltisi galyum konsantrasyonu: (Ga mg/L) 250; Ekstraktant (TOPO): % 39,38 (w/w); Plastikleştirici (2-NPPE): % 26,28 (w/w); (◆■▲●) Sıyırma çözeltisi: 80 mL 0.1 M HCl; (◇□△○) Besleme çözeltisi: 80 mL (250 mg/L Ga⁺³, 1000 mg/L Zn⁺², 600 mg/L Co⁺², 600 mg/L Ni⁺², 6 M HCl); Besleme ve sıyırma çözeltisinin karıştırma hızı: 700 dev/dak].....109

Şekil 4.7.6 Besleme çözeltisi galyum konsantrasyonu (Ga mg/L): 50, 100, 150, 200, 250; Ekstraktant (TOPO): % 39,38 (w/w); Plastikleştirici (2-NPPE): % 26,26 (w/w); Sıyırma çözeltisi: 80 mL 0.1 M HCl; (◇□△○*x) Besleme çözeltisi: 80 mL (250 mg/L Ga⁺³, 1000 mg/L Zn⁺², 600 mg/L Co⁺², 600 mg/L Ni⁺², 6 M HCl); Besleme ve sıyırma çözeltisinin karıştırma hızı: 700 dev/dak].....112

Şekil 4.7.7 Besleme çözeltisi galyum konsantrasyonu (Ga mg/L): 50, 100, 150, 200, 250; Ekstraktant (TOPO): % 39,38 (w/w); Plastikleştirici (2-NPPE): % 26,28 (w/w); (◆■▲●*x) Sıyırma çözeltisi: 80 mL 0.1 M HCl; Besleme çözeltisi: 80 mL (250 mg/L Ga⁺³, 1000 mg/L Zn⁺², 600 mg/L Co⁺², 600 mg/L Ni⁺², 6 M HCl); Besleme ve sıyırma çözeltisinin karıştırma hızı: 700 dev/dak].....112

Şekil 5.1.1. Galyumun besleme ve sıyırma çözeltilerindeki konsantrasyonlarının zamanla değişmesi [Ekstraktant (TOPO): % 23,63 (w/w); Plastikleştirici (2-NPPE): % 46,02 (w/w) ; CTA: % 15,20 (w/w); (◆■▲●) Sıyırma çözeltisi: 80 mL 0.1 M HCl; (◇□△○) Besleme çözeltisi: 80 mL (100 mg/L Ga⁺³, 1000 mg/L Zn⁺², 600 mg/L Co⁺², 600 mg/L Ni⁺², 6 M HCl); Besleme ve sıyırma çözeltisinin karıştırma hızı: 700 dev/dak].....114

Şekil 5.3.1. Besleme çözeltisi HCl konsantrasyonunun galyumun kütle akısına etkisi. (Ekstraktant (TOPO): % 39,39 (w/w) Plastikleştirici (2-NPPE): % 30,30 (w/w) ; CTA: % 19,84 (w/w); (○) Sıyırma çözeltisi: 80 mL 0.1 M HCl; (●) Besleme çözeltisi: 80 mL

(100 mg/L Ga³⁺, 1000 mg/L Zn²⁺, 600 mg/L Co²⁺, 600 mg/L Ni²⁺, (2,3,4,6,7,8) M HCl);Besleme çözeltisinin ve sıyırma çözeltisinin karıştırma hızı: 700 dev/dak].....116

Şekil 5.4.1 Plastikleştirici konsantrasyonunun kütle akısına etkisi (% 2-NPPE) : 10; 8,4; 30,3 ; 46,0; 58,9; Ekstraktant (TOPO): % 39,39 (w/w) (●) Sıyırma çözeltisi: 80 mL 0.1 M HCl; (○) Besleme çözeltisi: 80 mL (100 mg/L Ga³⁺, 1000 mg/L Zn²⁺, 600 mg/L Co²⁺, 600 mg/L Ni²⁺, 6 M HCl);Besleme çözeltisinin ve Sıyırma çözeltisinin karıştırma hızı: 700 dev/dak].....117

Şekil 5.4.2 Plastikleştirici (2-NPPE) konsantrasyonunun kütle akısına etkisi (g 2-NPPE/(CTA+PVC)): 0,195, 0,427, 0,765, 0,516, 2,519; Ekstraktant (TOPO): % 39,39 (w/w) (●) Sıyırma çözeltisi: 80 mL 0.1 M HCl; (○) Besleme çözeltisi: 80 mL (100 mg/L Ga³⁺, 1000 mg/L Zn²⁺, 600 mg/L Co²⁺, 600 mg/L Ni²⁺, 6 M HCl); Besleme çözeltisinin ve Sıyırma çözeltisinin karıştırma hızı: 700 dev/dak].....117

Şekil 5.4.5. Plastikleştirici konsantrasyonunun ayırma faktörü etkisi (% 2-NPPE) : 10; 8,42; 30,29; 46,0; 58,87; Ekstraktant (TOPO): % 39,39 (w/w); Sıyırma çözeltisi: 80 mL 0.1 M HCl; Besleme çözeltisi: 80 mL (100 mg/L Ga³⁺, 1000 mg/L Zn²⁺, 600 mg/L Co²⁺, 600 mg/L Ni²⁺, 6 M HCl);Besleme çözeltisinin ve Sıyırma çözeltisinin karıştırma hızı: 700 dev/dak].....118

Şekil 5.5.1 Ekstaraktant TOPO konsantrasyonunun kütle akısına etkisi ((TOPO (%) w/w): 9,9; 18,6; 30,1; 39,4; 46,2; 52,0; (□) Sıyırma çözeltisi: 80 mL 0.1 M HCl; (Δ) Besleme çözeltisi: 80 mL (100 mg/L Ga³⁺, 1000 mg/L Zn²⁺, 600 mg/L Co²⁺, 600 mg/L Ni²⁺, 6 M HCl);Besleme çözeltisinin ve Sıyırma çözeltisinin karıştırma hızı: 700 dev/dak].....119

Şekil 5.5.2 Ekstraktant TOPO konsantrasyonunun kütle akısına etkisi (g TOPO/g 2-NPPE): 0,252, 0,527, 0,993, 1,504, 1,953, 2,495; (□) Sıyırma çözeltisi: 80 mL 0.1 M HCl; (Δ) Besleme çözeltisi: 80 mL (100 mg/L Ga³⁺, 1000 mg/L Zn²⁺, 600 mg/L Co²⁺, 600 mg/L Ni²⁺, 6 M HCl); Besleme çözeltisinin ve Sıyırma çözeltisinin karıştırma hızı: 700

dev/dak].....119

Şekil 5.6.1. Sıyırma çözeltisi HCl konsantrasyonunun kütle akısına etkisi: 0,2; [Ekstraktant (TOPO): % 51,98 (w/w); Plastikleştirici (2-NPPE): % 30,21 (w/w) ; CTA: % 19,87 (w/w); (●)Sıyırma çözeltisi: 80 mL 0; 0,02; 0,05; 0,1; M HCl; (○) Besleme çözeltisi: 80 mL (100 mg/L Ga³⁺, 1000 mg/L Zn²⁺, 600 mg/L Co²⁺, 600 mg/L Ni²⁺, 6 M HCl); Besleme ve sıyırma çözeltisinin karıştırma hızı: 700 dev/dak].....120

Şekil 5.7.1. CTA yüzdesinin kütle akısına etkisi: CTA: 0 ila 1; [Ekstraktant (TOPO): % 52,0 (w/w); Plastikleştirici (2-NPPE): % 26,3 (w/w); (●)Sıyırma çözeltisi: 80 mL 0.1 M HCl; (○) Besleme çözeltisi: 80 mL (100 mg/L Ga³⁺, 1000 mg/L Zn²⁺, 600 mg/L Co²⁺, 600 mg/L Ni²⁺, 6 M HCl); Besleme ve sıyırma çözeltisinin karıştırma hızı: 700 dev/dak].....121

Şekil 5.8.1. CTA yüzdesinin galyumun çinkoya göre ayırma faktörüne etkisi: CTA: 0, 20, 40, 60, 80, 100; [Ekstraktant (TOPO): % 52.0 (w/w); Plastikleştirici (2-NPPE): % 26,3 (w/w); Sıyırma çözeltisi: 80 mL 0.1 M HCl; Besleme çözeltisi: 80 mL (100 mg/L Ga³⁺, 1000 mg/L Zn²⁺, 600 mg/L Co²⁺, 600 mg/L Ni²⁺, 6 M HCl); Besleme ve sıyırma çözeltisinin karıştırma hızı : 700 dev/dak].....123

Şekil 5.8.2. CTA yüzdesinin $\alpha_{Ga/Co}$ ayırma faktörüne etkisi : CTA: 0, 20, 40, 60, 80, 100; [Ekstraktant (TOPO): % 51,98 (w/w); Plastikleştirici (2-NPPE): % 26,26 (w/w); Sıyırma çözeltisi: 80 mL 0.1 M HCl; Besleme çözeltisi: 80 mL (100 mg/L Ga³⁺, 1000 mg/L Zn²⁺, 600 mg/L Co²⁺, 600 mg/L Ni²⁺, 6 M HCl); Besleme ve sıyırma çözeltisinin karıştırma hızı: 700 dev/dak].....123

Şekil 5.8.3. CTA yüzdesinin Ga/Ni ayırma faktörüne etkisi : CTA: 0, 20, 40, 60, 80, 100; [Ekstraktant (TOPO): % 52.0 (w/w); Plastikleştirici (2-NPPE): % 26,3 (w/w); Sıyırma çözeltisi: 80 mL 0.1 M HCl; Besleme çözeltisi: 80 mL (100 mg/L Ga³⁺, 1000 mg/L Zn²⁺, 600 mg/L Co²⁺, 600 mg/L Ni²⁺, 6 M HCl); Besleme ve sıyırma çözeltisinin karıştırma hızı: 700 dev/dak].....124

Şekil 5.8.4. CTA yüzdesinin galyumun Zn, Co ve Ni iyonlarının ayırma faktörlerine etkisi : 0, 20, 40, 60, 80, 100; [Ekstraktant (TOPO): % 51,98 (w/w); Plastikleştirici (2-NPPE): % 26,3 (w/w); Sıyırma çözeltisi: 80 mL 0.1 M HCl; Besleme çözeltisi: 80 mL (100 mg/L Ga³⁺, 1000 mg/L Zn²⁺, 600 mg/L Co²⁺, 600 mg/L Ni²⁺, 6 M HCl); Besleme ve sıyırma çözeltisinin karıştırma hızı: 700 dev/dak].....124

Şekil 5.8.5. CTA yüzdesinin ayırma faktörüne etkisi: CTA: 0, 20, 100; [Ekstraktant (TOPO): % 51,98 (w/w); Plastikleştirici (2-NPPE): % 26,26 (w/w); Sıyırma çözeltisi: 80 mL 0.1 M HCl; Besleme çözeltisi: 80 mL (100 mg/L Ga³⁺, 1000 mg/L Zn²⁺, 600 mg/L Co²⁺, 600 mg/L Ni²⁺, 6 M HCl); Besleme ve sıyırma çözeltisinin karıştırma hızı: 700 dev/dak].....125

Şekil 5.8.6. Besleme çözeltisi galyum konsantrasyonunun kütle akısına etkisi: (Ga mg/L): 50, 100, 150, 200, 250; [Ekstraktant (TOPO): % 51,98 (w/w); Plastikleştirici (2-NPPE): % 26,26 (w/w); (●)Sıyırma çözeltisi: 80 mL 0.1 M HCl; (○) Besleme çözeltisi: 80 mL (100 mg/L Ga³⁺, 1000 mg/L Zn²⁺, 600 mg/L Co²⁺, 600 mg/L Ni²⁺, 6 M HCl); Besleme ve sıyırma çözeltisinin karıştırma hızı: 700 dev/dak].....125

Şekil 5.8.7. Besleme çözeltisi galyum konsantrasyonunun ayırma faktörüne etkisi: (Ga mg/L): 50, 100, 150, 200, 250; [Ekstraktant (TOPO): % 51,98 (w/w); Plastikleştirici (2-NPPE): % 26,26 (w/w); Sıyırma çözeltisi: 80 mL 0.1 M HCl; Besleme çözeltisi: 80 mL (100 mg/L Ga³⁺, 1000 mg/L Zn²⁺, 600 mg/L Co²⁺, 600 mg/L Ni²⁺, 6 M HCl); Besleme ve sıyırma çözeltisinin karıştırma hızı: 700 dev/dak].....126

1. GİRİŞ

Endüstride galyum meteline olan ihtiyacın büyük ölçekli integre devreler (LSİ), ışık yayan diyotlar (LED) ve yarı iletken lazerler gibi elektronik veya optoelektronik cihazlarda galyum arsenüre (GaAs) olan önemli potansiyelden dolayı giderek artmaktadır. Bununla birlikte galyum, galyumca zengin cevherler şeklinde mevcut olmayıp, alüminyum endüstrisindeki Bayer çözeltilerinden ve çinko endüstrisindeki atıkların sülfat asidi çözeltileri gibi diğer bazı adi metal ionlarında birlikte bulunduğu seyreltik çözeltilerden galyumun geriye kazanılması için yüksek performansa sahip proseslerin geliştirilmesi önemlidir.

Emülsiyon tipi sıvı membranların 1968 yılında [1] tarafından bulunmasından bu yana, sıvı membranlar, solvent ekstraksiyona kıyasla metallerin ayrılması ve zenginleştirilmesi ileri bir ayırma tekniği olarak önem kazanmıştır. Sıvı membran prosesi, solvent ekstraksiyonda elde edilen yüksek seçicilik yanında, yüksek metal membran tekniğinin galyumun geri kazanılmasına sıvı membran prosesinin uygulanabilirliği konusunda birkaç çalışmalar bulunmaktadır [2-3].

Galyumun asidik ve bazik çözeltilerden solvent ekstraksiyonla ayrılması konusunda fazla sayıda çalışma yapılmıştır [4-15].

De Schepper [4], demir içeren asidik atık germanyum çözeltilerinden galyumu TBP ile % 99,5 oranında ekstrakte etmiştir. Başlangıç çözeltideki Fe (III)'ü Fe tozu ile Fe (II)'e indirgemek suretiyle verim arttırılmıştır.

Jiang ve diğerleri [5], düşük tenörlü kompleks cevherlerden sülfirik asit ve sodyum tiyosülfata ilave edilen sülfirik asit ve SO₂ ile galyum ve germanyumun ekstraksiyonu üzerine, sıcaklık, sodyum tiyosülfat ve H₂SO₄ konsantrasyonlarının etkisini incelemişlerdir. Klorürlü çözeltilerden galyumun, kerosende çözülmüş Amberlite LA-2 konsantrasyonları ve pH'nın etkisi Gutierrez ve diğerleri [6] tarafından çalışılmıştır. 2-etilhekzifosfonik asit mono-2-etilhekzil ester (EHPNA) ve dört oksin ile galyumun sinerjistik ekstraksiyonu Kondo ve diğerleri tarafından incelenmiştir [7]. Nishihama ve diğerleri [8] çinko fabrikası atıklarından galyumun ve indiyumun ayrılması ve geri kazanılmasının TBP (tri bütül fosfat) ile ekstrakte ederek, galyum ve indiyumu ise çinkodan D2EHPA ile ayırmışlardır.

Carvalho ve diğeri [9] alüminyum tesislerindeki toz atıklarından galyumun geri kazanılmasını ticari polieter tipi poliüretan köpüğü kullanarak katı faz ekstraksiyonu ile incelemişlerdir.

Sato ve Dishi [10] sodyum hidroksit çözeltilerden Kelex 100 ile galyumu ekstrakte etmişlerdir. 5-sübstitüe 8-hidroksi kinolin ile kuvvetli bazik çözeltilerden galyum ve alüminyumun ekstraksiyonla ayrılması Bauer ve Pescheer-Cluzeau [11] tarafından çalışılmıştır. Gelvert [12], Bayer prosesi çözeltilerinden galyumun ekstraksiyonu 8-hidroksi kinolin türevlerine reaksiyon kinetiğini arttırıcı dioksim ilavesiyle incelemiştir. Bayer prosesi çözeltilerinden Kelex 100 ile, galyumun ekstraksiyonu Puvvada ve diğeri [13] tarafından incelenmiş ve yüklü organik fazı yıkamada 1/1,5 organik/sulu faz oranları için 6 M HCl ile ayrılmıştır. Bayer prosesi çözeltilerinden galyumun ekstraksiyonu %12 Kelex 100 ve % 12 izodekanol ve kerosenden ibaret bir organik karışımda Puvvada [14] tarafından gerçekleştirilmiş olup, kinetiğini arttırmak için organik faza ilave edilen yüzey aktif maddelerin etkisi incelenmiştir.

Ayırma işlemi için solvent ekstraksiyonu yerine sıvı membran prosesi veya polimer içerikli membran kullanılabilir. İndiyum, galyum, çinko ve alüminyum içeren 'çinko atığı' asidik liç çözeltilerinden galyumun emülsiyon tipi ve destekli sıvı membranlarla galyum ve indiyumun ayrılması Shono ve diğeri [15] tarafından incelenmiştir.

Alüminyum, çinko ve bakır içeren asidik liç çözeltilerinden Amberlite LA-2 ile galyumun ayrılması ve zenginleştirilmesi emülsiyon tipi sıvı membranlarla incelenmiştir [16]. Sato ve diğeri [17], çinko atığı liç çözeltilerinden galyumun emulsion tipi sıvı membranlarla ekstraksiyonu incelenmiştir.

Bu çalışmada galyum, çinko, kobalt ve nikel içeren kuvvetli asidik çözeltilerinden ekstraktant olarak trioktil fosfin oksiti (TOPO) kullanarak polimer içerikli membranla diğeri ionlardan galyumun ayrılması ve geri kazanılması deneysel olarak incelenmiştir. Besleme ve sıyırma çözeltilerinden HCl konsantrasyonu, ekstraktant (TOPO) konsantrasyonu ve plastikleştirici (2-NPPE) konsantrasyonu, CTA kütle kesiri ve besleme çözeltisi metal (Ga) konsantrasyonu gibi önemli parametrelerin ekstraksiyona etkisi deneysel olarak incelenmiştir.

2. BÖLÜM

GENEL BİLGİLER ve LİTERATÜR ÇALIŞMASI

2. Genel Bilgiler

2.1.1 Galyum Elementi

Sembol: Ga

Atom numarası: 31

Atom ağırlığı: 69.723g/mol

Elektronik konfigürasyonu: [Ar] 3d¹⁰ 4s² 4p¹

Kabuk yapısı: 2 8 18 3

Elektronegatiflik: 1.81 (pauling birimine göre), 2.42 (Sanderson elektronegatifliğine göre)

Elektron ilgisi: 28,9 kJ mol⁻¹

Atom yarıçapı: 130 pm (136 pm hesaplanan)

Galyumu, 1871 yılında Mendeleev, ‘eka-alüminyum’ olarak tahminle ortaya çıkarmıştır. Bu tarihten dört yıl sonra, Fransız kimyacı Le Coq de Boisbaudran ‘Pireneler’ den edilen çinko blendin (sfalerit) spektroskopik analizinde incelemiş ve ortaya yeni element özelliklerini yayınladı. Boisbaudran’ın verileri Mendeleev tarafından önerilen tahmini özellik haricinden iyi bir uyuma sahiplendi. Mendeleev Boisbaudran’ın bulduğu yoğunluk değeri 4,7’nin, kendisinin hesaplamış olduğu 5,9 değerine göre çok düşük çıktığını ispat etmiştir [1].

Boisbaudran, sonuçlarını yeniden kontrol etmiş ve galyum bileşiklerini indirgemek üzere kullandığı galyum metalinin sodyumla kirletilmiş olduğunu tespit etmiştir. Yüksek saflıktaki galyumun yoğunluğu 5,9’ur. % 99,999 saflığa sahip bir galyum metalinin erime noktası 29,780 °C ve kaynama noktası ise 2516°C’dir. Galyum suda inert olup, sülfürik asit ve hidroklorik asitte kolaylıkla çözünür. Nitrik asitle pasifleştirilir, alkali çözeltilerde çözünür ve ısıtılınca holojenlerle reaksiyona girer. Çok

saf galyum metali, tuzda saatlerce aşırı soğutulma eğilimine sahiptir ve günlerce kristallenme oluşmayabilir. Aşırı soğutulmuş galyumun kristalizasyonunda büyük ortorombik kristaller oluşur. Galyumun kristalizasyonu sırasında hacimde yaklaşık % 3 kadar bir genişleme meydana gelir, ergime noktaları yakınında sıcaklık düşmesine izin vermek için, sıkça doldurulmuş ürün için metalik galyum, jelatin kapsüllerde veya gevşek dolgulu ürün için, polietilen kaplarda saklanır. Galyumun 1000 K'deki buhar basıncı $5,12 \times 10^{-6}$ mm Hg ve 1500 K'deki buhar basıncı ise $1,9 \times 10^{-1}$ mm Hg'dır.

2.1.2 Fiziksel Özellikleri

Yoğunluğu: 5.904 g/ml

Erime noktası: 29.76 °C (302.91 K)

Kaynama noktası: 2204 °C (2477 K)

Molar hacmi: 11.80 ml/mol

Özgül ısı: 0.37 kJ/kg.K

Mineral sertliği: 1.5

Isı iletkenliği: 29 W/m.K

Buharlaşma Entalpisi: 256 kJ/mol

Atomlaşma Entalpisi: 277 kJ/mol

2.1.3 Kimyasal Özellikleri

Metalik galyum, seyreltik mineral asitlerinde yavaş, kral suyunda ve derişik NaOH çözeltisinde hızlı çözünür. Metalik galyum mineral asitleri yanında halojen asitlerinin eterdeki çözeltilerinde de yavaşça çözünür. Galyumun bileşiklerindeki değeriği genelde +3'tür. +1 ise değeriği galyum bileşikleri Ga_2O ve $GaCl$ izole edilebilir de ama kararsızdır. +1 oksidasyon hali sulu çözeltilerde henüz elde edilmemiş olmasına rağmen, bazı reaksiyonlar onların mevcut olduğunu göstermiştir. Galyumun oksijenli bileşikleri, Ga_2O_3 , $Ga(OH)_3$ ve $GaO.OH$ yüksek ve düşük sıcaklık şekilleri mevcut olması bakımından alüminyumun oksijenli bileşiklerine benzerdir. Bu galyum halojenürler kovalent karaktere sahip olup, polar olmayan çözücülerde dimerik halde

buldukları için çok iyi çözümler. Galyum fosfatla GaP ve arsenikle GaAs bileşikler teşkil eder ve bu bileşiklerin önemi büyüktür [19-21].

Galyum, cam ve porselenlere ıslak görünüm vermek için, yarı iletken ve transistör gibi cihazların üretiminde ve galyum arsenit bileşiği elektriği ışığa çevirebilme özelliğinden dolayı birçok uygulamada kullanılmaktadır.

2.1.4. Bulunuşu ve Kaynakları

Galyum, yer yüzünde 5-15 ppm arasında, nispeten, bol miktarda bulunur. Bu miktar, galyumun tungsten, kalay ve molibdene göre daha bol, kurşunla ise aynı oranda bulunması demektir. Bununla birlikte, en zengin minerallerdeki galyum oranı nadiren % 0.5'i aşar. Ondan dolayı, galyum mineralleri yerine daha çok Al ve Zn cevherlerin işlenmesi sırasında bu cevherlerden yan ürün olarak elde edilir [21].

En yüksek derecede galyum içeren mineraller germanit ve renierittir. Germanit, Cu, Pb ve Zn'nun tiogermaniti olup, % 0.1-1.0 arasında galyum ihtiva eder ve Namibya'nın (Güney Afrika) kurşun/bakır sahasında; diğer nadir mineral renierit ise yaklaşık % 1 oranında galyum içerir ve Zaire'nin bakır/kurşun/çinko sahasında bulunur [21]. Galyum sfalerit (ZnS), marmarit [(Zn,Fe)S] gibi sülfür minerallerinde ve emdirilmiş halde gallit (CuGaS₂) ve arsenit (GaAs) olarak sfalerit içerisinde de bulunabilir. Sfalerit ve marmarit minerallerinin galyum içeriği % 0.001-0.002 aralığında değişir ve bulunuş şekli belli değildir [21]. Galyum aynı zamanda diğer sülfür ve fosfat minerallerinde de bulunabilir. Fosfat kayasındaki galyum oranı nadiren % 0.01'den aşar [22]. Fakat, kayasının pirometalurjik işlenmesi sırasında galyum fırın tozlarında % 0.02-0.06 oranında konsantre olur ve böylece fosfat kayasına kıyasla fırın tozlarındaki oranı biraz daha yükselmiş olur [21].

Galyum günümüzdeki en önemli kaynağı boksittir. Boksitteki galyum konsantrasyonu % 0.002 – 0.008 arasında değişir. En yüksek galyum içerikli boksit cevherleri Surinam, Hindistan ve A.B.D.'nde bulunur. Galyum, bu cevherlerde krom (Cr₂O₃) ve vanadyum (V₂O₃) oksitleri birlikte oksit halinde (Ga₂O₃) karşılaşır [21]. Boksite bağlı potansiyel galyum kaynakları, 45 000 ton ile Afrika ve 4 000 ton ile Avustralya'ya aittir [22]. Potansiyel galyum kaynaklardan biri de kömür tozudur. Kömürlerin galyum içeriği değişkendir ve yer kabuğundaki oranından daha yüksek değildir. Fakat, kömürün

sanayilerde yanması ile galyum dip külünde ve uçucu tozlarda % 0.001-0.3 oranında yoğunlaşır, kömüre kıyasla dipteki ve uçucu küldeki oranı bir az yüksek olur [23-24].

Kaolinit gibi alüminyum ihtiva eden killere de galyum içermektedir. Galyum, bu killerde alüminosilikat olarak bulunmaktadır ve bu silikatlardaki Ga/Al oranı alüminyumun genellikle trihidrat oksitleri halinde bulunduğu boksitteki Ga/Al oranında biraz daha yüksektir. U.S. Bureau of Mines ve Kaiser Engineers firmalarında yapılan pilot ölçekli çalışmalarda kullanılan kaolin killilerinin % 0.005 – 0.007 oranında galyum içerdiği bilinmiştir [25]. Bütün bu kaynaklara rağmen, galyumun asıl menşei boksit ve çinko atıklarıdır. Dünya boksit kaynaklarının 158,7 milyon kg galyum, çinko kaynaklarının ise 6.5 milyon kg galyum içerdiği tahmin edilmektedir [26].

Türkiye'nin bu alandaki yeri ve mevcut durumu, Seyişehir Alüminyum Tesislerinde Eti Holding AŞ tarafından yaptırılan bir araştırma ile tespit edilmiştir. Bu araştırma ile Seydişehir Alüminyum Tesislerinde işlenen boksit cevherinin 60 ppm kadar galyum içerdiği belirlenmiştir. Bu miktar esas olarak yapılan hesaplama sonucunda boksite bağlı işletilebilir galyum rezervini yaklaşık 2400 ton (Dünya rezervlerinin % 2'si) olduğu belirtilmiştir. Boksite bağlı jeolojik rezervlerin ise yaklaşık 6 000 ton olduğu tahmin edilmiştir. Galyumun, boksitten ekonomik bir şekilde geri kazanılması; biri alümina üretim kapasitesi, diğeri ise Bayer prosesinden çözüme geçen galyum miktarı olmak üzere iki önemli faktöre bağlıdır. Nitekim, aynı araştırma ile çözeltilerin (kuvvetli bazik çözeltinin, 220-250 ppm Ga; zayıf bazik çözeltinin ise, 150-170 ppm Ga ve alüminanın galyum içerikleri tespit edilmiş ve tesisin çok düşük alümina üretim kapasitesiyle çalıştığı anlaşılmıştır [26].

2.1.5 Galyum Çözündürülmesi ve Ayrılması

2.1.5.1 Galyum içeren inorganik materyallerin çözündürülmesi

Galyum içerikli inorganik materyaller aşağıdaki metotlardan biri ile çözündürülür.

2.1.5.2. Galyum içeren minerallerin ve kayaların çözüldürülmesi

Galyum içeren mineraller ve kayalar, asitler vasıtasıyla parçalanabilir ve çözülebilir. Oksitli mineralleri ise potasyum piro-sulfat veya bisülfat ile ergitilerek parçalanabilir [27].

2.2.1. Galyum içeren metallerin ve alaşımların çözüldürülmesi

Galyum seyreltik mineral asitlerinde yavaş, kral suyunda ve derişik NaOH çözeltilisinde ise hızlı şekilde çözüdür. Metalik galyum, mineral asitleri yanında, halojen asitlerinde eterdeki çözeltilerinde de yavaş çözünebilir. Alaşım halindeki galyum ise, mineral asitleri veya kral suyu ile çözüldürülebilir [27].

2.2.2 Galyumun sulu ortamlardan çöktürme ile ayrılması

Galyumun kimyasal özellikleri ve bulunuşu bakımından, Zn, Al, In, Pb ve Fe'den ayrılması önemlidir. Galyum aşğıdaki metotlar vasıtasıyla ortamlardan seçici olarak ayrılabilir [27].

2.2.2.1 Galyumun amonyum hidroksit ile çöktürülmesi

Galyum, amonyum tuzlarının varlığında, amonyum hidroksit ile çöktürülerek, Ni, Mn, alkali toprak metalleri, Mg ve alkali metallerden ayrılabilir. Demir (III) ve alüminyum ise galyumla beraber çöker [28].

2.2.2.2. Galyum zayıf asit çözeltilerden hidrojen sülfür ile çöktürülebilmesi

Düşük konsantrasyonlardaki galyum; arsenik varlığında, zayıf asitli çözeltilerden hidrojen sülfür ile çöktürülebilir. Arsenic, daha sonra arsenic triklorür olarak destillenmek suretiyle ayrılabilir. Bu metotla galyum alüminyumdan tam olarak ayrılmayabilir [28].

2.2.2.3. Galyumun potasyum ferrosiyandır ile çöktürülmesi

Galyum potasyum ferrosiyandır [$K_4Fe(CN)_6 \cdot 3H_2O$] ile Cd, Hg, Al, Th, Pb, Bi, Cr ve Mn yanında galyum ferrosiyandır olarak çöktürülerek ayrılabilir. Bunda çinko, indiyum ve zirkonyum ise galyumla beraber çöker [28].

2.2.2.4. Galyumun tannin ile çöktürülmesi

Tanin ile bir ön çöktürme yapılarak galyumun Be, Zn, Cd, Th, Mn, Co ve Ni'den ayrılması kolaylaştırılır. Bunun için, yaklaşık % 2 amonyum nitrat % 1 – 2' lik asetik (veya amonyum asetat) içeren galyum çözeltisi kaynayınca kadar ısıtılır ve üzerine % 10'luk tanin çözeltisi damla ilave edilir. Oluşan çözelti az bir miktar amonyum nitrat ve birkaç damla asetik asit ihtiva eden sıcak su ile yıkanır. Tanin ile yeniden çöktürme, çökelti sıcak seyreltik HCl ile çözüldükten NH₃ ile nötralleştirildikten ve asetik asit ilave edildikten sonra tercih edilir. Çökelti yakılır ve elde edilen oksit potasyum bisülfat ile ergitilerek bozulabilir [28].

2.2.2.5. Galyumun kupferon ile çöktürülmesi

Galyum kupferon [(C₆H₅N(NO)ONH₄)] ile seyreltik sülfirik asitli çözeltilerinden kantitatif olarak çöktürülebilir, sonra da Al, Sc, In, Ce (III) Y, Cr ve U (VI)' den ayrılabilir. Demir, titan vanadyum ve zirkonyum ise galyumla birlikte çökmektedir [29].

2.3. Galyumun Solvent Ekstraksiyonu

Liç basamağındaki yüksek demir konsantrasyonu problemi, liç çözeltisinden galyumun ayrılmasını ve zenginleştirilmesini önemli oranda etkiler. De Schepper [30], seyreltik olmayan bir tri-n-butil fosfat (TBP) ile galyumun bu seyreltik ekstraksiyonunun yüksek konsantrasyonda bir demir varlığında mümkün olmadığını belirtmektedir. Bununla beraber, galyumun ekstraksiyonunun en azından 4 M hidrojen iyonu konsantrasyonunda modifiyer olarak isodekanol içeren alifatik bir çözücüde % 10 TBP ile başarılabilir. Fe³⁺'ün demir tozu ile Fe²⁺'ye indirgenmesi ve yüklü organik bazın HCl ile yıkanması, Ga/Fe oranını önemli oranda arttırmıştır.

Galyum, yıkanmış yüklü organik fazdan hidroklorik asitle sıyrılmıştır. Sıyırma çözeltisindeki galyum, pH = 4,2'de demiri indirgemek için SO₂ varlığında hidrolizle çöktürülür. Kuru çökelti % 50,9 galyum ve % 1 demir içerir. Galyumun % 99,5'u geri kazanılır. Besleme çözeltisinin bileşimi 5,17 g/L Ga, 0,09 g/L toplam Fe, 4g/L Fe (III) ve 190 g/L HCl'den ibarettir. 4 ekstraksiyon, 2 yıkama ve 4 de sıyırma dahil olmak üzere 10 kademe kullanılmıştır.

Çok seyreltik klorürlü çözeltilerden solvent ekstraksiyonla galyumun ayrılması ve zenginleştirilmesi Judin ve Bautista [21] tarafından rapor edilmiştir. Karışık elektrolit sistem $\text{GaCl}_3 - \text{AlCl}_3 - \text{HCl} - \text{H}_3\text{O} - \text{TBP}$ ' deki galyumun dağılımı ve faz dengeleriyle ilgili veriler rapor edilmiştir. Sulu fazdaki başlangıç galyum konsantrasyonu 0'dan 2.0 M'a, başlangıç HCl konsantrasyonu 0,001M'dan 0,05M'a değiştirilmiştir. Başlangıçtaki AlCl_3 konsantrasyonu 0'dan 2,0 M'a, başlangıç HCl konsantrasyonu ise 0,01 M'dan 8,0 M'a değiştirilmiştir. Karışık elektrolit sisteminin çözelti kimyasal ve partiyon dengeleri galyum klorür, hidroklorik asit ve suyun bir solvasyon mekanizmasıyla eş zamanlı (simultane) ekstraksiyonu ile karakterize edilir. Sulu fazın 'salting out' gücü, galyumun ekstraksiyonu için gerçekten mevcut olan serbest klorür iyonlarının hesaplanan konsantrasyonu ve alüminyum klorür ve galyum klorür kompleks bileşenlerinin stabilitesinin göz önüne alınmasıyla izah edilmiştir. İncelenen bileşimler aralığındaki üç galyum ekstraksiyon mekanizması düşük H^+ ve tuz konsantrasyonlarındaki GaCl_3 'ün ekstraksiyonu ve orta H^+ ve tuz konsantrasyonlarındaki GaCl_3 'ün ekstraksiyonu ile yüksek H^+ ve tuz konsantrasyonlarındaki HCl-TBP kompleksi ile $[\text{GaCl}_4^-]$ ekstraksiyonu arasındaki yarışır. Geniş bir dağılım oranı aralığında ($D = 1$ ile 1.104) galyumun ekstraksiyonu, toplam klorür iyonlarının aktivite katsayısı ile serbest klorür konsantrasyonunu hesaba katan kimyasal esaslı bir model ile gösterilmektedir.

Pesic ve Zhou [31], sodyum alüminat çözeltilerden galyumun solvent ekstraksiyonunda kullanılan substitüe bir hidrokinolin olan Kelex 100 ile ilgili sonuçlarını rapor etmiştir. Galyumun ekstraksiyonu, sulu çözeltilerdeki sodyum ve alüminyumun konsantrasyonlarına çok bağlı olduğu bulunmuştur. Organik fazdaki çözücü ve modifiyerler, Kelex 100 içeren galyum yükü ve ekstraksiyon hızları üzerinde önemli etkiye sahiptir. Kermac 470B çözücüsü galyumun ekstraksiyon kinetiğini önemli oranda yükselmiştir ve modifiyer 2-undekanon galyumun yükleme kapasitesini ve kinetiğini arttırmıştır.

Bunların sonuçları daha sonra gerçek Bayer liç çözeltilerine uygulanmıştır. Galyum, yüklü organikten okzalik asitle sıyrılmıştır. Ekstraksiyon hızlarınının 15 kat kadar arttırmak için ultrasoniklerin kullanılması Pesic ve Zhou [31] tarafından rapor

edilmektedir. Buna ilaveten Zhou ve çalışma grubu da, çinko tesisi atıklarından solvent ekstraksiyonla In, Ge ve Ga' u geri kazanmak için yeni bir ayırma işlemi bahsedilmiştir.

2.3.1. Galyumun eter ekstraksiyonu ile ayrılması

Etil veya izopropil eterle galyum klorürün $[H^+GaCl_4^-]$ halindeki galyumun hidroklorik asitli çözeltilerde ekstraksiyonu; alüminyum dahil pek çok element'ten ayrılabilmesi için belki de en uygun metottur. Optimum HCl konsantrasyonu; Etil eter için 5.5-6.0 M; izopropil eter için 6.5-8.0 M'dir [32]. İzopropil eter ile yapılan ekstraksiyonda, Fe(III) , Au, ve talyum (III) hemen hemen tamamıyla ekstrakte olurken; Sb, Ar, Ge, Mo, Te, ve Sn bir dereceye kadar ekstrakte olur. İndiyum ise 5.9-6.3 M HCl konsantrasyonuna sahip çözeltilerden yaklaşık % 2 oranında (Orijinal numunedeki 100 mg indiyumun yaklaşık %2'si) ekstrakte olur [34]. Be, Ti, Zr ve toryum ise hemen hemen hiç ekstrakte olmaz [34]. Eğer Fe (III) uygun bir indirgeyici (örneğin titan klorür ile) ile Fe (II)'ye indirgenirse; hem demir (II) ve hem de metale indirgenen altın metalyum (I)'e indirgene kadar talyumda ekstrakte olmaz. Galyum, organik çözeltilerin su banyosunda kuruluğa kadar buharlaştırılması ile geriye kazanılabilir [28].

2.3.2. Galyumun 8-hidroksikinolin-Kloroform ekstraksiyonu ile ayrılması

Galyum, pH, 2 de, 8-hidroksikinolinatın kloroform ekstraksiyonu ile alüminyumdan [22]; pH, 3'de ise ; muhtemelen, Cr(III), Co, Pb, Mn, (II), Ni, Th, Ti, ve U'dan ayrılabilir [28].

2.4. Galyumun iyon değiştirme ile ayrılması

Hem katyon ve hem de anyon değiştirici reçineler, galyumun diğer metal iyonlarından ayrılması için kullanılabilir. Galyum, Dowex 50 katyon değiştirici reçine ile Cu, Zn, Pb, Sb, ve Fe (II) metallere ayrılabilir. Bunun için önce galyum içeren seyreltik HCl çözeltisi (1.0 M'den daha düşük) ; sonra sırasıyla 1.0 M ve 1.3-1.5 M HCl çözeltileri (sıyırma çözeltileri) katyon değiştirici reçineden geçirilir. Önce, 1.0 M'lık HCl sıyırma çözeltisi ile düşük konsantrasyondaki diğer elementler; sonra 1.3-1.5 M'lık HCl sıyırma çözeltisi ile düşük konsantrasyondaki galyum katyon değiştirici reçineden sıyırılır ve galyumun diğer elementlerden ayrılması sağlanmış olur[35].

Düşük konsantrasyondaki galyum ile düşük konsantrasyondaki demir (III) de oksalat komplekslerinin anyon değişimiyle birbirinden ayrılabilir[36]. Bunun için, numune çözeltisinin pH'ı oksalik asit ilavesi ile 4.0'e kadar ayarlanır ve çözelti anyon değiştirici bir reçine (Permutit ES, nitrat formunda) içerisinden geçirilerek galyum ile demirin reçine üzerinde adsorplanması sağlanır. Bundan sonra, önce 1 M NaOH sıyırma çözeltisi ile galyum; sonra 2 M HNO₃ sıyırma çözeltisi demir olmak üzere; galyum ve demir kantitatif olarak ayrı ayrı çözeltileri alınır ve galyumun demirden ayrılması sağlanmış olur. Hidroklorik asitli çözeltilerden galyum ve birçok metalin anyon değiştirici reçineler ile ayrılması, Kraus ve diğerleri tarafından incelenmiştir[38]. Bu çalışmalarda Ga, In, ve Tl; Dowex 1 anyon değiştirici reçinesi ile adsorplanmış ve hidroklorik asitli çözeltilerden eter ekstraksiyonu ile elde edilen sonuçlara paralel sonuçlar elde edilmiştir. Gene, 5 M, hidroklorik asitli çözeltilerden anyon değiştirici bir reçine olan Amberlite IRA-400 ile galyum demir (II)'den ayrılabilmiştir [39]. Mikrogram mertebesindeki galyum ise, kağıt kromatografisi ile bir kaç katı mertebesindeki Fe, Al, ve Ti'dan ayrılabilmiştir [39].

2.5. Galyumun Elde Edilmesi

Bayer prosesinde, cevher sıcak kostik çözeltisiyle çözülür. Çözeltinin soğutulması ve önceden çöktürülmüş alümina trihidratla (Al₂O₃.H₂O) aşılması suretiyle alümina çöktürülür geleneksel Bayer prosesiyle alüminanın çoğu çöktürülür ve sisteme geri beslenerek tekrar boksitin çözündürülmesinde kullanılır [21].

Alcoa Reynolds İşletmelerinde, Arkansas boksitleri işlenirken, Bayer prosesinin değişik bir kombinasyonunu kullanılır. Bu proseste; kostik çözeltisi ile ilk muamele yapıldıktan sonra, muamele görmeyen ve “kırmızı çamur” olarak bilinen kısım önemli derecede alümina içerir. Bu kısım kireç ile sinterler ve kalan alüminanın çoğunun çözündürülmesi için tekrar kostik çözeltisi ile muameleye tabi tutulur. Çözeltiler birleştirilir ve aşılama ile alümina çöktürülür. Bu işlemden sonra, çözeltiler geri beslenir ve önceden belirtildiği gibi boksitin çözündürülmesinde kullanılır. Her iki proseste de, galyum kostik çözeltisi ile çözülür. Galyum, kostik çözeltisinde alüminadan biraz daha fazla çözüldüğü için; çözelti sisteme tekrar tekrar geri çevrildiğinde kostik çözeltisindeki galyum konsantrasyonu giderek yükselir. Böylece, çözeltiler sisteme geri verilmeden önce; kostik çözeltisinden çözünürlükleri ile orantılı olarak galyumun

alüminaya göre daha az kısmı çöker. Galyum geriye kazanılmadığı zaman, boksit cevherinin kostik çözeltisi ile muamelesi sonucu; çözeltiye geçen galyum miktarı alümina ile birlikte safsızlık olarak çöken galyum miktarına eşit oluncaya kadar, sistemdeki galyum konsantrasyonu giderek yükselir. Kombinasyon prosesinde, kısmen kırmızı çamurun kireç ile sinterleşmesinden; kısmen de Arkansas boksitlerinin galyum içeriğinin ortalama değerden yüksek olmasından dolayı, galyum çözünürlüğü daha fazladır [21].

Günümüzde galyum; biri “Karbonlaştırma” (Beja) diğeri de “Direkt Elektroliz” (La Breteque) olmak üzere, iki ana proses ile ticari olarak Bayer çözeltilerinden ekstrakte edilmektedir. Karbonlaştırma prosesi [40-42] Alcoa firması tarafından kullanılır ve CO₂ ile alüminat çözeltisinin iki kontrollü kademe muamelesini gerektirir. Bu proseste, çevrim veya geri beslenme sayısı önceden belirlenir ve çözeltilinin bir kısmı galyum geri kazanma devresine gönderilir. Bu prosesin birinci kademesinde; karbonlaştırma işlemi aşılmalı veya aşılamasız olmak üzere dikkatlice kontrol edilerek alüminanın çoğu çöktürülür. Ana Bayer devresinde olduğu gibi, galyumun kostik çözeltisindeki çözünürlüğü alüminaya göre biraz daha fazla olduğu için, galyumun alüminaya göre daha büyük bir kısmı çözeltide kalır. Özel itina gösterilirse, alüminanın % 90’ı çökerken galyumun % 90’ı çözeltide kalabilir. Kalan çözelti daha hızlı şekilde ikinci defa karbonlaştırma işlemine tabi tutulduğunda, kalan alüminanın ve galyumun tamamı çöktürülebilir. Bir kısım % 0.3-1.0 galyum içerir ve daha zayıf bir kostik çözeltisi ile yeniden çözündürülür. Bu çözeltideki Ga/Al oranı, galyumun elektrolitik olarak kazanılmasına izin verecek kadar yüksek ve de galyumca zengindir.

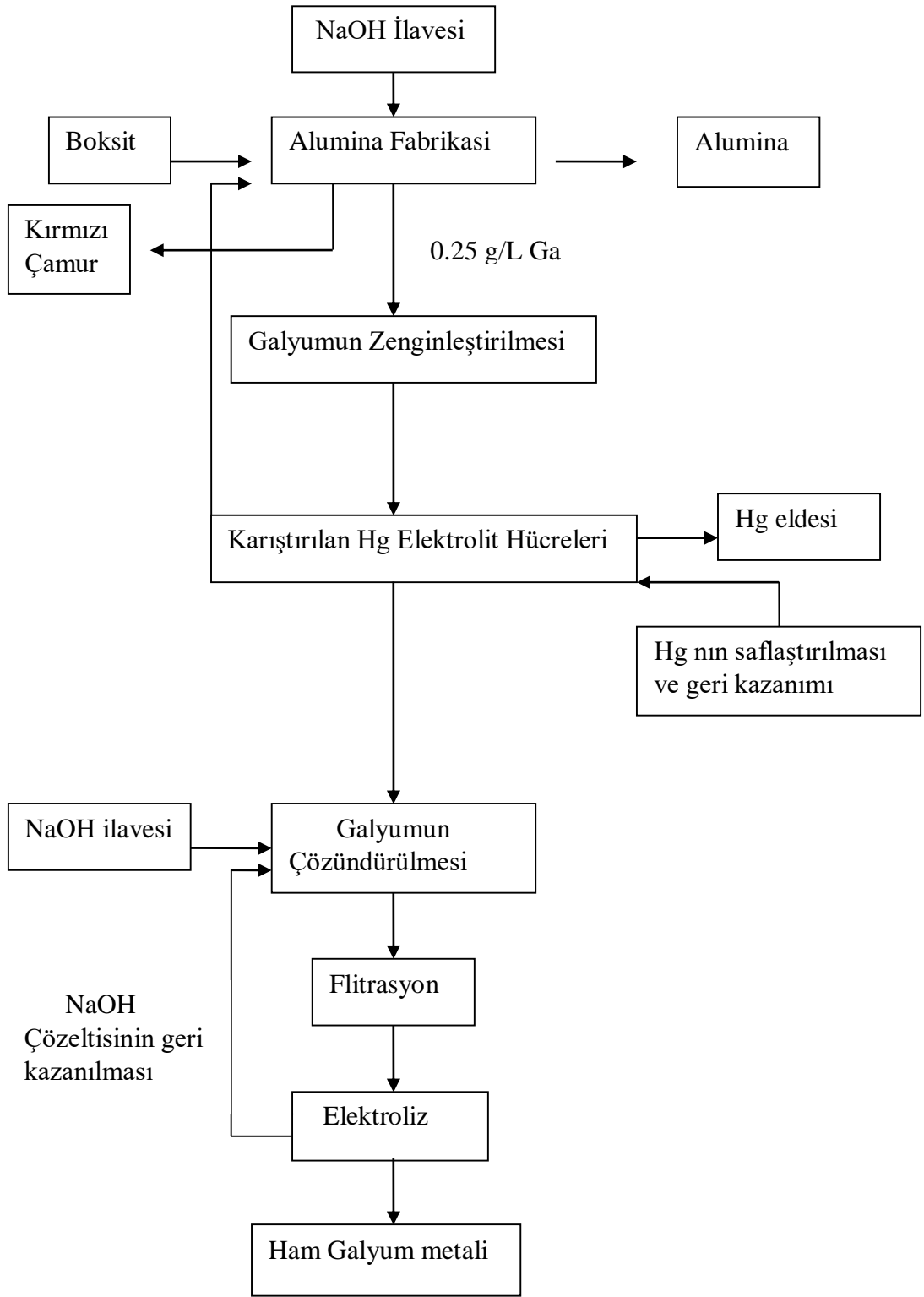
Elektroliz ünitesi; paslanmaz çelikten yapılan anotlar katotlar ve hücrelerden oluşur. Bu hücrelerde, 6 200 A/m² katot akım yoğunluğu 7-9 V ve 80-90°C’ de işlem yapılır. Ham galyum, elektroliz ünitesinde (% 99’dan fazla) sıvı olarak toplanır ve periyodik olarak hücreden dışarıya alınır. Galyum daha sonra, bir seri kimyasal ve fiziksel işlemlerden geçirildikten sonra, yarı iletken olarak kullanılabilceği saflık derecesine (% 99.9999 Ga) yükseltilir. Muamele gören çözelti ise, yaklaşık 0.3 g/L galyum içerir ve ana alümina işletmesine geri gönderilir.

Alusuisse Ltd., direkt elektroliz yöntemi ile konsantre Bayer çözeltilerinden galyum üretmektedir [43-45]. Önceden olduğu gibi, burada da galyum konsantrasyonunun

artmasına izin verilir. Bu artış, galyum konsantrasyonunun galyumun geriye kazanıldığı devredeki konsantrasyonuna erişinceye kadar; çözeltinin bir kısmının ana alümina işletmesine tekrar tekrar geri verilmesiyle sağlanır. Çözelti daha sonra evaporasyona tabi tutulur ve galyumca daha zengin hale getirilir.

Direkt elektroliz, civa bir katot ve nikel bir anot vasıtasıyla yapılır (La Breteque hücreleri) Bu sayede, etkin katot yüzey alanı önemli derecede artar ve sıvı katot ile galyumun amalgama yapması (böylece katot yüzeyindeki galyumun aktivitesi azalır) sağlanır. Galyum, bu metotla, 0.3 g/L den az galyum ihtiva eden çözeltilerden bile geriye kazanılabilir.

Galyum, amalgamda ağırlıkça yaklaşık % 1 olduğu zaman; kostik ile liç edilir ve çözelti, karbonlaştırma prosesinin son adımına benzer bir adımla, ham galyum üretmek için elektroliz işlemine tabi tutulur. Harcanan civa daha sonra saflaştırılır ve La Breteque hücrelerine geri döndürülür [21]. Bu prosese ait akım şeması Şekil 2.1 ile verilmiştir.



Şekil 2.1. Bayer çözeltisinden galyumun geri kazanım şeması

2.5.1.Çinko cevherinden galyum eldesi

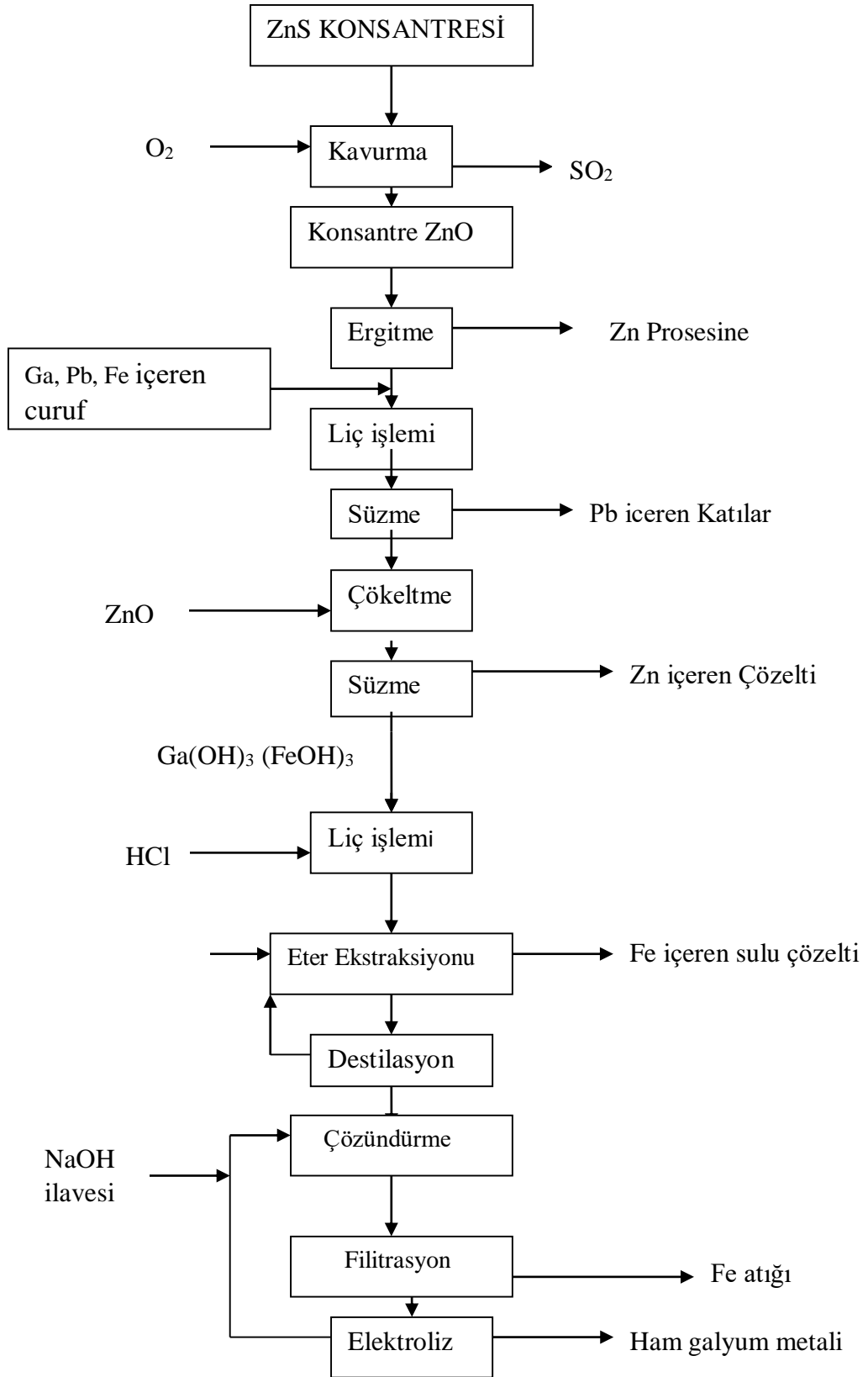
Galyum, bugün, alüminadan yan ürün olarak üretilmesine karşılık; ticari üretimine ilk defa çinko işletmesi aktarılmadan başlanmıştır.

Galyumun, çinko işletmesi atıklarından geri kazanılmasına ait prosesin akım şeması Şekil 2.2 ile verilmiştir[45]. Kırılmış çinko cevherinin flotasyonu ile elde edilen çinko sülfür konsantresi kavrularak, sülfürün ayrılması için dönüştürülür.

Çinko oksidin pirometalürjik olarak işlenmesi sırasında, galyumun kurşun ve demir ile birlikte bulunduğu kabul edilir. Bu nedenle; kurşunu ayırmak için çamur, H_2SO_4 ile liç edilir ve çözülmeyen kurşun sülfat filtre edilerek galyum ve demir sülfattan ayrılır. Daha sonra, galyumu ve demiri hidroksit olarak çöktürmek için çözeltiliye çinko oksit ilave edilir. Çinko, filtre edilerek ayrılır ve çamur ise hidroklorik asit ile liç edilir. Galyum, solvent ekstraksiyonu (eter) ile ayrılır. Eter çözeltisi destile edilir ve bir miktar demir içeren, galyumca zengin bir atık elde edilir. Bu atık, demiri çöktürmek veya ayırmak için kuvvetli kostik ile muameleye tabi tutulur ve filtre edilir. Filtre işleminden sonra galyum elektroliz yöntemi ile bu çözeltiden geri kazanır.

Çinko cevherinin hidrometalürjik olarak işlenmesi sırasında [19], kavrulmuş çinko konsantresi H_2SO_4 ile liç edilir ve daha sonra $ZnSO_4$ çözeltisini saflaştırmak için aşırı asit dikkatlice nötralleştirilir. Sonuçta, % 10 Al, % 15 Fe ve yaklaşık % 0.007 galyum içeren demir çamuru çöktürülür. Bazı gank materyallerinde olduğu gibi, linç işlemi kostik ile yapılır alüminyumun ve galyumun çözünmesi sağlanır. Daha sonra, galyumun daha konsantre hale gelmesi için; kostik liç çözeltisi asit ile dikkatlice nötralleştirilir ve böylece hidroksitler çöktürülür.

Filtre ve dehidrasyon işlemlerinden sonra, filtre keki hidroklorik asit ile liç edilerek galyum ve alüminyum çoğu çözünür ve galyum bu çözeltiden solvent ekstraksiyonuyla (eter) alüminyumdan ayrılır. Daha sonra eter fazı destillenir ve önceden belirtilen işlemler yapılarak galyum geri kazanılır [21].



Şekil 2.2. Çinko kavurma cürufundan galyumun geri kazanılması

2.5.3. Fosfatlardan galyum eldesi

Galyum, fosfat kayasının elektrik fırınında eritilmesi sırasında oluşan fırın tozlarında toplanmaktadır. FMC firması bu tozları, önce hidroklorik asit ile liç; sonra, liç çözeltilisini bütül asetat ile ekstraksiyon işlemine tabi tutmaktadır. Daha sonra, galyumu kostik çözeltisi ile organik çözeltiden sıyırıp elektroliz işlemi ile geriye kazanmaktadır [21].

Bununla birlikte, günümüzde fosfat kayasının büyük bir kısmı gri asit (gübre üretiminde kullanılan) üretmek üzere, yaş olarak işlenmekte ve galyum bu prosesin herhangi bir akımından geleneksel metotlarla konsantre edilememektedir. Bu nedenle, fosfatların galyum için asıl kaynak olmayacağı düşünülmektedir [21].

2.5.4. Galyumun potansiyel kaynakları

Galyumun potansiyel kaynaklarından biri de kömür tozudur. Kömürlerin galyum oranı değişkendir ve yer kabuğundaki mevcut oranından daha yüksek oranda değildir. Fakat, kömürün yanması sonucunda meydana gelen küldeki ve uçucu tozdaki galyum oranı (% 0.001-0.3) kömürdeki galyum oranına göre daha yüksektir. [22-24] A.B.D. kömür küllerinde, bu oranın % 0.002-0.010 arasında değiştiği bilinmektedir [23,50].

Galyumun kömür külüne benzer materyallerden geri kazanılmasını sağlayan Powell ekstraksiyon prosesi bir diyagram olarak Şekil 2.3 de verilmiştir. Bu araştırmacılar; silika ve alüminanın soda külü ve kireç ile eritilmesi, demir veya nikel yada bakır oksidin bir indirgeyici madde ile birleştirilmesi suretiyle, akıcı tozlardan galyum ve germanyum içeren metalik bir terkip üretmeyi başarmışlardır. Bakır, galyum için en iyi toplayıcı görevi yapar. Bakır yanında bakır-demir terkipi de elde edilebilir ve bu terkip orijinal tozdaki germanyumu % 90 galyumu ise % 80 oranında toplayabilir. Reaktanlar ile uçucu tozun sürekli eritilmesi ve cürufun dışarıya akıtılması ile metalik terkip büyük oranda toplanabilir. Metalik terkip daha sonra dışarıya akıtılması ile metalik terkip büyük oranda toplanabilir. Metalik terkip daha sonra kepçe ile dışarı alınır ve su içine akıtılarak granüle edilir. Üretilen bakır-demir metalik terkipi, demir (III) klorür çözeltisine klor püskürtülerek çözündürülür ve Ga, Ge, Cu, As ve demir klorürlerinin bir karışımı elde edilir. Bu çözeltiden germanyumu ayırmak için çözeltiye H₂SO₄ ilave edilir ve germanyum GeCl₄ olarak destillenerek ortamdan uzaklaştırılır. (Destillenen GeCl₄ daha sonra ayrı bir işleme tabi tutulur). Galyum ise çözeltide kalır. Çözelti, bakır

klorür ve bakır sülfatı çöktürmek için soğutulur ve çökelti bakır okside dönüştürülür. Bu dönüştürmeden sonra bakır oksit eritme kademesine geri döndürülür.

Daha sonra, bakır ve diğer metallerin geriye kalanını çöktürmek, demir (III)'ü demir (II)'ye indirgemek için çözeltiye alüminyum ilave edilir. İndirgenen çözelti hidroklorik asit ile nötralleştirilir ve galyum, çözülden izopropil eter ile sürekli olarak ekstrakte edilir. Eter tabakaları ayrıldıktan sonra, % 2 'lik hidroklorik asit çözeltisi ilave edilir. Daha sonra, eter destillenerek uzaklaştırılır ve ağır metal muhtevalı sulu bir çözelti elde edilir. Bu çözelti, ağır metallerin ayrılması için H₂S ile muamele edilir. Çözelti filtre edildikten sonra, nitrik asit ile oksitlenir ve demir (III) hidroksitinin çöktürülmesi için kostik ile muameleye tabi tutulur. Filtre edilen bu çözülden galyumun elektrolitik olarak geriye kazanılabilmesi mümkündür.

USBM-Kaiser Prosesinde solvent ekstraksiyonu yöntemiyle, organik bir ekstraktantın varlığında, demir ile galyumun yaklaşık % 70'i ayrılabilir [47]. Böyle bir prosese ait akım şeması Şekil 2.4'de verilmiştir.

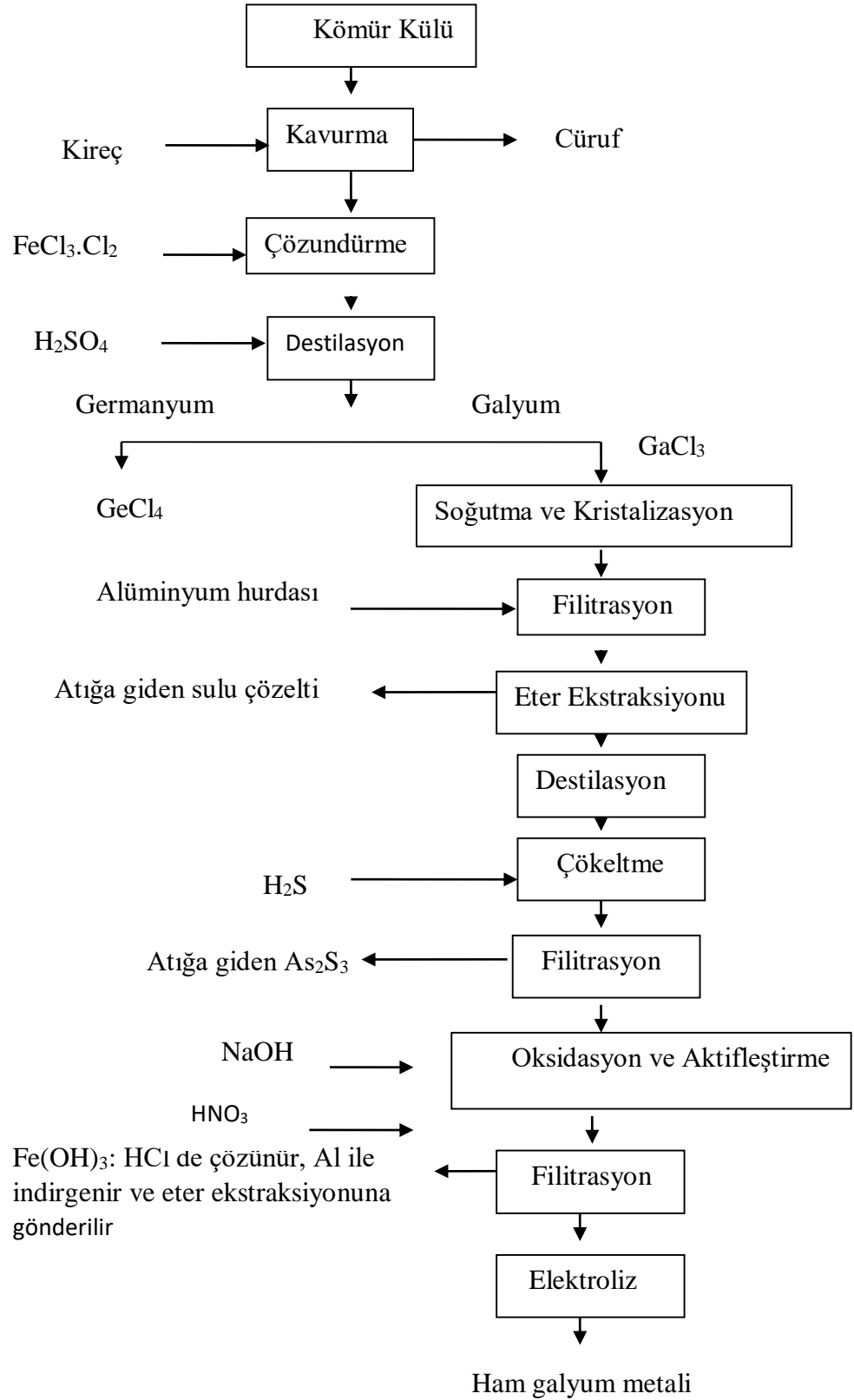
Organik ekstraktant seyreltik hidroklorik asidi ile demir ve galyumdan sıyrılır. Demir, kalsine edilmiş kilin sıyırma çözeltisine ilavesi ile kolaylıkla filtre edebilen Fe₂O₃'e dönüştürülerek çöktürülür. GaCl₃ çözeltide kalır ve ikinci bir solvent ekstraksiyonuyla ayrılır. Galyum seyreltik hidroklorik asit ile, benzer şekilde bu çözülden de sıyrılır. Sulu galyum çözeltisi kostik ile bazik yapılır ve önceden belirtilen metotların biri ile doğrudan elektroliz edilebilecek hale getirilir [21].

Galyumun diğer bir muhtemel büyük kaynağı, alümina için yerel kaynak olarak kullanıldığı takdirde, kaolin kilidir. Kaolinit gibi alüminyum ihtiva eden killer alüminyum yanında galyum da içerir. U.S. Breau of Mines and Kaiser Engineers firmasınınca yapılan pilot ölçekli çalışmalarda (Alüminyumun geri kazanılması için) kullanılan kaolin killerinin % 0.005-0.007 oranında galyum ihtiva ettiği bilinmektedir [25].

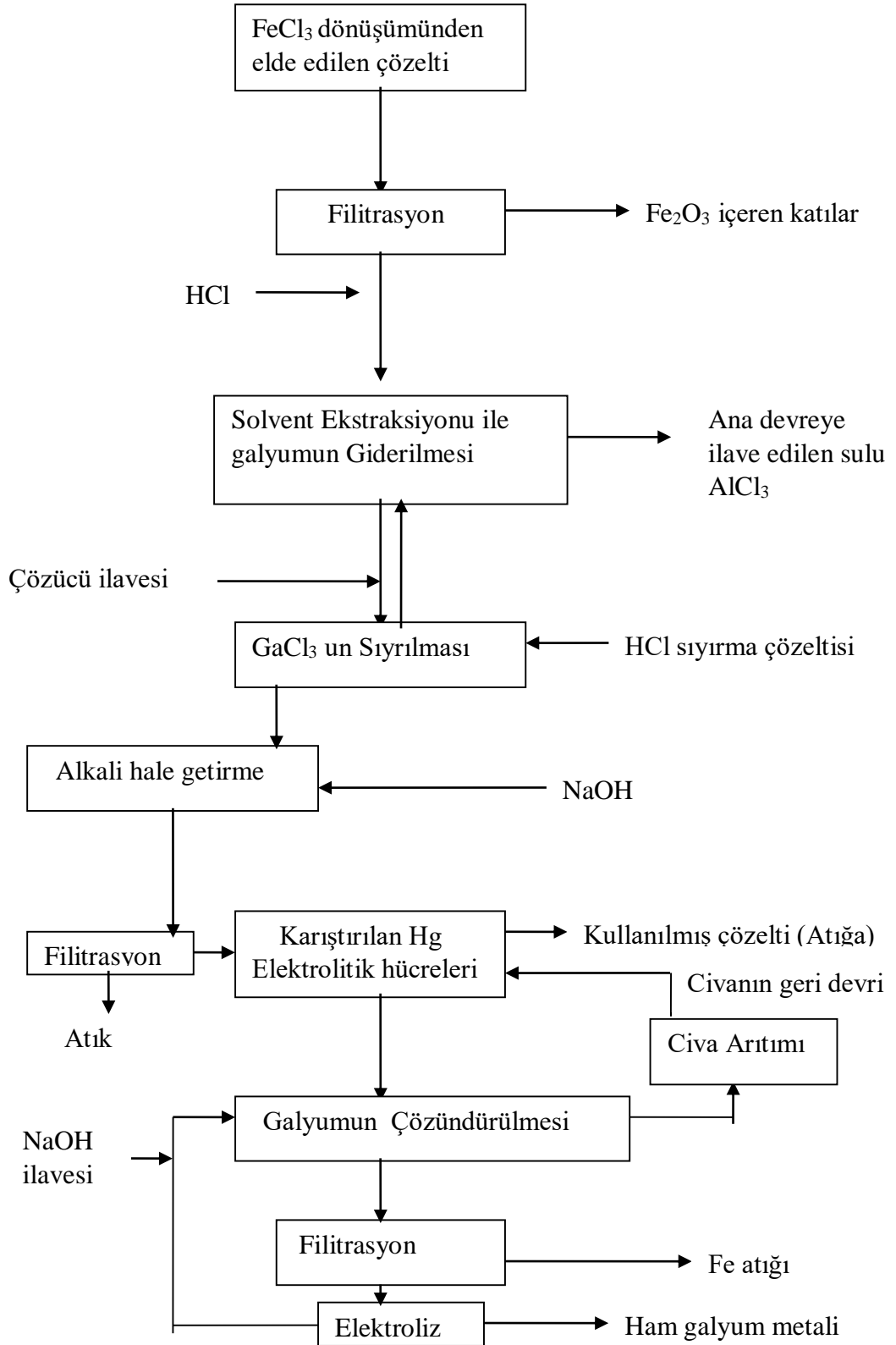
2.5.5. Galyumun Elektrolizi

Çözeltideki galyumu zenginleştirmek için kullanılan prosese bağlı olarak, ham galyum metalini üretmek için, amonyak ile çöktürme veya destilasyon gibi bir saflaştırma basamağı elektrolitik indirgenmeden önce uygulanır.

Hidroksitli alkalinin elektrolizi paslanmaz elik katot ve saf nikel anot ile uygulanır. Sıvı galyum katot da aynı zamanda kullanılır. Elektroliz 60-70°C’de uygulanır. Ga(OH)₃ / NaOH konsantrasyonu 1:1 civarında ve 1/6 ‘dan az olmayan bir oranda tutulur. Katodik akım yoğunluğu ise 5 A/dm² ‘dir. Voltaj 4 V kadardır. 40 g/L’den büyük galyum konsantrasyonu için akımı verimi yaklaşık %75’dir. Elektolitik hücrenin tabanında biriken sıvı galyum, periyodik olarak döküm kabına akar. Ham galyum metali % 97.0 -99 saflıktadır.



Şekil 2.3. Kömür külünden galyumun eldesi



Şekil 2.4. Kaolinli kilden alümina üreten prosesin hidroklorik asitli liç çözeltilisinden galyumun ekstraksiyonu

2.5.6. Uygulama Alanları

Galyumun 5. grup elementleri ile yaptığı belli bazı bileşikleri işlenmemiş yarı iletken malzemelerin imalinde kullanılır (özellikle P ve As) Bunların diğer yarı iletkenlere göre:

- Daha az enerji ile daha hızlı çalışması,
- Radyasyona karşı daha dayanıklı olması,
- Elektriği optik işarete değiştirmekte kullanılması

gibi belirgin üstünlükleri bulunmaktadır [48].

Galyum değerli bir metallere biri olup, yarı iletken bileşikleri, hesap makinesi radyo, televizyon ve diğer aletlerin komponentlerinde, fiber optikte ve katı-hal cihazlarının imalinde kullanılmaktadır. Galyum, bunun yanı sıra, çok düşük oranda birçok malzemenin yapısında da bulunabilmektedir. Bu malzemeler, düşük oranından dolayı, galyum arsenür, alüminyum-arsenür, arsenik , fosfür, indiyum-arsenür ve fosfür gibi bileşikler olarak ışık yayan diyotlar, lazer diyotları, ışık detektörleri, fotoelektrik malzemeler ve mikrodalga uygulamalarında kullanılmakta ve de özel bir öneme sahiptir [48].

Galyum, süper iletken olarak vanadyum-galyum ve nikel-galyum ve civa yerine de dişçilik alaşımlarında kullanılmaktadır. Diğer kullanım alanları; katkı maddesi olarak yüksek sıcaklıkta kullanılan magnezyumlu alaşımlarında ve kaplama malzemesi olarak optikte aynaların kaplanmasındaki uygulamada önem sağlamaktadır [26].

Galyum toksit özelliği çok az olan bir metaldir. Üretilmesi ve işlenmesi sırasında metal veya bileşiklerinin endüstriye zarar verdiği yönünde herhangi bir husus rapor edilmemiştir. 1984 ve 1985 yılında “Chemical Trade Association” tarafından yapılan incelemelerde galyumun sağlığa zararlı herhangi bir etkisi tespit edilememiştir [48]. Galyumun erime noktasının düşük olması ve çok yüksek saflığının korunmasına duyulan ihtiyaçtan dolayı; depolama ve taşıma sırasında erimemesi ve ambalaj malzemeleriyle kirlenmemesi çok önem arz etmektedir[48].

2.6. Ekonomisi

Başlıca dışarıya ışık yayan diyot ve diğer optoelektronik komponentlerin imali olmak üzere, 1986 yılında dünyada 50 ton galyum kullanılmıştır. Bu pazarda % 65 ile Japonya % 20 ile A.B.D. ve % 15 ile Avrupa pay sahibi olmuştur. Galyum fiyatları 1970'den bu yana sürekli olarak düşmüş ve 1986 yılında 6N galyumun fiyatı kg başına 450 Dolar veya 77 000 Yen düzeyine kadar inmiştir. Bu düşüşten dolayı, 1986 yılında kullanılan (Galyum Batı Avrupa, Japonya, Avustralya, Rusya ve A.B.D. başta olmak üzere birkaç Doğu Avrupa ülkesinde üretilmektedir. Fakat, Doğu Avrupa ülkeleri ürettikleri galyumun çok az bir kısmını ihraç ettiklerinden dolayı üretim miktarları tam olarak bilinmemektedir [21] .

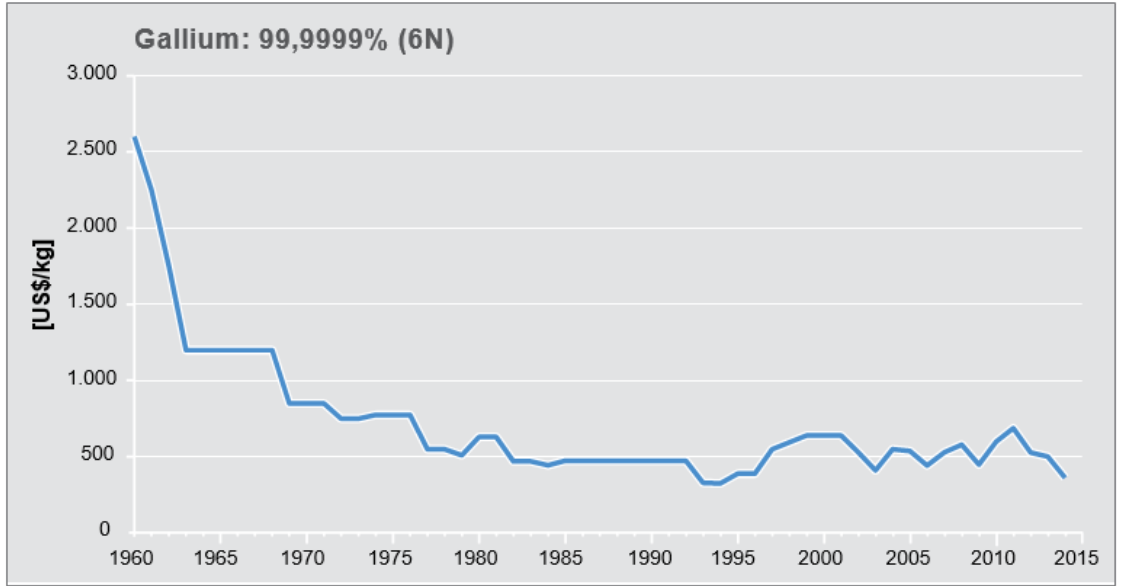
Bu sektörde üretim yapan önemli kuruluşlar aşağıda sıralanmıştır. [30] :

- A.B.D. - The Aluminum Company of America, Bauxite, Arkansas
 - (Ga metali)
 - Eagle-Picher Industries Inc., Quapaw, Oklohama
 - (Galyum metali ve bileşikleri)
- Kanada - Cominco Ltd.
- Çek Cumhuriyeti - Metalimpex
- Fransa - Alusuisse France S.A

- Almanya - Martinswerke GmbH für Chemische und Metallurgische Produktion
 - Vereinigte Aluminium Werke AG
- İtalya - Societa Alluminio Veneta Azioni
- Japonya - Dowa Mining Co.
 - Nippon Light Metals Co.
 - Sumika Alusuisse Gallium Ltd.
 - Toho Zinc Co.
- İsviçre - Alusuisse Research Laboratories
- Çin Halk Cum.
- Macaristan
- Rusya

Galyum, bu üreticilerin dışında pek çok şirket tarafından galyum atıklarından saf olarak da geriye kazanılmaktadır.

Amerikan metal piyasasında 1960 ve 2013 yılları arasında 6N galyum fiyatları, yıllık fiyatlardaki yükselme yüzdesi büyüme oranı % 3,1'den % 10'a fazla artmıştır, 1960'lı yıllarda, ticari metal çıkarma yöntemlerinin ve değişmeyen talebin artması nedeniyle gerçekleşmiştir. 1980'lerden bu yana galyum fiyatları,% 0,7'lik 400 ile 600 ABD Doları arasında nispeten sabit kalmıştır, ancak bazen daha küçük zirveler tarafından kesintiye uğratılmaktadır, yani 2001'de, yeni arzlar için galyum arsenite talebin artması nedeniyle yetersizliği cep telefonları yayıldı ve kullanımını artmaktadır [49].



Şekil 2.5 Galyumun 1960-2015 yıllık fiyatı

Dünya galyum üretimi, Tablo 2.1'den de görüldüğü gibi, 1988 yılında 71.000 kg. 1990 yılında 99 000 kg ve 1998 yılında ise 153 000 kg olarak gerçekleşmiştir [26]. Dünya galyum üretiminin ülkelere göre dağılımı Tablo 2.1'de verilmiştir.

Tablo.2.1 Dünya galyum üretimi ve ülkelere göre dağılımı (kg Ga içeriği) [26]

ÜLKELER	1988	1989	1990	1991	1992	1996	1998
A.B.D	12000	-	-	-	-	3000	2000
Rusya	30 000	30 000	30 000	-	-	30 000	15 000
Almanya	12 000	12 000	12 000	20 000	20 000	20 000	20 000
Fransa	-	-	-	-	20 000	20 000	20 000
Çin	-	-	-	-	8 000	8 000	8 000
Japonya	17 000	7 000	7 000	7 000	7 000	7 000	7 000
Macaristan	-	-	-	-	4 000	4 000	4 000
Çekoslovakya	-	-	-	-	3 000	3 000	-
Avustralya	-	50 000	50 000	50 000	50 000	50 000	50 000
Diğer Ülkeler	-	-	-	-	3 000	-	27 000
Toplam	71 000	99 000	99 000	77 000	115 000	118 000	153 000

Dünya galyum tüketimi ve değerleri : 1995, 1996 ve 1997 yıllarında Japonya ve A.B.D.'deki galyum tüketimi sırasıyla 80,92, 100 ve 16,9, 21,9, 23,6 tondur. Avrupa ülkelerine ait galyum tüketimi ise bilinmemektedir. Galyum; A.B.D.'de % 59 ile optoelektrik endüstrisinde, % 40 ile entegre devrelerin üretiminde ve % 1 ile de özel alaşımların yapımında (araştırma-geliştirme ve diğer) Japonya'da ise büyük oranda entegre devrelerin üretiminde kullanılmakta veya bu amaçlar için tüketilmektedir[26].

Uluslar arası Ticaret : Galyum, özellikle Avrupa, Amerika ve Uzak doğu Ülkeleri tarafından piyasaya sunulmaktadır. Alusuisse Metals Inc. Atomergic Chemicals Co., Belmont Smelting and Refining Works, Cominco American Inc., Fairmont Chemical Co., Inc., B. Freudenberg Inc., Indium Corp of America ve kaweckı Berylco Industries Inc. Bu hususta, A.B.D.'nin en etkin ticareti kuruluşlarıdır. Galyum bu kuruluşlar tarafından genellikle dışarıdan alınıp satılmaktadır. A.B.D.'nin 1988-1991 yılları arasındaki galyum ithalatı; % 46'sı Fransa'dan % 25'i Almanya'dan, %16'sı İsviçre'den % 3'u İngiltere'den ve % 10'u diğer ülkeler olacak şekilde gerçekleşmiştir. Diğer ülkelere ait alım-satım bilgileri ise mevcut değildir [26].

2.7 Membran Prosesleri

Membranlar, kendine bir itici kuvvet uygulandığında fiziksel ve kimyasal özelliklerinin bir fonksiyonu olarak çözelti içindeki bazı maddeleri ayırma yeteneğine sahip ince film tabakasıdır [50].

Membranın sınıflandırılması:

- Katı membran
- Sıvı membran

2.7.1. Sıvı Membranlar

Sıvı membranlar üzerine ilk araştırmalar Nernst ve Riesefelt tarafından 1902 yılında yayınlanmıştır. Onlardan önce Rosano diğer sıvı membranlar üzerinde iyon aktarımını araştırmıştır. 1968' de N, N. Li LMP (sıvı membran prosesi)'ni kalitatif olarak formüle etmiştir [1].

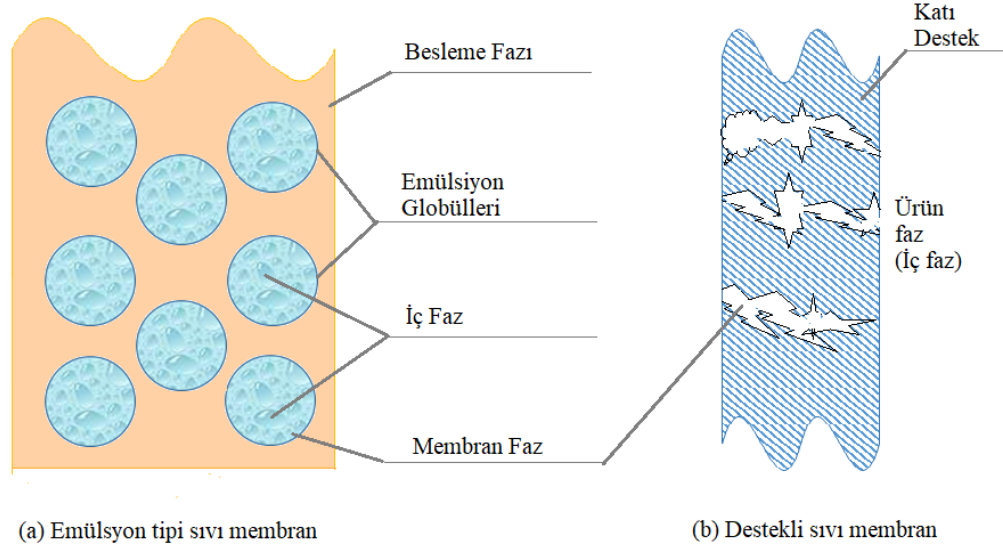
a) Emülsiyon tipi sıvı membran

b) Destekli sıvı membran

Destekli sıvı membran şematik olarak Şekil 3.1 (b)'de gösterilmiştir. Bu şekilde görüldüğü gibi; bu tip membranlar da, membran sıvısı çeşitli gözenekli katılarla desteklenmektedir. Burada sıvı tabakalar veya yüzey kuvvetler ile stabilize edilebilirler. Membran faz; cam, kil veya kağıt gibi bir ince tabaka içerisinde adsorplanabilir. Bu milimetrenin 1/10' u veya çok daha küçük kalınlığa sahip membranlar elde edilebilir.

Son yıllarda nötron bombardımanı ve etching işlemi ile çok dar aralıklarla 0,01-10 μm çapları arasında değişen silindirik gözenekler elde edilmiştir. Bu polimer filmlerin kalınlığı ise 15-100 μm arasında olmaktadır. Bu tip polimer filmlerin porözitesi % 40-80 arasında değişmektedir. Bu gözenekler organik tarafından ısıtılmakta fakat su tarafından ısıtılmamaktadır. Organik sıvılar gözeneklere yerleştirildiğinde, bu tip sıvı membranlar sulu fazlar arasında kullanılabilir. Membran fazın bu düzeni düz paralel membran yüzeyine karşılık gelmekte ve 200 m^2/m^3 transfer alanları sağlayabilmektedir. Bu membranlar düz levha, sargılı ve hollow fiber gibi değişik geometrilerde imal edilebilirler. Şekil 2.6'da hollow fiber modülünün şematik diyagramı gösterilmiştir.

Düz levha modülleri kullanıldığında membran temizliği de mümkündür. Bu tip membranların kullanılması son zamanlarda yaygınlaşmaya başlamıştır [51-52].



Şekil 2.6. Sıvı membran tipleri

Destekli sıvı membranlar da emülsiyon hazırlanması ve parçalanması olayları olmadığından, destekli sıvı membranlar emülsiyon tipi sıvı membranlara göre üstünlük arz etmektedirler. Buna karşılık birim hacimdeki membran yüzey alanının daha az olmasıyla birlikte, gözenekler içerisindeki taşıyıcıyla çözücünün belirli zaman içerisinde boşalarak membranın etkinliğini kaybetmesi en önemli problemi oluşturur. Destek malzemesi olarak, genellikle polipropilen, polisülfon ve bazen de mikrogözenekli teflon kullanılmıştır.

2.7.2 Destekli sıvı membranlar

Metal iyonlarının ayrılması ve zenginleştirilmesinde membranlar, işletim kolaylığı, seçicilikteki üstünlükleri enerji ve düşük işletme maliyeti gibi karakteristikler sebebiyle son yıllarda büyük bir ilgi çekmiştir. Pratik bakış açısından, atık su arıtımında olduğu kadar ayırma membranları, endüstriyel, biyotıp ve analitik alanlarda uygun yere sahiptir. Günümüzde membranlar bilimsel araştırma ve

teknolojik gelişmeleri canlandıran ana malzemeleri teşkil ederler. Bu sebeple membran performanslarını geliştirme konusunda s¼rekli bir çaba sarf edilmektedir.

Genelde bir membran, yarı geçirgen bir engel olarak d¼ř¼n¼lebilir. İki sulu faz arasına yerleştirildiğinde bir bileşen, membran içerisinden y¼ksek konsantrasyonlu bir b¼lgeden d¼ř¼k konsantrasyonlu bir b¼lgeye yalnızca dif¼zyon prosesi ile taşınabilir. Bununla beraber bir bileşenin, sistemdeki ikinci bir bileşenin mevcut konsantrasyon gradiyentinin bir sonucu olarak kendi konsantrasyon gradiyentine karşı bir membran içerisinden geebileği bilinmektedir (ifte taşınım). Bundan başka taşınım prosesi membran içerisinde bulunan ekstraktant veya taşıyıcı varlığında meydana gelebilir (vasıtalı taşınım). Vasıtalı taşınımlarla ilgili çalışmalar, doğal olarak h¼cre duvarlarındaki doğal taşıyıcıların kullanıldığı biyokimyada kendini g¼stermiřtir. Biyomembranlarda elde edilen özel konsantrasyon, y¼ksek seçicilik ve y¼ksek akılara sahip mikro g¼zenekli polimer filmlerinin geliştirilmesi yapay membran ve taşıyıcılarla ilgili araştırmaları ¼mitlendirmiřtir.

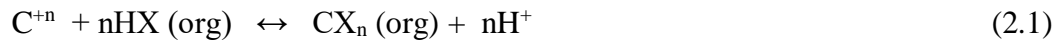
Membran teknolojileri g¼n¼m¼zdeki bilimsel araştırmaların en önemli konularından birini teşkil etmekte olup, membran sistemlerine ait satışların 2000 yılı başlarında 1.5 milyar dolar olması tahmin edilmektedir. Sıvı membranlar, önemli bir potansiyele sahip olup, farklı uygulamalar için çeşitli sıvı membran konfig¼rasyonları araştırılmaktadır. Bu teknikler, çeşitli atıkların muamelesi, sulardan pahalı ve stratejik metallerin veya ¼r¼nlerin geri kazanılmasında önemli ¼lde kullanılmaktadır.

Destekli sıvı membranlarla ifte taşınım, organik ve inorganik maddelerin saflaştırılması, ayrılması ve zenginleştirilmesi için son zamanlarda ¼mit vadeden bir teknoloji olarak ortaya çıkmıştır [53-57]. Metal iyonlarının ayrılması ve geri kazanılması için hidrometal¼rjide denenmiş olan bu taşınım prosesi, fermentasyon ortamından biyoaktif bileşiklerin ayrılması ve saflaştırılması için de ¼nerilmiřtir.

Tipik bir destekli sıvı membran, bir organik öz¼nm¼ř taşıyıcı veya ekstraktant ile temasta olan veya emreyne edilmiş mikro g¼zenekli polimer (hidrofobik polipropilen, politetrafloretillen, vs gibi) bir destek ve iki sulu fazdan ibarettir. Organik faz, sulu ortamla karışmayıp, bazen modifiyer olarak adlandırılan diğer bir bileşen içerir.

Modifiyer, seçilmiş bir bileşenin ekstraksiyonunu daha iyi hale getirmek veya mikro emülsiyon veya üçlü faz oluşumunu engellemek amacıyla sinerjetik tarzda ilave edilir. Membranın iki yüzüyle temas halindeki çözeltilerle karışmayan çözücü ortamı, kimyasal bileşenin destekli sıvı membranın (DSM) dolu gözenekleri içerisinde mobilitesini ve taşınımını arttırır. DSM içerisinde geçebilen kimyasal bileşeni içeren çözelti genellikle ‘besleme çözeltisi’ olarak adlandırılır. Geçişten sonra kimyasal bileşenin toplandığı membranın diğer tarafındaki çözelti ise, genellikle ‘sıyırma çözeltisi’ olarak adlandırılır.

Ara yüzey dengesi aşağıdaki denklemle gösterildiğinde, besleme ve sıyırma çözeltilerindeki H^+ iyonlarının konsantrasyonunun kontrol edilmesiyle, yani düşük bir H^+ iyonu konsantrasyonu kullanarak dengeyi sağa (C^{+n} nin ekstraksiyonu) ve yüksek bir H^+ iyonu konsantrasyonu kullanarak da dengeyi sola (C^{+n} nin sıyırılması) çevirmek mümkündür.



Burada C^{+n} : metal iyonu, HX : ekstraktant, ve CX_n : organometalik komplekstir. (org) organik, diğerleri ise sulu fazı göstermektedir. Bu suretle membran içerisinde geçen CX_n bileşeninin konsantrasyon farkını ve bunun sonucu olarak da DSM içerisinde de C^{+n} 'nin taşınımı için gerekli itici kuvveti sağlamak mümkündür.

Membrandaki taşıyıcı asidik bir ekstraktant ise, denklem (2.1) ile ifade edilen durum meydana gelir ve itici kuvvet, besleme ve sıyırma çözeltilerinin farklı pH'larda olması ile sağlanır. Bu durumdaki taşınma mekanizması, C^{+n} ve H^+ bileşenlerinin ters yönlü akılarının bir çift teşkil etmesi sebebiyle ters çifte taşınım olarak adlandırılır ve Tablo 2.2'de DSM prosesinin üstünlüklerini göstermektedir [58].

Tablo 2.2. DSM prosesinin üstünlükleri

• Yüksek ayırma faktörleri
• Katı membranlara kıyasla daha yüksek kütle akıları
• Çok daha yüksek seçiciliklerin elde edilebilmesi
• Konsantrasyon gradiyentine karşı ayırma ve zenginleştirme

• Pahalı ekstraktantların kullanılabilmesi
• Yüksek besleme/sıyırma hacim oranları
• Askıda katı maddeler içeren çözeltilerin de işlenebilmesi
• Düşük sermaye ve işletme masrafları
• Esneklik ve ölçeklendirme kolaylığı

Çeşitli konfigürasyonlarda membran modülleri bulunmaktadır : levha ve çerçeve, spiral sarımlı, borusal ve içi boş (oyuk) fiberler. Oyuk fiber destekli sıvı membranlar çok yüksek kapasitelerdeki membran modüllerinin çalıştırılabilmesine çok cazip bir çözüm sunarlar. Bu tip modüllerle 1000 m²/m³ kadar yüksek yığılma yoğunluklarına erişilebilir. Bundan başka içi boş fiber modüllerle sulu fazdaki konsantrasyon polarizasyonlarını azaltan olumlu hidrodinamik şartları sağlaması sebebiyle düşük yatırım ve işletme maliyetlerine sahiptirler.

Düz levha destekli sıvı membranlarda taşınım mekanizması genel olarak aşağıdaki basamaklar dizisinden ibarettir :

- (i) Metal iyonu ve her hangi bir çözünen madde sulu fazdaki difüzyon tabakası boyunca kitlesele (bulk) fazdan membran ara yüzeyine difüzlenir.
- (ii) Taşıyıcı, besleme ara yüzeyindeki çözünen madde ile reaksiyona girer.
- (iii) Çözünen madde ile kompleks yapan taşıyıcı, membran boyunca difüzlenir.
- (iv) Çözünen madde ve taşıyıcı sıyırma ara yüzeyinde serbest hale geçer.
- (v) Serbest hale geçen çözünen madde (metal iyonu gibi) sıyırma ara yüzeyinden sulu fazdaki difüzyon tabakası boyunca kitlesele faza difüzlenir.
- (vi) Taşıyıcı, ara yüzeyden membran boyunca geriye difüzlenir.

Destekli sıvı membranlarda membran gözeneklerinden sıvı membran karışımının kaybı, membran kararlılığının yok olmasına yol açar. Bunun sebepleri arasında, hidrostatik basınç gradiyenti [59], ozmotik basınç gradiyenti vs. sayılabilir. Membran kararlılığı muhtemelen membran gözenekleri içerisinde organik karışımı tutan kapiler kuvvetlere bağlıdır. Bu durum Young-Dupre denklemi ile gösterilebilir:

$$P_c = (2\gamma / a) \cos\theta \quad (2.2)$$

Bu denklemde P_c : kapiler basınç, γ : organik-su ara yüzey gerilimi, a : membranın gözenek çapı ve θ : temas açısıdır. Aromatik hidrokarbon çözücülerin, alifatik hidrokarbon çözücülere göre su ile daha düşük ara yüzey gerilimi vermesi sebebiyle daha az kararlı olduğu bilinmektedir [60].

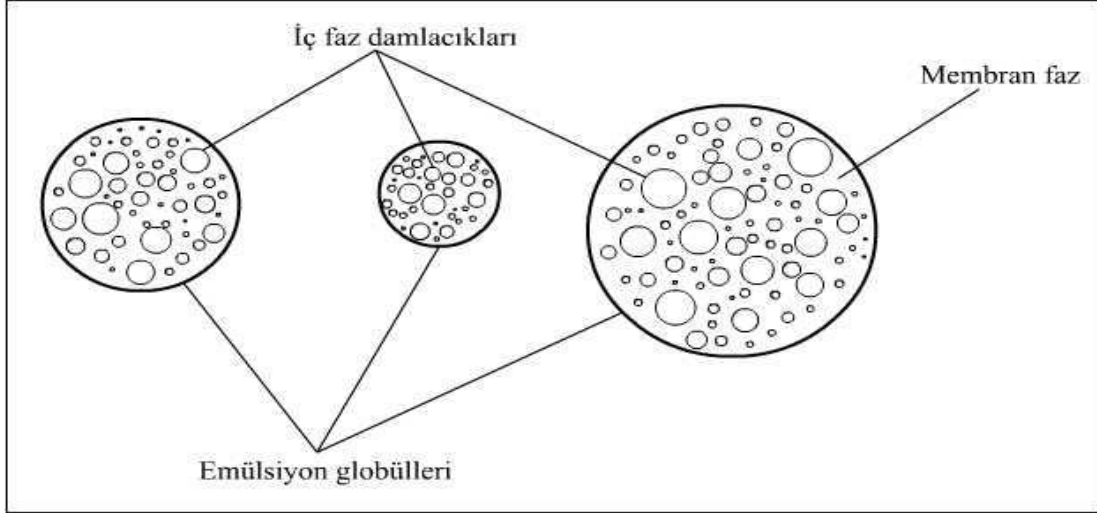
2.7.3. Emülsiyon tipi sıvı membranlar (ELM)

Bir emülsiyonun oluşumu temel olarak iki karışmayan sıvı arasından yüzey geriliminin indirgenmesi olarak ortaya çıkar. Yüzey aktif madde eklenmesi bu arzulanan indirgenmeye sebep olur [59].

Genelde emülsiyon tipi sıvı membranlar, iki karışmayan fazın bir emülsiyonunun teşkili ile hazırlanır ve daha sonra bu emülsiyon, üçüncü faz (besleme faz) içerisinde dağıtılır. Emülsiyon tipi sıvı membran şematik olarak Şekil 2.6 (a) da gösterilmiştir. Genellikle iç faz besleme fazı birbiri ile karışır. Emülsiyonun stabil kalabilmesi için membran faz her iki faz ile karışmamalıdır. Besleme fazı organik ise emülsiyon O/W tipidir, eğer besleme fazı su ise emülsiyon W/O tipidir. Sıvı membran içerisinden daha düşük konsantrasyondaki sıvıya, bir komponentin selektif difüzyonu ile karışımların ayrılması kolaylıkla gerçekleştirilebilir. Tek bir kimyasal komponent daha sonra ya yok edilme veya geriye kazanmak için faz içerisinde tutuklanmasıyla konsantre hale getirilebilir. Emülsiyon, besleme fazı içerisinde dağıtıldığında bir çok sayıda küçük emülsiyon globülleri oluşur. Bunların büyüklüğü, emülsiyondaki reaktif maddelerin cinsine, derişimine, emülsiyon viskozitesi ve karıştırma şiddeti ile moduna bağlıdır. Globül büyüklüğü 0,1-2 mm çap arasında kontrol edilir. Bu suretle besleme fazdan iç faza veya iç fazdan besleme faza hızlı bir kütle transferi ve büyük bir membran alanı sağlamak için çok fazla sayıda emülsiyon globülü kolaylıkla teşkil edilebilir.

Karışımların ayrılması sıvı membran içerisinden daha düşük konsantrasyondaki sıvıya, bir komponentin selektif difüzyonu ile kolaylıkla gerçekleştirilebilir. Tek bir kimyasal komponent daha sonra giderilme veya geriye kazanmak için iç faz içerisinde tutuklanarak konsantre hale getirilebilir. İç fazda tutulan kimyasal komponent, geri kazanmak yada ortamdan uzaklaştırmak için, iç fazda tutulup konsantre hale getirilir. Emülsiyon haline getirilmiş iç faz (besleme) önce durultma ve daha sonra emülsiyonu parçalamak suretiyle ayrılır. Böylece ekstraksiyon işleminin gerçekleştiği emülsiyon iç

fazından kimyasal komponent geriye kazanılabilir. Membran faz ise, emülsiyon hazırlama kabına geri gönderilir. Şekil 2.7’de sürekli akımda çalışan sıvı membran prosesi akım şeması gösterilmektedir.



Şekil 2.7 Emülsiyon sıvı membran sisteminin şematığı

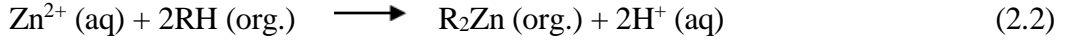
2.7.4 Kütle transfer mekanizması

Etkin bir transfer mekanizması ile sıvı membran prosesinin etkinliğini arttırmak mümkündür. Bunun için, difüze eden bileşenler hem membran faz içerisinde geçen kütle akısını hem de iç faz kapasitesini maksimize etmek için etkin bir transfer mekanizması kullanılır. İki tip taşıma mekanizması ile akı ve kapasite artırılır.

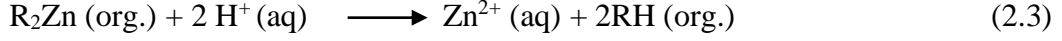
Birinci tip: Difüze olan komponentlerin membrana taşıyıcı (ekstraktant) ilave etmek suretiyle membran boyunca taşınması [61], Bu tip "taşıyıcılı" transfer mekanizması Şekil 2.8'da gösterildiği gibi sıvı membranlarla atık sulardan veya maden çözeltilerinden çinko iyonlarının ayrılması gösterilebilir.

Bu durumlarda membran faza bir sıvı iyon değiştirici ilave edilir. Çinko iyonlarının ekstraksiyonu membran-besleme fazı (III-II) ara yüzeyinde, sıyrma işlemi ise membran-iç faz (II-I) ara yüzeyinde meydana gelir. Çinko, emülsiyonun hapsedilmiş iç fazında, iç fazdan dış faza H⁺ iyonlarının sürekli geçişinin itici kuvvetiyle etkin olarak derişik hale gelmiştir. Çinkonun (Zn) ekstraksiyonu transfer mekanizmasına göre aşağıdaki kimyasal reaksiyonla gerçekleştirilir [60].

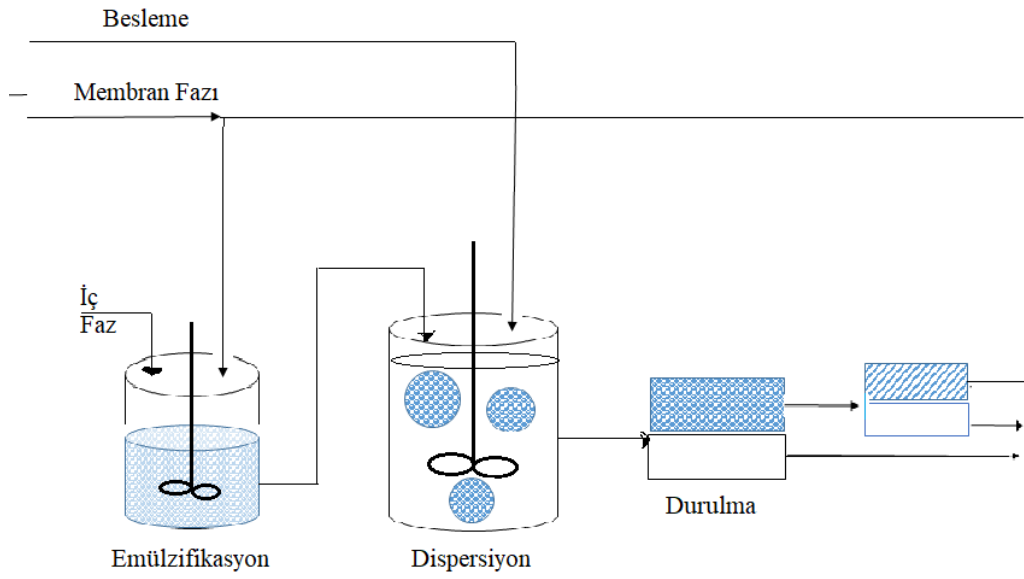
Ekstraksiyon işlemi : II-III ara yüzeyinde meydana gelmiştir .



Sıyırma (stripping) işlemi : I-II ara yüzeyinde meydana gelmiştir.



Burada RH bir sıvı iyon değiştirici reaktifi (taşıyıcı), (2.2)deki ekstraksiyon denklemi, membran-besleme fazı ara yüzeyinde, (2.3)'teki sıyırma denklemi ise membran-iç faz ara yüzeyinde meydana gelmektedir.



Şekil 2.8 Sürekli akımda çalışan sıvı membran prosesi akım şeması

Bu tip bir ekstraksiyon için sıvı membran prosesinin önemli avantajlarından birisi solvent ekstraksiyonu için gerekli olan iki ayrı kademedan ziyade ekstraksiyon ve sıyırma işlemlerinin tek bir kademede meydana gelmesidir. Buna ilaveten paralel ekstraksiyon ve sıyırma işlemleriyle sıvı membran prosesi denklem (2.2) ve (2.3)'den de görüleceği gibi ekstraksiyon dengesini teşkil eden kompleks iyonların giderilmesiyle denklem sağa kaydırılır. Bu ise solvent ekstraksiyonunda mevcut bulunan denge sınırlamasını ortadan kaldırır. Bunun sonucu olarak basit tek kademeli temasta metal iyonlarının tamamen giderilmesi gerçekleştirilir.

2.8. Polimer içerikli membranlar (PİM)

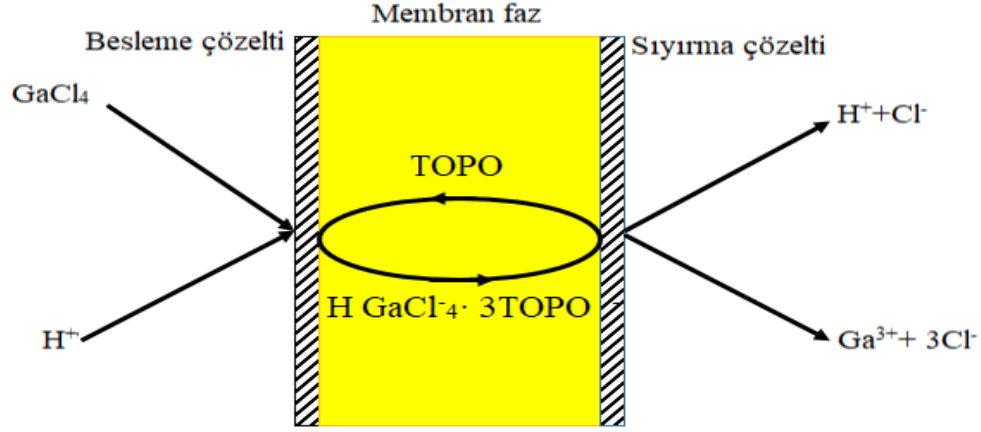
Son yıllarda membran bazlı prosesler çoğunlukla sanayide değerli bir teknoloji olarak büyük ilgi çekmektedir. Ancak, membran bazlı filtrasyonu ve elektrodiyalizi içeren diğer bütün membranlar yeni tercihlere rağmen, sıvı membranların pratikte uygulamalarda büyük ölçüde sınırlı kalmaktadır. Bu da sıvı membranların pratik birçok büyük ölçekli uygulamalarında ciddi bir sorun hale gelmiştir [62-63]. Yine de, metal iyon geri kazanımı için verilen temel ihtiyacın yanı sıra hidrometalurjide, biyoteknolojide ve endüstriyel atık su arıtmasında son yirmi yılda çok sayıda küçük organik bileşenlerin ekstraksiyonunu anlamak ve sıvı membranların kararlılığını geliştirmek için önemli bilimsel çaba harcanmıştır. Bu konuya yönelik bilimsel araştırmaların sayısı giderek artmaktadır.

Genellikle polimer içerikli membran olarak adlandırılan sıvı membranların yeni türü böyle adanmış çalışmalarla sonuçlanmış olup, polimer sıvı, jelleşmiş sıvı, polimerik plastikleştirici veya solvent polimerik membran gibi birçok isimlerle de kullanılmaktadır. PİM'ler; CTA ve PVC gibi temel polimer, plastikleştirici ve ekstraktant içeren çözeltinin ince, esnek ve stabil bir film oluşturmak için kalıba dökülmesiyle oluşturulur. Sonuç olarak elde edilen kendi kendine destekleyici membran, SLM'deki gibi benzer tarzda ilgili çözünenleri seçici olarak ayırmak için kullanılabilir. PİM mükemmel kararlılık ve çok yönlülüğü sergilerken, SLM'nin en iyi avantajlarını kaybetmez. SLM nin aksine, membran ekstraksiyon prosesi boyunca ihmal edilebilir taşıyıcı kaybı ile PİM hazırlamak mümkündür. Ek olarak, taşıyıcı reaktif miktarı çokça azaltılabilir, bundan dolayı daha önce sadece yüksek değerli metaller ve organikler için kullanılan daha pahalı ekstraktantlar için kullanma imkânı sağlar. Sonuç olarak PİM kaynaklı sistemler tehlikeli kimyasalların minimum kullanımı ve membran yapısında ayırma verimliliğinin yanı sıra istenilen seçiciliğe ulaşmak için esneklik, kullanım kolaylığı gibi birçok avantaj sunar. PİM, uzun süreli kararlılıkları, yüksek seçiciliği, hızlı transport ve istenilen şartlara göre membranın tasarlanabilmesi sebebiyle avantaj sağlamaktadır [64].

2.8.1. Polimer içerikli membranlarda ara yüzey taşınım mekanizması

PİM Şekil 2.9'da görüldüğü gibi bir sulu besleme çözeltisindeki bir bileşeni diğer bileşenlerden membran ile seçici olarak ayrılmasını sağlar. Taşınım prosesi iki aşamada

meydana gelir. Bunlardan ilki iki ara yüzey boyunca hedef maddenin taşınması ve daha sonra bu maddenin membran boyunca transferi olarak gerçekleşir [61].



Şekil 2.9. Galyumun giderilmesinin şematik mekanizması

İç fazda difüze olan komponentlerin konsantrasyonunun minimizasyonu suretiyle yapılır [65]. Bu halde sürekli faz içerisindeki komponent membran faz içerisinde çözünür ve çözünmüş halde membran boyunca difüzlenerak iç faza girer. İç faz içerisindeki reaktif ile reaksiyon sonunda membran içerisinde geriye difüzlennmeyen bir ürün oluşur ve bu suretle membran boyunca olan konsantrasyon gradiyetli muhafaza edilir. [1-17].

Galyum iyonu (Ga^{3+}), galyum kompleksi oluşturmak üzere membran fazda, taşıyıcıyla membran-besleme ara yüzeyinde reaksiyona girer. Daha sonra oluşan galyum kompleksi derişik HCl içeren membran-iç faz ara yüzeyine difüzlener. Derişik HCl asidi, Ga^{3+} iyonunu elde etmek üzere galyumu membran fazdan iç faza sıyıırır ve membran fazdaki taşıyıcı bileşenler için proton sağlar. Bu protonlar galyum iyonlarıyla yer değiştirir. Derişik asit, sıyıırmayla sürüklenir ve iç faza bitişik ara yüzeyde düşük konsantrasyonda galyum kompleksi meydana gelir. Dış ve iç ara yüzeylerdeki Ga kompleksi konsantrasyonlarındaki fark, yüksek sürücü kuvveti oluşturur ve böylece yüksek ekstraksiyon hızı meydana gelir. Derişik HCl, galyum iyonlarının iç fazda etkili bir şekilde konsantre hale gelmesine izin verir ve yüksek ekstraksiyon kapasitesiyle sonuçlanır.

2.8.2. Ekstraktanlar

PİM'lerde ekstraksiyon; iyon değiştirici veya kompleksleştirici madde ile gerçekleştirilir. Metal iyonu ve ekstraktant arasındaki kompleks veya iyon çifti membran boyunca metal iyon değişimini gerçekleştirir. İyi bilinen ekstraksiyon ekstraktantları reaktifleri bazik, asidik ve şelat, nötr veya ozelti ve makrosiklik sınıfların hepsi PİM'de çalışılmıştır. PİM üzerine yapılan çalışmaların çoğunda taşıyıcı olarak yeni sentezlenen reaktifler kullanılmasına rağmen piyasada mevcut bulunan hazır reaktifler de kullanılmaktadır. PİM araştırmalarının temel amacı; ekstraksiyon verimini ve ilgili ozücü ekstraksiyon sisteminin seiciligini artırırken membran akısını maksimuma ulaştırmaktır. PİM ve SLM'de ekstraksiyon olayı biraz karmaşıktır. Taşıma olayı hem ekstraktantın hem de ayrılacak maddenin fizikokimyasal özelliklerinden fazlasıyla etkilenebilir. Ekstraktanlar fizikokimyasal özelliklerinde ve taşınım mekanizmasında önemli farklılıklar vardır ve onların çeşitliliği nedeniyle özellikle önemlidir [64].

Bazik, asidik ekstraktantlar ozücü ekstraksiyonunda daha yaygın reaktiflerdir ve birçok hidrometalurjik uygulamalarda endüstride fazlasıyla kullanılmıştır [66-68]. Makrosiklik ve makromoleküler bileşikler ise mükemmel ayırma seçicilikleri nedeniyle özellikle birçok PİM araştırmacıları için ilgi çekici olmuştur [64].

Tablo 2.3. PİM'lerde kullanılan bazı ekstraktantlar

Ekstaktan Türü		Örnekler	Hedef Metaller	Kaynaklar
Bazik	Kuaterner aminler	Aliquat 336	Au(III), Cd(II), Cr(VI), Cu(II), Pd(II), Pt(IV), küçük sakkaritler, amino asitler, laktik asit	[69-79]
	Tersiyer aminler	TOA, diğer tri-alkil aminler	Cr(VI), Zn(II), Cd(II), Pb(II)	[80-83]
	Piridin ve	TDPNO	Ag (I), Cr (VI),	[84-86]

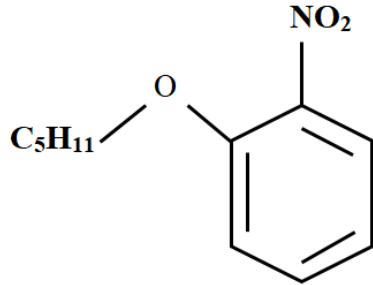
	türevleri		Zn(II), Cd (II)	
Asidik ve Selat	Hidroksimler	LIX 84-I	Cu (II)	[87]
	Hidroksi-kinolin	Kelex 100	Cd (II), Pb (II)	[88]
	B-Diketonlar	Benzoilaseton, dibenzoilaseton, benzoltrifloraseton	Sc (III), Y (III), La (III), Pr (III), Sm(III), Tb (III), Er (III), Lu (III)	[89]
	Alkil fosforik asitler	D2EHPA, D2EHDTPA	Pb(II), Ag(I), Hg(II), Cd(II), Zn(II), Ni(II), Fe(III), Cu(II)	[90-93]
	Karboksilik asitler	Laurik asit, Lasalosit A	Pb(II), Cu(II), Cd(II)	[94-96]
Nötral veya Çözücü	Fosforik asit esteri	TBP	U (VI)	[97-99]
	Fosfonik asit esteri	DBBP	As(V)	[100]
	Diğerleri	CMPO, TODGA, TOPO, polietilen glikol	Pb(II), Ce(III), Cs+, Sr(II)	[101-103]
Makrosiklik ve makromoleküller	Krowneter ve	DC18C6, BuDC18C6	Na+, K+, Li+, Cs+, Ba(II), Sr(II), Pb(II), Cu(II), Co(II), Ni(II), Zn(II), Ag(I), Au(III), Cd(II), Zn(II), pikrat	[104-121]
	Diğerleri		lanthanitler	[122-126]

3. BÖLÜM

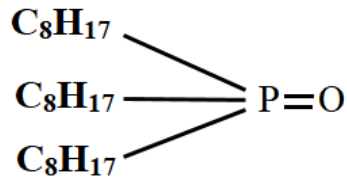
MATERYAL VE METOT

3.1 Kimyasal maddeler

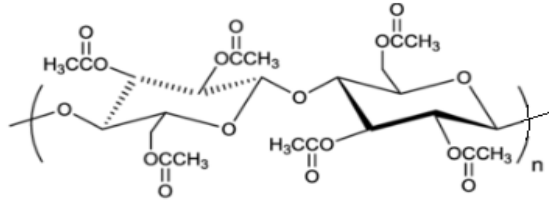
Kullanılan metallerin stok çözeltileri bunların tuzlarını destile suda çözmek suretiyle hazırlanmıştır. Kimyasallar ve organik çözücüler Merck, Fluka ve Sigma-Aldrich'ten (Almanya) satın alınmıştır. Tri-n-oktil fosfat (Merck) ekstraktant, selüloz triasetat (CTA, Selectephore, Fluka) ve PVC ($M_w = 80\ 000$ kg/kmol, Aldrich Chemical Comp.) membranların hazırlanmasında polimer desteği olarak kullanılmıştır. 2-Nitrofenil pentil eter (2-NPPE, > % 99.0 saflıkta, Fluka) plastikleştirici olarak kullanılmıştır. Diklorometan (Merck) ve tetrahidrofuran (THF, Merck) çözücü olarak kullanılmıştır. CTA, TOPO ve 2-NPPE'nin yapıları Şekil 4.1'de gösterilmektedir. Hassas olarak tartılan galyum metali (% 99.99 saflıkta, Strem Chemicals, ABD) minimum miktardaki kral suyunda çözülerek saf suda seyreltilmiştir. Hidroklorik asit (% 37 w/w, Merck) ve diğer tüm kimyasallar analitik saflıktadır.



2-Nitrofenil pentil eter (2-NPPE)



Trioktil fosfin oksit (TOPO)



Cellulose triacetate (CTA)

Şekil 3.1. CTA, TOPO ve 2-NPPE'nin yapıları

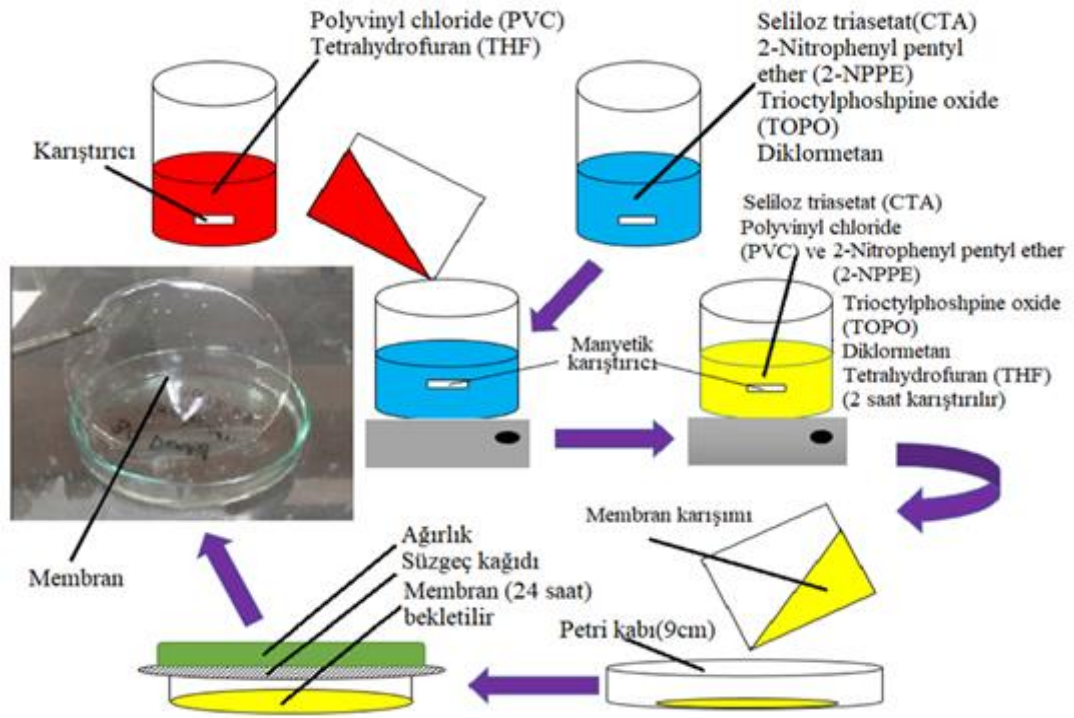
3.2 Polimer içerikli membranların hazırlanması

Polimer içerikli membranla yapılan deneysel ölçümler iki bölmeli ekstraksiyon cihazına yapılmıştır. Besleme çözeltisi ve sıyırma çözeltisi her birinin hacmi 80 mL olup, her iki bölme birbirinden kesit alanı 7.069 cm² olan bir polimer içerikli membran ile ayrılmıştır. Besleme ve sıyırma çözeltileri, kitlesel çözeltilerindeki ve membran ara yüzelerindeki konsantrasyon polarizasyonu önlemek için bir mekanik karıştırıcı yardımıyla 700 dev/dak'da karıştırılmıştır.

Her bir saatte besleme ve sıyırma çözeltilerinden yaklaşık 1 mL kadar örnek eş zamanlı olarak alınıp, gerekli galyum, çinko, kobalt ve nikel tayinleri yapılarak ICP (Inductively Coupled Spectrometry) ve AAS'de analize edilmiştir.

İstenen miktarlardaki CTA (selüloz triasetat), uygun ekstraktant TOPO (trioctyl phosphine oxide) ve plastikleştirici 2-NPPE (2-nitrofenil pentil eter) 50 mL'lik bir beherde hassas olarak tartıldı ve bunun üzerine önce 5 mL diklormetan yarım saat kadar çalkalanarak iyice çözünmesi sağlandı ve daha sonra da 5 mL diklormetan daha ilave edilerek 2 saat süre ile 350 dev/dak'da bir magnetik karıştırıcıda karıştırıldı. PVC esaslı membran için uygun ekstraktant TOPO (trioctylphosphine oxide) ve plastikleştirici 2-NPPE (2-nitrofenil pentil eter) 50 mL'lik bir beherde hassas olarak tartıldı ve bunun üzerine önce 5 mL THF (tetrahidrofur) ilave edilerek elde yarım çalkalandı ve PVC'nin tam olarak çözünmesinden sonra 5 mL daha THF ilave edilerek magnetik karıştırıcıda 350 dev/dak'da beherin üstü bir saat camı ile kapatılarak 2 saat süreyle karıştırıldı. CTA ve PVC'ye ek olarak hibrid CTA-PVC karışımı membranlar da döküldü. Bunun için önce istenen miktarlardaki CTA, TOPO ve 2-NPPE

50 mL'lik bir beherde hassas olarak tartıldı ve eş zamanlı olarak istenen miktardaki PVC ayrı olarak 50 mL'lik bir beherde hassas olarak tartıldı ve üzerine 5 mL THF ilave edilerek yarım saat içinde çözüldü. Bu PVC çözeltisi diğer beherdeki CTA çözeltisine aktarılarak ve 5 mL diklormetan ve 5 mL THF ilave edilerek ve beher saat camı ile kapatılarak bir magnetik karıştırıcıda 2 saat süreyle karıştırıldı. Bu karışımlar içerisinde çözünmeyen hiç bir safsızlığın bulunmamasına özen gösterilerek elde edilen homojen karışımı 9-10 cm çapında bir Petri kabına dökülür ve üstü bir süzgeç kağıdı ile kapatılarak 24 saat süreyle yavaşça buharlaşmasına müsaade edildi. Polimer içerikli membranın hazırlanmasına ait şema Şekil 3.2'de gösterilmiştir. Tüm çözücü buharlaştığında, membran Petri kabından su altında dikkatli bir şekilde çıkarılır.

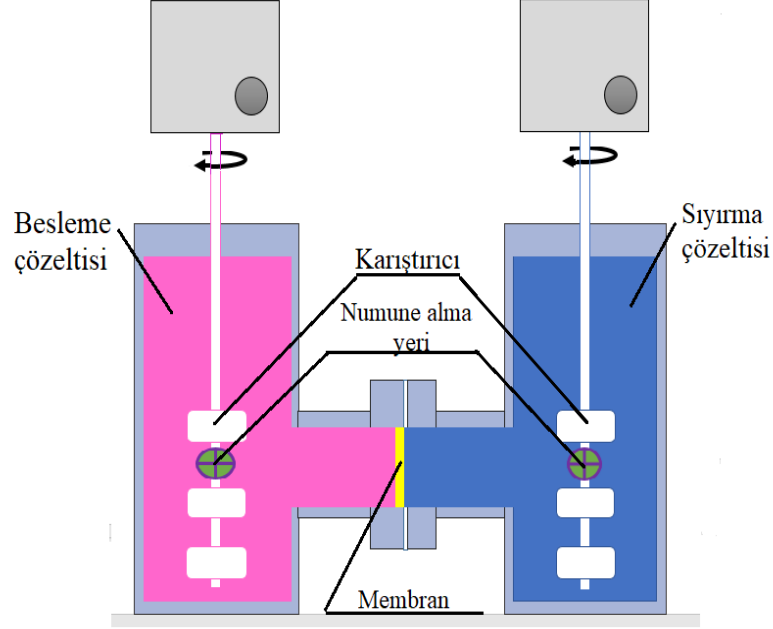


Şekil 3.2. Polimer içerikli membran hazırlanmasına ait şema

3.3 Taşınım Deneyleri

Membran taşınım deneyleri iki bölmeli test hücrelerinde yapılmıştır (Şekil 3.3). Her bir bölme 80 cm³'lük bir hacme sahip olup, membran, iki bölme arasında yerleştirilmiştir. Besleme ve sıyırma bölmesindeki karıştırma hızları dijital göstergeli bir mekanik karıştırıcı ile membrane ara yüzeyi ile kitlesel faz arasındaki

konsantrasyon polarizasyon şartlarını önlemek amacıyla 700 dev/dak'da sabit tutulmuştur. Deney düzeneği Şekil 3.4'de gösterilmektedir.



Şekil 3.3 İki bölmeli test hücresi

Galyum, çinko, kobalt ve nikel konsantrasyonlarını tayin etmek üzere besleme ve sıyırma bölgesinden eş zamanlı yaklaşık olarak 1 mL numuneler alınarak ICP (Perkin Elmer ICP-AES OPTIMA 5300 DV) ve AAS ile analiz edilmiştir.

Galyumun ortalama kütle akısı besleme ve sıyırma çözeltileri konsantrasyonlarına bağlı olarak iki farklı şekilde hesaplanmıştır [127].

$$J = \frac{\Delta c \cdot V}{A \cdot \Delta t} \quad (3.1)$$

Bu denklemde, Δc : Galyumun besleme veya sıyırma çözeltilerindeki konsantrasyon değişmesi (kg/m^3); V : Besleme çözeltisinin veya sıyırma çözeltisinin hacmi (m^3); A : Etkin membran alanı (9.069 cm^2) ve Δt : Toplam ekstraksiyon süresi (8 saat = 28 800 saniye). Besleme ve sıyırma çözeltilerinin hacimleri V (80 mL).



Şekil 3.4. Polimer içerikli membrana ait test hücresinin şematik olarak gösterilmesi

4. BÖLÜM

BULGULAR

4.1 Giriş

Polimer içerikli membranlarla galyum, çinko, kobalt ve nikel iyonları içeren asidik çözeltilerden galyumun seçici olarak ayrılması deneysel olarak incelenmiştir. Galyumun ekstraksiyon hızı ve diğer iyonlardan ayrılmasına etki eden besleme çözeltisi HCl konsantrasyonu, plastikleştirici (2-nitrofenil pentil eter, 2-NPPE) konsantrasyonu, ekstraktant (Trioktil fosfin oksit, TOPO) konsantrasyonu ve sıyırma çözeltisi HCl konsantrasyonu gibi parametreler deneysel olarak incelenmiştir. Buna ek olarak membran matrisini oluşturan selüloz triasetat (CTA) ve polivinil klorürün (PVC, $M_w = 80\,000$ g/mol) bileşimlerinin ayrılma ve ekstraksiyon hızına etkileri çalışılmıştır. Bu parametreler ışığında optimum şartlar belirlenmiştir. Ayrıca, galyumun başlangıç konsantrasyonunun ekstraksiyon hızına ve ayırmaya etkisi de incelenmiştir.

4.2 Besleme Çözeltisi HCl Konsantrasyonunun Etkisi

100 mg/L Ga^{3+} , 1000 mg/L Zn^{2+} , 600 mg/L Co^{2+} ve 600 mg/L Ni^{2+} içeren asidik bir besleme çözeltisinden galyumun seçici olarak ekstraksiyonu ve ayrılmasına etki eden besleme çözeltisi HCl konsantrasyonu 2 M ile 8 M HCl arasında incelenerek elde edilen sonuçlar Tablo 4.2.1 ile 4.2.8 ve Şekil 4.2.1 ile 4.2.9'da gösterilmektedir. Besleme ve sıyırma çözeltisi konsantrasyonlarına dayanarak denklem (3.1)'den hesaplanan galyumun ortalama kütle akılarına (besleme ve sıyırma için) besleme çözeltisi HCl konsantrasyonunun etkisi Şekil 4.2.9'da gösterilmektedir.

4.3 Plastikleştirici Konsantrasyonunun Etkisi

Aynı asidik besleme çözeltilerinden galyumun seçici olarak ekstraksiyonu ve ayrılmasına etki eden plastikleştirici membran bileşimi olarak % 10 ile % 58.9 w/w (sırasıyla 0.195 ile 2.519 g plastikleştirici /g (CTA+ PVC)) konsantrasyonu arasında incelenerek elde edilen sonuçlar Tablo 4.3.1 ile 4.3.6 ve Şekil 4.3.1 ile 4.3.8'de gösterilmektedir. Besleme ve sıyırma çözeltisi konsantrasyonlarına dayanarak denklem (3.1)'den hesaplanan galyumun ortalama

kütle akılarına (besleme ve sıyırma için) plastikleştirici konsantrasyonunun etkisi Şekil 4.3.5 ve 4.3.6'da gösterilmektedir.

4.4 TOPO Konsantrasyonunun Etkisi

Aynı asidik besleme çözeltilerinden galyumun seçici olarak ekstraksiyonu ve ayrılmasına etki eden TOPO membran bileşimi olarak % 9,87 ila % 51,98 w/w (sırasıyla 0,252 ila 2,495 g TOPO/g plastikleştirici) konsantrasyonu arasında incelenerek elde edilen sonuçlar Tablo 4.4.1 ila 4.4.8 ile Şekil 4.4.1 ila 4.4.10'de gösterilmektedir. Besleme ve sıyırma çözeltisi konsantrasyonlarına dayanarak denklem (3.1)'den hesaplanan galyumun ortalama kütle akılarına (besleme ve sıyırma için) TOPO konsantrasyonunun etkisi Şekil 4.4.7 ve 4.4.8'de gösterilmektedir.

4.5 Sıyırma Çözeltisi HCl Konsantrasyonunun Etkisi

100 mg/L Ga³⁺, 1000 mg/L Zn²⁺, 600 mg/L Co²⁺ ve 600 mg/L Ni²⁺ içeren asidik bir besleme çözeltisinden galyumun seçici olarak ekstraksiyonu ve ayrılmasına etki eden sıyırma çözeltisi HCl konsantrasyonu 0 M ila 0,2 M HCl arasında incelenerek elde edilen sonuçlar Tablo 4.5.1 ila 4.5.6 ile Şekil 4.5.1 ila 4.5.7'de gösterilmektedir. Besleme ve sıyırma çözeltisi konsantrasyonlarına dayanarak denklem (3.1)'den hesaplanan galyumun ortalama kütle akılarına (besleme ve sıyırma için) sıyırma çözeltisi HCl konsantrasyonunun etkisi Şekil 4.5.5'te gösterilmektedir.

4.6 CTA Yüzde Oranı

Aynı asidik besleme çözeltilerinden galyumun seçici olarak ekstraksiyonu ve ayrılmasına etki eden CTA yüzdesi olarak % 0 ila % 100 w/w konsantrasyonu arasında incelenerek elde edilen sonuçlar Tablo 4.6.1 ila 4.6.9 ile Şekil 4.6.1 ila 4.6.9'de gösterilmektedir. Besleme ve sıyırma çözeltisi konsantrasyonlarına dayanarak denklem (3.1)'den hesaplanan galyumun ortalama kütle akılarına (besleme ve sıyırma için) CTA yüzdesi konsantrasyonunun etkisi Şekil 4.6.6'da gösterilmektedir.

4.7. Besleme Çözeltisi Ga'un Konsantrasyonu Etkisi

100 mg/L Ga³⁺, 1000 mg/L Zn²⁺, 600 mg/L Co²⁺ ve 600 mg/L Ni²⁺ içeren asidik bir besleme çözeltisinden galyumun seçici olarak ekstraksiyonu ve ayrılmasına etki eden besleme Ga konsantrasyonu 50 mg/L ila 250 mg/L HCl arasında incelenerek elde

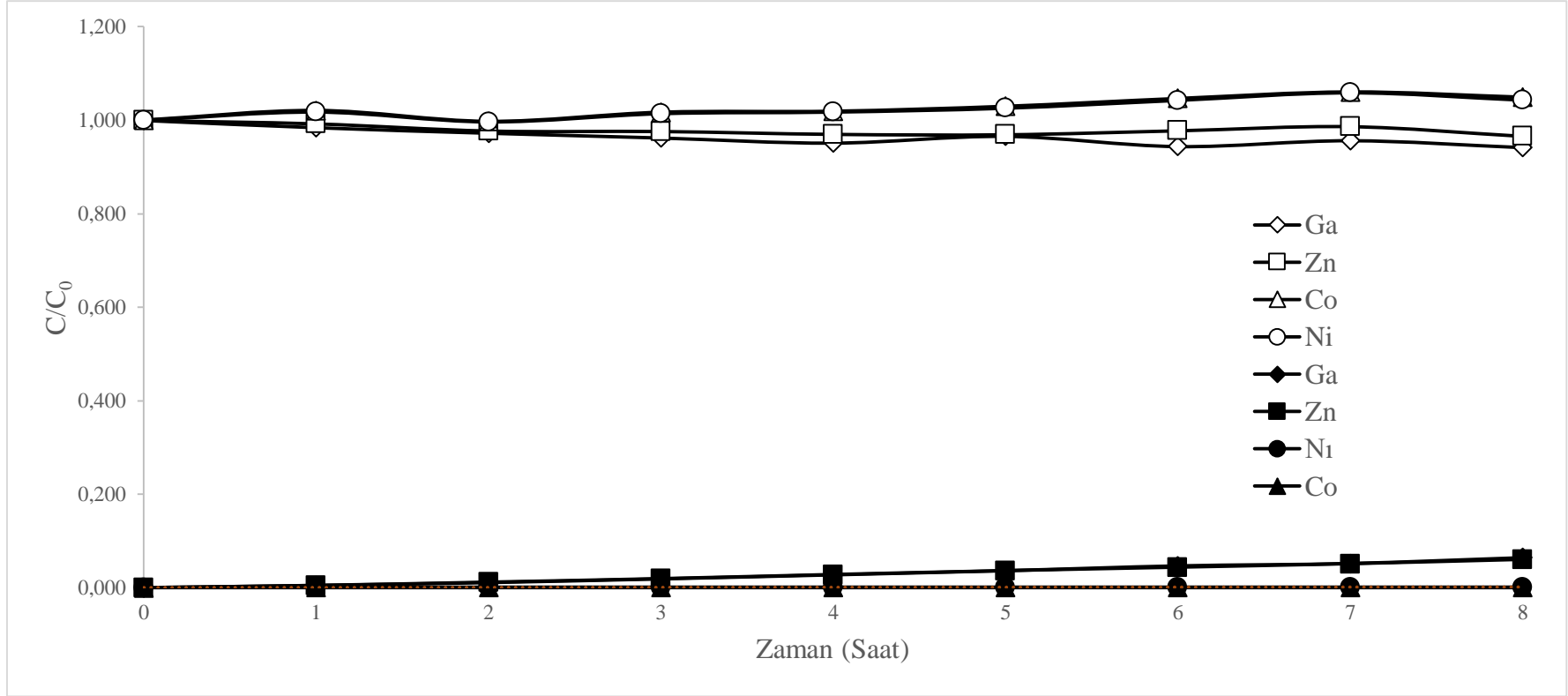
edilen sonuçlar Tablo 4.7.1 ile 4.7.7 ile Şekil 4.7.1 ile 4.7.8'da gösterilmektedir. Besleme ve sıyırma çözültisi konsantrasyonlarına dayanarak denklem (3.1)'den hesaplanan galyumun ortalama kütle akılarına (besleme ve sıyırma için) besleme Ga konsantrasyonunun etkisi Şekil 4.7.6'da gösterilmektedir.

Tablo 4.2.1. Besleme çözeltisi HCl konsantrasyonu: 2 M HCl. [Ekstraktant (TOPO): % 39,36 (w/w); Plastikleştirici (2-NPPE): % 30,29 (w/w) ; CTA: %19,62 (w/w); Sıyırma çözeltisi: 80 mL 0.1 M HCl; Besleme ve Sıyırma çözeltisinin karıştırma hızı: 700 dev/dak; Besleme çözeltisi: 80 mL (100 mg/L Ga³⁺, 1000 mg/L Zn²⁺, 600 mg/L Co²⁺, 600 mg/L Ni²⁺+ Besleme çöz. HCl : 2 M HCl)];

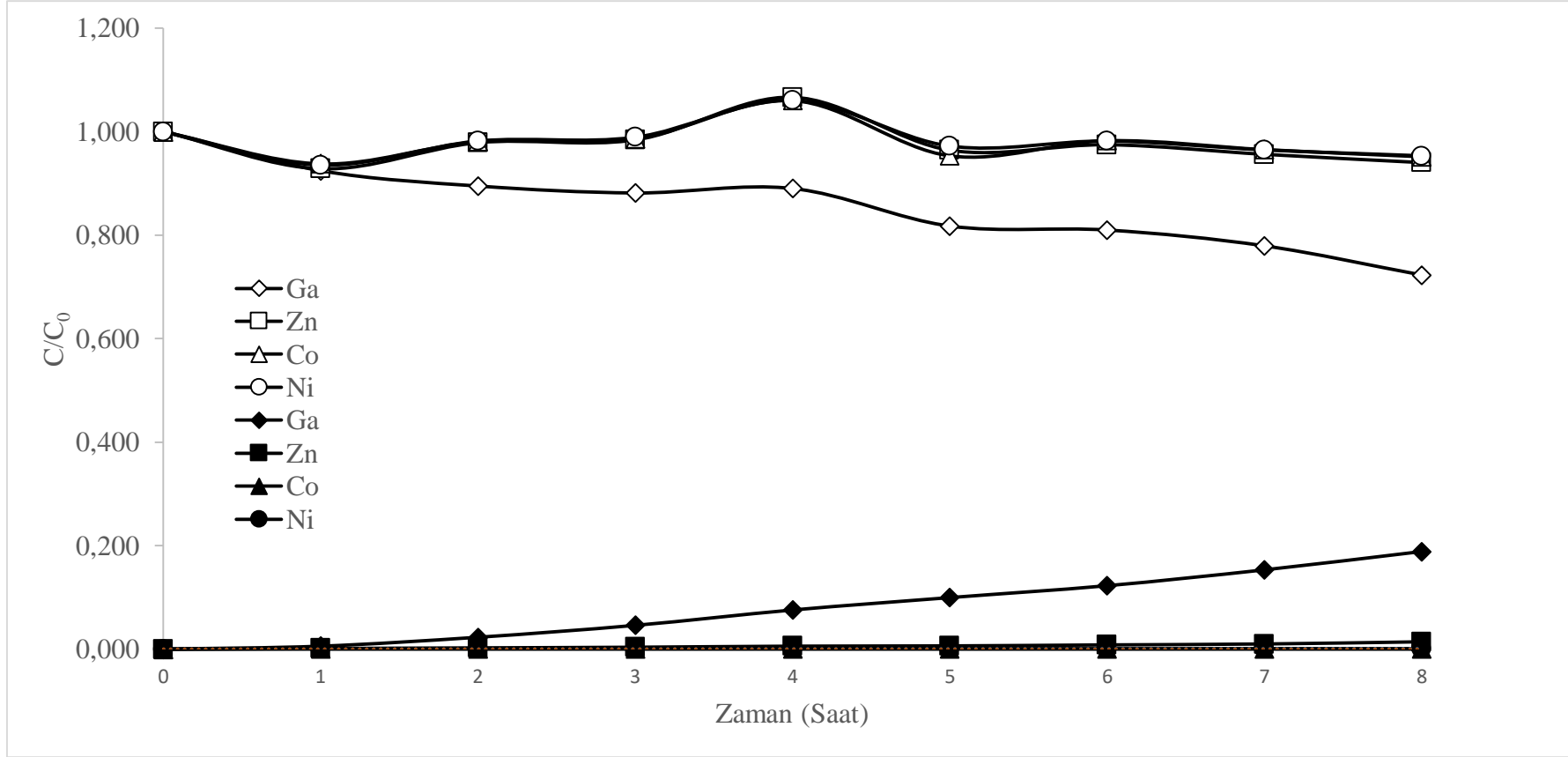
Zaman (Saat)	Besleme Çözeltisi								Sıyırma Çözeltisi							
	Ga		Zn		Co		Ni		Ga		Zn		Co		Ni	
	C, mg/L	C/C ₀	C, mg/L	C/C ₀	C, mg/L	C/C ₀	C, mg/L	C/C ₀	C, mg/L	C/C ₀	C, mg/L	C/C ₀	C, mg/L	C/C ₀	C, mg/L	C/C ₀
0	111,0	1,000	688	1,000	534	1,000	486	1,000	0,0	0,000	0,0	0,000	0,0	0,000	0,0	0,000
1	109,3	0,984	683	0,993	545	1,021	495	1,018	0,5	0,005	3,3	0,005	0,4	0,001	0,5	0,001
2	107,9	0,973	672	0,977	532	0,997	485	0,997	1,2	0,011	8,1	0,012	0,4	0,001	0,5	0,001
3	106,8	0,962	672	0,976	543	1,017	493	1,014	2,1	0,019	13,3	0,019	0,4	0,001	0,5	0,001
4	105,6	0,951	668	0,970	544	1,019	495	1,018	3,1	0,028	19,3	0,028	0,4	0,001	0,5	0,001
5	107,2	0,966	667	0,969	549	1,030	499	1,026	4,1	0,037	25,0	0,036	0,4	0,001	0,5	0,001
6	104,8	0,944	673	0,978	558	1,047	507	1,043	5,2	0,047	30,1	0,044	0,4	0,001	0,5	0,001
7	106,2	0,957	679	0,987	566	1,061	515	1,059	5,8	0,052	35,3	0,051	0,4	0,001	0,5	0,001
8	104,5	0,942	665	0,966	560	1,049	507	1,043	7,2	0,065	41,5	0,060	0,4	0,001	0,5	0,001

Tablo 4.2.2. Besleme çözeltisi HCl konsantrasyonu: 3 M HCl. [Ekstraktant (TOPO): % 30,09 (w/w); Plastikleştirici (2-NPPE): % 30,30 (w/w) ; CTA: %19,84 (w/w); Sıyırma çözeltisi: 80 mL 0.1 M HCl; Besleme çözeltisi: 80 mL (100 mg/L Ga³⁺, 1000 mg/L Zn²⁺, 600 mg/L Co²⁺, 600 mg/L Ni²⁺+ Besleme çöz. HCl : 3 M HCl); Besleme çözeltisi ve Sıyırma çözeltisinin karıştırma hızı: 700 dev/dak;]

Zaman (Saat)	Besleme Çözeltisi								Sıyırma Çözeltisi							
	Ga		Zn		Co		Ni		Ga		Zn		Co		Ni	
	C, mg/L	C/C ₀	C, mg/L	C/C ₀	C, mg/L	C/C ₀	C, mg/L	C/C ₀	C, mg/L	C/C ₀	C, mg/L	C/C ₀	C, mg/L	C/C ₀	C, mg/L	C/C ₀
0	104,6	1,000	754	1,000	580	1,000	1215	1,000	0,0	0,000	0,0	0,000	0,0	0,000	0,0	0,000
1	96,7	0,924	700	0,928	544	0,938	1136	0,935	0,6	0,006	0,9	0,001	0,4	0,001	0,5	0,000
2	93,6	0,895	738	0,979	569	0,981	1193	0,982	2,4	0,023	1,8	0,002	0,4	0,001	0,5	0,000
3	92,2	0,881	742	0,984	572	0,986	1202	0,989	4,8	0,046	2,7	0,004	0,4	0,001	0,5	0,000
4	93,1	0,890	804	1,066	615	1,060	1289	1,061	7,9	0,076	4,2	0,006	0,4	0,001	0,5	0,000
5	85,5	0,817	727	0,964	553	0,953	1181	0,972	10,4	0,099	4,6	0,006	0,4	0,001	0,5	0,000
6	84,7	0,810	735	0,975	570	0,983	1193	0,982	12,8	0,122	6,0	0,008	0,4	0,001	0,5	0,000
7	81,5	0,779	721	0,956	560	0,966	1172	0,965	16,0	0,153	7,3	0,010	0,4	0,001	0,5	0,000
8	75,6	0,723	709	0,940	552	0,952	1158	0,953	19,7	0,188	10,4	0,014	0,4	0,001	0,5	0,000



Şekil 4.2.1 . Besleme çözeltisi HCl konsantrasyonu: 2 M HCl; Ekstraktant (TOPO): % 39,39 (w/w); Plastikleştirici (2-NPPE): % 30,29 (w/w); ; CTA: %19,62 (w/w) (◆■▲●) Sıyırma çözeltisi: 80 mL 0.1 M HCl; (◇□△○) Besleme çözeltisi: 80 mL (100 mg/L Ga³⁺, 1000 mg/L Zn²⁺, 600 mg/L Co²⁺, 600 mg/L Ni²⁺, 2 M HCl); Besleme çözeltisi ve Sıyırma çözeltisi karıştırma hızı: 700 dev/dak]



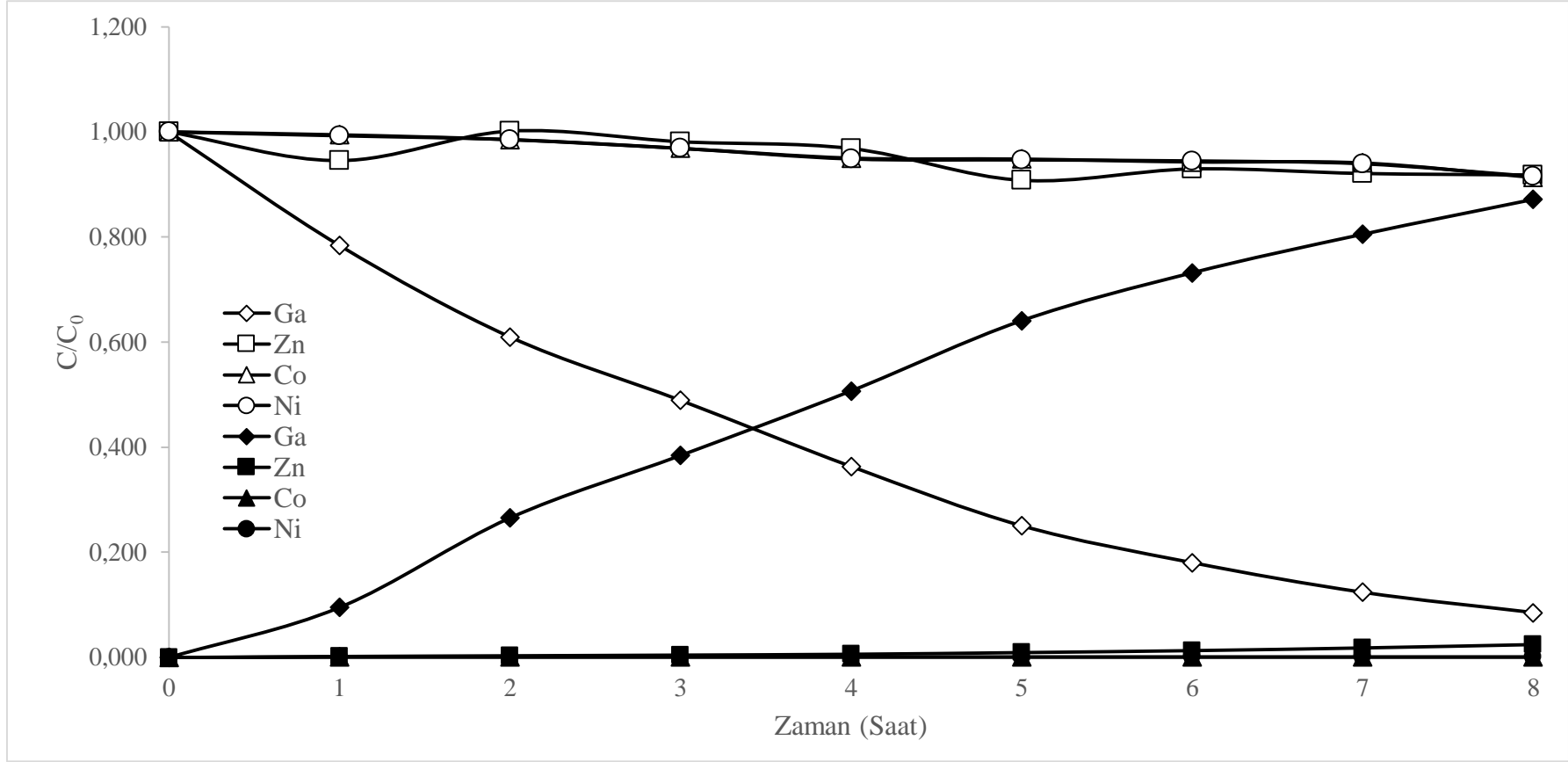
Şekil 4.2.2. Besleme çözeltisi HCl konsantrasyonu: 3 M HCl; Ekstraktant (TOPO): % 39,39 (w/w); Plastikleştirici (2-NPPE): % 30,30 (w/w) ; CTA: %19,84 (w/w); (◆■▲●) Sıyırma çözeltisi: 80 mL 0.1 M HCl; (◇□△○) Besleme çözeltisi: 80 mL (100 mg/L Ga³⁺, 1000 mg/L Zn²⁺, 600 mg/L Co²⁺, 600 mg/L Ni²⁺, 3 M HCl); Besleme çözeltisinin ve Sıyırma çözeltisinin karıştırma hızı: 700 dev/dak]

Tablo 4.2.3. Besleme çözeltisi HCl konsantrasyonu: 4 M HCl. [Ekstraktant (TOPO): % 30,00 (w/w); Plastikleştirici (2-NPPE): % 30,52 (w/w) ; CTA: %19,78 (w/w); Sıyırma çözeltisi: 80 mL 0.1 M HCl Besleme çözeltisi: 80 mL (100 mg/L Ga³⁺, 1000 mg/L Zn²⁺, 600 mg/L Co²⁺, 600 mg/L Ni²⁺+ Besleme çöz. HCl : 4 M HCl); Besleme çözeltisi ve Sıyırma çözeltisinin karıştırma hızı: 700 dev/dak;]

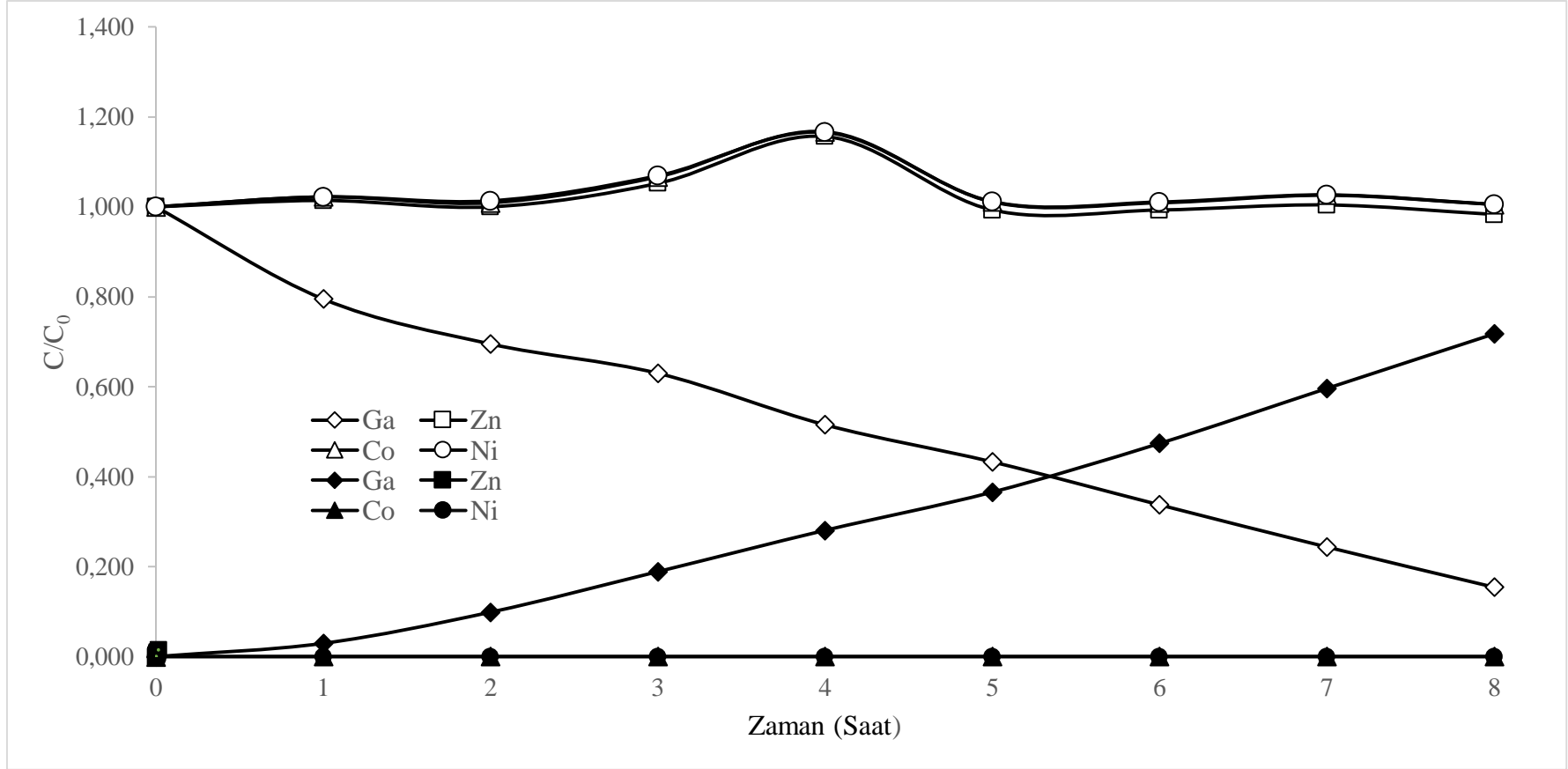
Zaman (Saat)	Besleme Çözeltisi								Sıyırma Çözeltisi							
	Ga		Zn		Co		Ni		Ga		Zn		Co		Ni	
	C, mg/L	C/C ₀	C, mg/L	C/C ₀	C, mg/L	C/C ₀	C, mg/L	C/C ₀	C, mg/L	C/C ₀	C, mg/L	C/C ₀	C, mg/L	C/C ₀	C, mg/L	C/C ₀
0	101	1,000	694	1,000	543	1,000	545	1,000	0,0	0,000	0,0	0,000	0,0	0,000	0,0	0,000
1	79,2	0,784	656	0,945	540	0,994	541	0,993	9,6	0,095	1,4	0,002	0,4	0,001	0,5	0,001
2	61,6	0,610	695	1,001	535	0,985	537	0,985	26,8	0,265	2,3	0,003	0,4	0,001	0,5	0,001
3	49,4	0,489	681	0,981	526	0,969	528	0,969	38,8	0,384	3,2	0,005	0,4	0,001	0,5	0,001
4	36,7	0,363	672	0,968	516	0,950	517	0,949	51,2	0,507	4,3	0,006	0,4	0,001	0,5	0,001
5	25,3	0,250	630	0,908	515	0,948	516	0,947	64,7	0,641	6,5	0,009	0,4	0,001	0,5	0,001
6	18,2	0,180	645	0,929	512	0,943	515	0,945	73,9	0,732	9,1	0,013	0,4	0,001	0,5	0,001
7	12,5	0,124	639	0,921	511	0,941	512	0,939	81,3	0,805	12,6	0,018	0,4	0,001	0,5	0,001
8	8,6	0,085	637	0,918	496	0,913	499	0,916	88,0	0,871	17,0	0,024	0,4	0,001	0,5	0,001

Tablo 4.2.4. Besleme çözeltisi HCl konsantrasyonu: 7 M HCl. [Ekstraktant (TOPO): % 39,09 (w/w); Plastikleştirici (2-NPPE): % 30,30 (w/w) ; CTA: %19,84 (w/w); Sıyırma çözeltisi: 80 mL 0.1 M HCl; Besleme çözeltisi: 80 mL (100 mg/L Ga³⁺, 1000 mg/L Zn²⁺, 600 mg/L Co²⁺, 600 mg/L Ni²⁺+ Besleme çöz. HCl : 7 M HCl); Besleme çözeltisi ve Sıyırma çözeltisinin karıştırma hızı: 700 dev/dak;]

Zaman (Saat)	Besleme Çözeltisi								Sıyırma Çözeltisi							
	Ga		Zn		Co		Ni		Ga		Zn		Co		Ni	
	C, mg/L	C/C ₀	C, mg/L	C/C ₀	C, mg/L	C/C ₀	C, mg/L	C/C ₀	C, mg/L	C/C ₀	C, mg/L	C/C ₀	C, mg/L	C/C ₀	C, mg/L	C/C ₀
0	115,3	1,000	708	1,000	539	1,000	1130	1,000	0,0	0,000	0,0	0,000	0,0	0,000	0,0	0,000
1	91,7	0,795	718	1,014	551	1,022	1155	1,022	3,4	0,029	1,3	0,002	0,4	0,001	0,5	0,000
2	80,2	0,696	708	1,000	544	1,009	1145	1,013	11,4	0,099	2,0	0,003	0,4	0,001	0,5	0,000
3	72,7	0,631	745	1,052	575	1,067	1208	1,069	21,8	0,189	2,9	0,004	0,4	0,001	0,5	0,000
4	59,5	0,516	819	1,157	629	1,167	1317	1,165	32,4	0,281	4,3	0,006	0,4	0,001	0,5	0,000
5	50,0	0,434	703	0,993	545	1,011	1143	1,012	42,2	0,366	4,5	0,006	0,4	0,001	0,5	0,000
6	39,0	0,338	703	0,993	544	1,009	1142	1,011	54,7	0,474	6,4	0,009	0,4	0,001	0,5	0,000
7	28,2	0,245	711	1,004	553	1,026	1160	1,027	68,8	0,597	7,4	0,010	0,4	0,001	0,5	0,000
8	17,9	0,155	696	0,983	542	1,006	1136	1,005	82,8	0,718	11,0	0,016	0,4	0,001	0,5	0,000



Şekil 4.2.3. Besleme çözeltisi HCl konsantrasyonu: 4 M HCl; Ekstraktant (TOPO): % 39,39 (w/w); Plastikleştirici (2-NPPE): % 30,52 (w/w) ; CTA: %19,78 (w/w); (◆■▲●) Sıyırma çözeltisi: 80 mL 0.1 M HCl; (◇□△○) Besleme çözeltisi: 80 mL (100 mg/L Ga³⁺, 1000 mg/L Zn²⁺, 600 mg/L Co²⁺, 600 mg/L Ni²⁺, 4 M HCl);Besleme çözeltisinin ve Sıyırma çözeltisinin karıştırma hızı: 700 dev/dak]



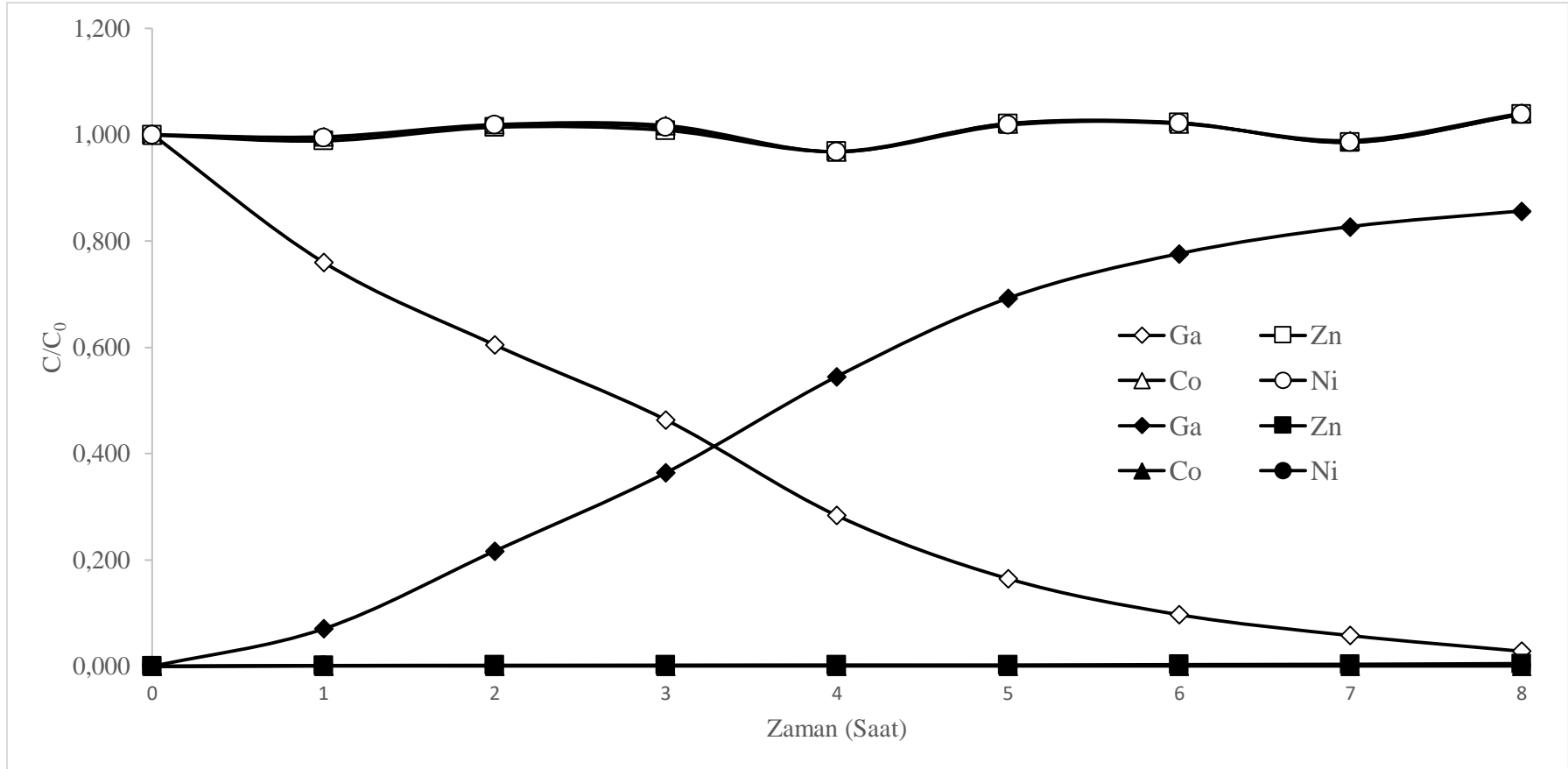
Şekil 4.2.4. Besleme çözeltisi HCl konsantrasyonu: 7 M HCl; Ekstraktant (TOPO): % 39,39 (w/w); Plastikleştirici (2-NPPE): % 30,30 (w/w); CTA: %19,84 (w/w); (◆■▲●) Sıyırma çözeltisi: 80 mL 0.1 M HCl; (◇□△○) Besleme çözeltisi: 80 mL (100 mg/L Ga³⁺, 1000 mg/L Zn²⁺, 600 mg/L Co²⁺, 600 mg/L Ni²⁺, 7 M HCl); Besleme çözeltisinin ve Sıyırma çözeltisinin karıştırma hızı: 700 dev/dak]

Tablo 4.2.5. Besleme çözeltisi HCl konsantrasyonu: 8 M HCl. [Ekstraktant (TOPO): % 39,13 (w/w); Plastikleştirici (2-NPPE): % 30,16 (w/w) ; CTA: %19,83 (w/w); Sıyırma çözeltisi: 80 mL 0.1 M HCl; Besleme çözeltisi: 80 mL (100 mg/L Ga³⁺, 1000 mg/L Zn²⁺, 600 mg/L Co²⁺, 600 mg/L Ni²⁺+ Besleme çöz. HCl : 8 M HCl); Besleme çözeltisi ve Sıyırma çözeltisinin karıştırma hızı: 700 dev/dak;]

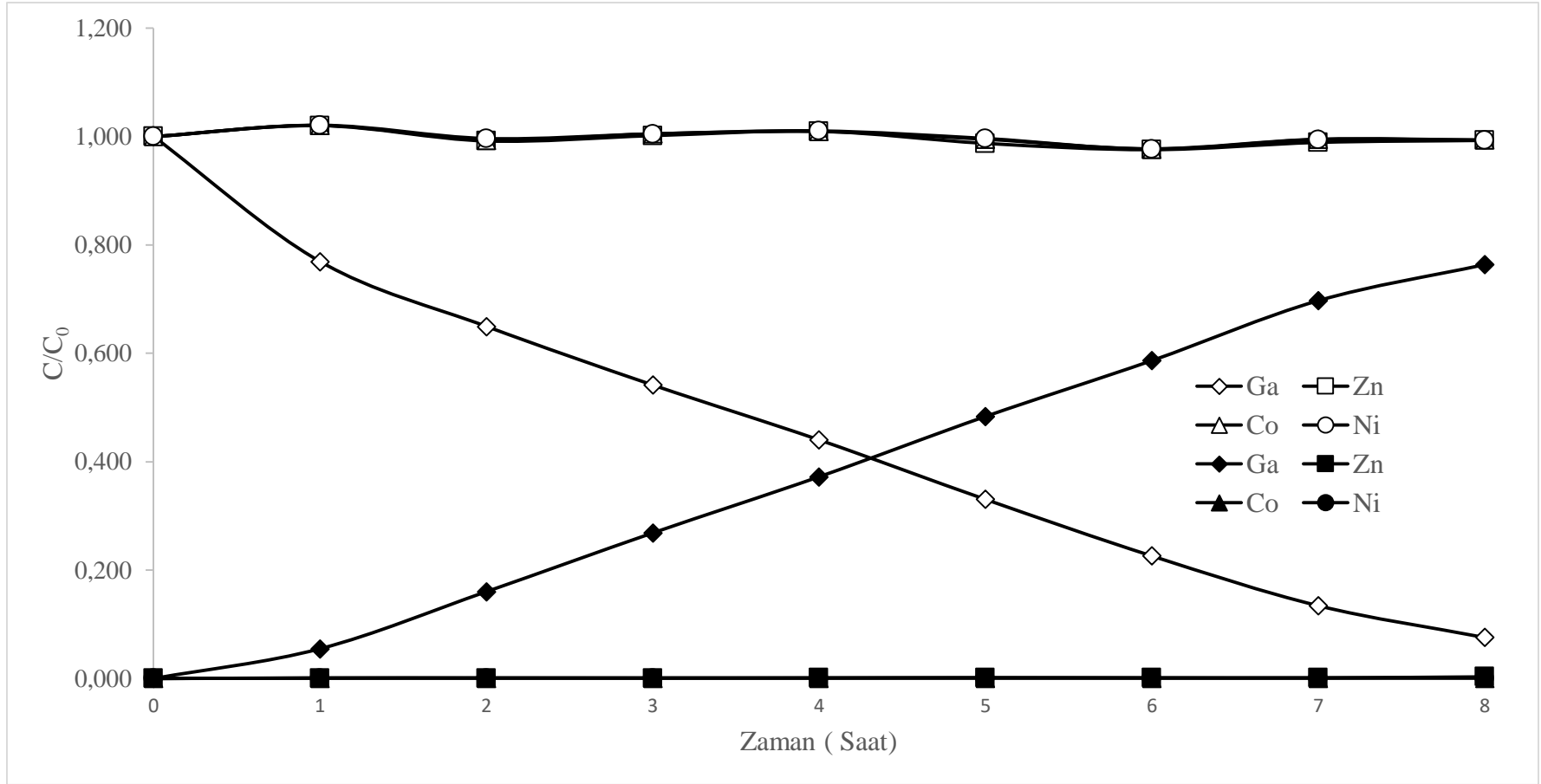
Zaman (Saat)	Besleme Çözeltisi								Sıyırma Çözeltisi							
	Ga		Zn		Co		Ni		Ga		Zn		Co		Ni	
	C, mg/L	C/C ₀	C, mg/L	C/C ₀	C, mg/L	C/C ₀	C, mg/L	C/C ₀	C, mg/L	C/C ₀	C, mg/L	C/C ₀	C, mg/L	C/C ₀	C, mg/L	C/C ₀
0	112,1	1,000	707	1,000	566	1,000	494	1,000	0,0	0,000	0,00	0,000	0,0	0,000	0,0	0,000
1	85,2	0,760	699	0,989	564	0,996	491	0,994	7,9	0,070	1,00	0,001	0,4	0,001	0,5	0,001
2	67,8	0,605	717	1,014	577	1,019	503	1,018	24,3	0,217	1,30	0,002	0,4	0,001	0,5	0,001
3	52,0	0,464	713	1,008	576	1,018	501	1,014	40,8	0,364	1,50	0,002	0,4	0,001	0,5	0,001
4	31,8	0,284	685	0,969	548	0,968	478	0,968	61,1	0,545	1,70	0,002	0,4	0,001	0,5	0,001
5	18,5	0,165	722	1,021	578	1,021	503	1,018	77,6	0,692	1,70	0,002	0,4	0,001	0,5	0,001
6	10,9	0,097	723	1,023	578	1,021	505	1,022	87,0	0,776	2,20	0,003	0,4	0,001	0,5	0,001
7	6,5	0,058	697	0,986	560	0,989	487	0,986	92,7	0,827	2,60	0,004	0,4	0,001	0,5	0,001
8	3,2	0,029	734	1,038	589	1,041	513	1,038	96,0	0,856	3,50	0,005	0,4	0,001	0,5	0,001

Tablo 4.2.6. Besleme çözeltisi HCl konsantrasyonu: 6 M HCl. [Ekstraktant (TOPO): % 39,09 (w/w); Plastikleştirici (2-NPPE): % 30,29 (w/w) ; CTA: %19,84 (w/w); Sıyırma çözeltisi: 80 mL 0.1 M HCl; Sıyırma çözeltisinin karıştırma hızı:700 dev/dak; Besleme çözeltisi: 80 mL (100 mg/L Ga³⁺, 1000 mg/L Zn²⁺, 600 mg/L Co²⁺, 600 mg/L Ni²⁺+ Besleme çöz. HCl : 6 M HCl); Besleme çözeltisi karıştırma hızı: 700 dev/dak;]

Zaman (Saat)	Besleme Çözeltisi								Sıyırma Çözeltisi							
	Ga		Zn		Co		Ni		Ga		Zn		Co		Ni	
	C, mg/L	C/C ₀	C, mg/L	C/C ₀	C, mg/L	C/C ₀	C, mg/L	C/C ₀	C, mg/L	C/C ₀	C, mg/L	C/C ₀	C, mg/L	C/C ₀	C, mg/L	C/C ₀
0	114,0	1,000	1577	1,000	719	1,000	670	1,000	0,0	0,000	0,0	0,000	0,0	0,000	0,0	0,000
1	87,8	0,770	1608	1,020	734	1,021	684	1,021	6,3	0,055	1,1	0,001	0,4	0,001	0,5	0,001
2	74,1	0,650	1564	0,992	714	0,994	668	0,997	18,3	0,160	1,4	0,001	0,4	0,001	0,5	0,001
3	61,8	0,542	1580	1,002	723	1,005	673	1,005	30,6	0,269	1,2	0,001	0,4	0,001	0,5	0,001
4	50,2	0,440	1592	1,010	726	1,010	677	1,010	42,5	0,372	1,7	0,001	0,4	0,001	0,5	0,001
5	37,7	0,331	1558	0,988	715	0,995	668	0,997	55,2	0,484	2,7	0,002	0,4	0,001	0,5	0,001
6	25,8	0,226	1539	0,976	703	0,977	655	0,977	66,9	0,587	2,1	0,001	0,4	0,001	0,5	0,001
7	15,3	0,135	1560	0,989	715	0,995	666	0,995	79,5	0,697	2,0	0,001	0,4	0,001	0,5	0,001
8	8,7	0,076	1566	0,993	714	0,994	666	0,993	87,1	0,764	5,1	0,003	0,4	0,001	0,5	0,001



Şekil 4.2.5. Besleme çözeltisi HCl konsantrasyonu: 8 M HCl; Ekstraktant (TOPO): % 39,39 (w/w); Plastikleştirici (2-NPPE): % 30,16 (w/w); CTA: %19,83 (w/w); (◆■▲●) Sıyırma çözeltisi: 80 mL 0.1 M HCl (◇□△○) Besleme çözeltisi: 80 mL (100 mg/L Ga³⁺, 1000 mg/L Zn²⁺, 600 mg/L Co²⁺, 600 mg/L Ni²⁺, 8 M HCl); Besleme çözeltisinin ve Sıyırma çözeltisinin karıştırma hızı: 700 dev/dak]



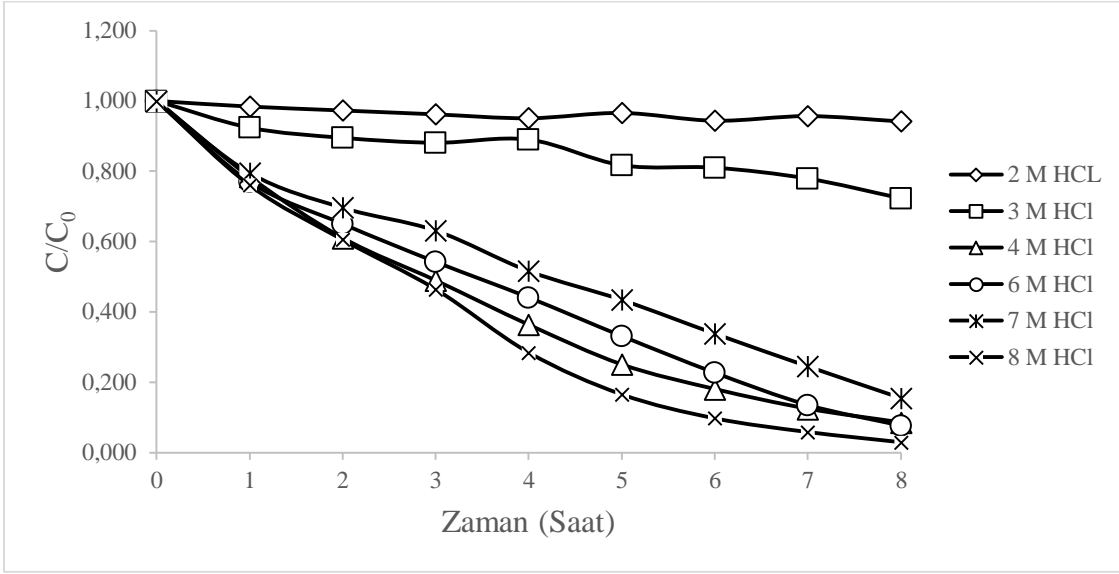
Şekil 4.2.6. Besleme çözeltisi HCl konsantrasyonu: 6 M HCl; Ekstraktant (TOPO): % 39,39 (w/w); Plastikleştirici (2-NPPE): % 30,29 (w/w) ; CTA: %19,84 (w/w); (◆■▲●) Sıyırma çözeltisi: 80 mL 0.1 M HCl; (◇□△○) Besleme çözeltisi: 80 mL (100 mg/L Ga³⁺, 1000 mg/L Zn²⁺, 600 mg/L Co²⁺, 600 mg/L Ni²⁺, 6 M HCl);Besleme çözeltisinin ve Sıyırma çözeltisinin karıştırma hızı: 700 dev/dak]

Tablo 4.2.7. Besleme çözeltisi HCl konsantrasyonu etkisi: [Ekstraktant (TOPO): % 39,39 (w/w); Plastikleştirici (2-NPPE): % 30,30 (w/w) ; CTA: %19,84 (w/w); Sıyırma çözeltisi: 80 mL 0.1 M HCl; Besleme çözeltisi: 80 mL (100 mg/L Ga³⁺, 1000 mg/L Zn²⁺, 600 mg/L Co²⁺, 600 mg/L Ni²⁺+ Besleme çöz. HCl : (2,3,4,6,7,8) M HCl); Besleme ve sıyırma çözeltisi karıştırma hızı: 700 dev/dak;]

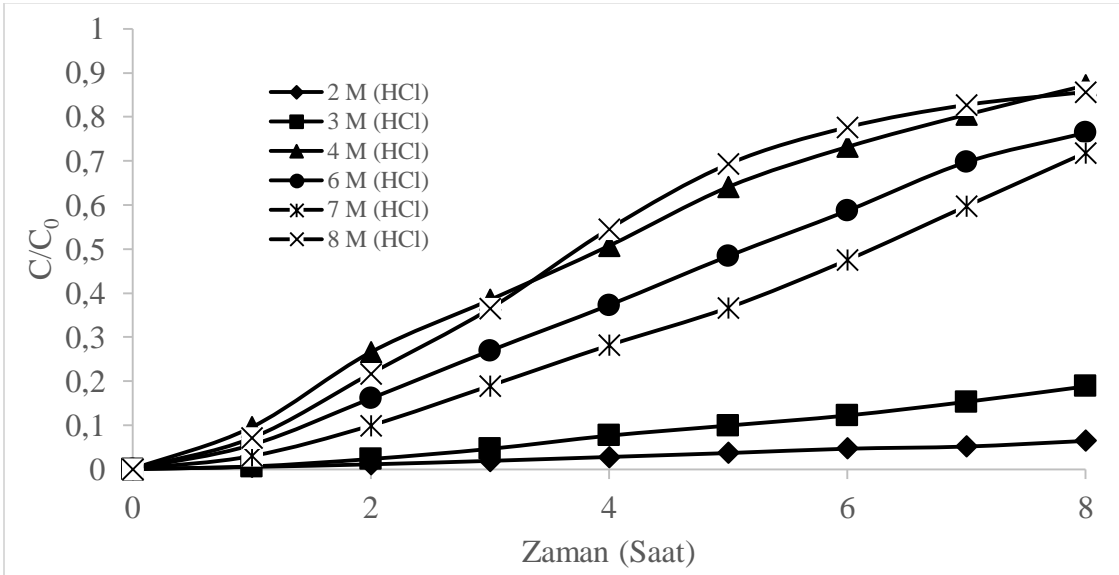
Besleme çözeltisi HCl konsantrasyonu (mol/L)	2	3	4	6	7	8	2	3	4	6	7	8
	Besleme çözeltisi						Sıyırma çözeltisi					
Zaman (saat)	C/C ₀	C/C ₀	C/C ₀	C/C ₀	C/C ₀	C/C ₀	C/C ₀	C/C ₀	C/C ₀	C/C ₀	C/C ₀	C/C ₀
0	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1	0,984	0,924	0,784	0,770	0,795	0,760	0,005	0,006	0,095	0,055	0,029	0,070
2	0,973	0,895	0,610	0,650	0,696	0,605	0,011	0,023	0,265	0,160	0,099	0,217
3	0,962	0,881	0,489	0,542	0,631	0,464	0,019	0,046	0,384	0,269	0,189	0,364
4	0,951	0,890	0,363	0,440	0,516	0,284	0,028	0,076	0,507	0,372	0,281	0,545
5	0,966	0,817	0,250	0,331	0,434	0,165	0,037	0,099	0,641	0,484	0,366	0,692
6	0,944	0,810	0,180	0,226	0,338	0,097	0,047	0,122	0,732	0,587	0,474	0,776
7	0,957	0,779	0,124	0,135	0,245	0,058	0,052	0,153	0,805	0,697	0,597	0,827
8	0,942	0,723	0,085	0,076	0,155	0,029	0,065	0,188	0,871	0,764	0,718	0,856
J (kg/m ² s) x10 ⁻⁶	0,2554	0,1140	0,3631	0,4138	0,3827	0,3701	0,2829	0,7741	0,3458	0,3422	0,3254	0,3059

Tablo 4.2.8 Besleme çözeltisi HCl konsantrasyonu; [Ekstraktant (TOPO): % 39,39 (w/w); Plastikleştirici (2-NPPE): % 30,30 (w/w) ; CTA: % 19,84 (w/w); Sıyırma çözeltisi: 80 mL 0.1 M HCl; Besleme çözeltisi: 80 mL (100 mg/L Ga⁺³, 1000 mg/L Zn⁺², 600 mg/L Co²⁺, 600 mg/L Ni²⁺+ Besleme çöz. HCl : 6 M HCl); Besleme ve sıyırma çözeltisinin karıştırma hızı: 700 dev/dak;]

Besleme çözeltisi HCl konsantrasyonu (mol/L)	2		3		4		6		7		8	
	C (mg/L)	C/C _o (-)	C (mg/L)	C/C _o (-)	C (mg/L)	C/C _o (-)	C (mg/L)	C/C _o (-)	C (mg/L)	C/C _o (-)	C (mg/L)	C/C _o (-)
Zaman (saat)												
0	111,0	1,000	104,6	1,000	101	1,000	115,3	1,000	115,3	1,000	112,1	1,000
1	109,3	0,984	96,7	0,924	79,2	0,784	91,7	0,795	91,7	0,795	85,2	0,760
2	107,9	0,973	93,6	0,895	61,6	0,610	80,2	0,696	80,2	0,696	67,8	0,605
3	106,8	0,962	92,2	0,881	49,4	0,489	72,7	0,631	72,7	0,631	52,0	0,464
4	105,6	0,951	93,1	0,890	36,7	0,363	59,5	0,516	59,5	0,516	31,8	0,284
5	107,2	0,966	85,5	0,817	25,3	0,250	50,0	0,434	50,0	0,434	18,5	0,165
6	104,8	0,944	84,7	0,810	18,2	0,180	39,0	0,338	39,0	0,338	10,9	0,097
7	106,2	0,957	81,5	0,779	12,5	0,124	28,2	0,245	28,2	0,245	6,5	0,058
8	104,5	0,942	75,6	0,723	8,6	0,085	17,9	0,155	17,9	0,155	3,2	0,029



Şekil 4.2.7. Besleme çözeltisi HCl konsantrasyonu: (2, 3, 4, 6, 7, 8) M HCl; Ekstraktant (TOPO): % 39,39 (w/w); Plastikleştirici (2-NPPE): % 30,30 (w/w) ; CTA: % 19,84 (w/w); Sıyırma çözeltisi: 80 mL 0.1 M HCl; ($\diamond \square \triangle \circ * x$) Besleme çözeltisi: 80 mL (100 mg/L Ga^{3+} , 1000 mg/L Zn^{2+} , 600 mg/L Co^{2+} , 600 mg/L Ni^{2+} , 6 M HCl); Besleme çözeltisinin ve Sıyırma çözeltisinin karıştırma hızı: 700 dev/dak]



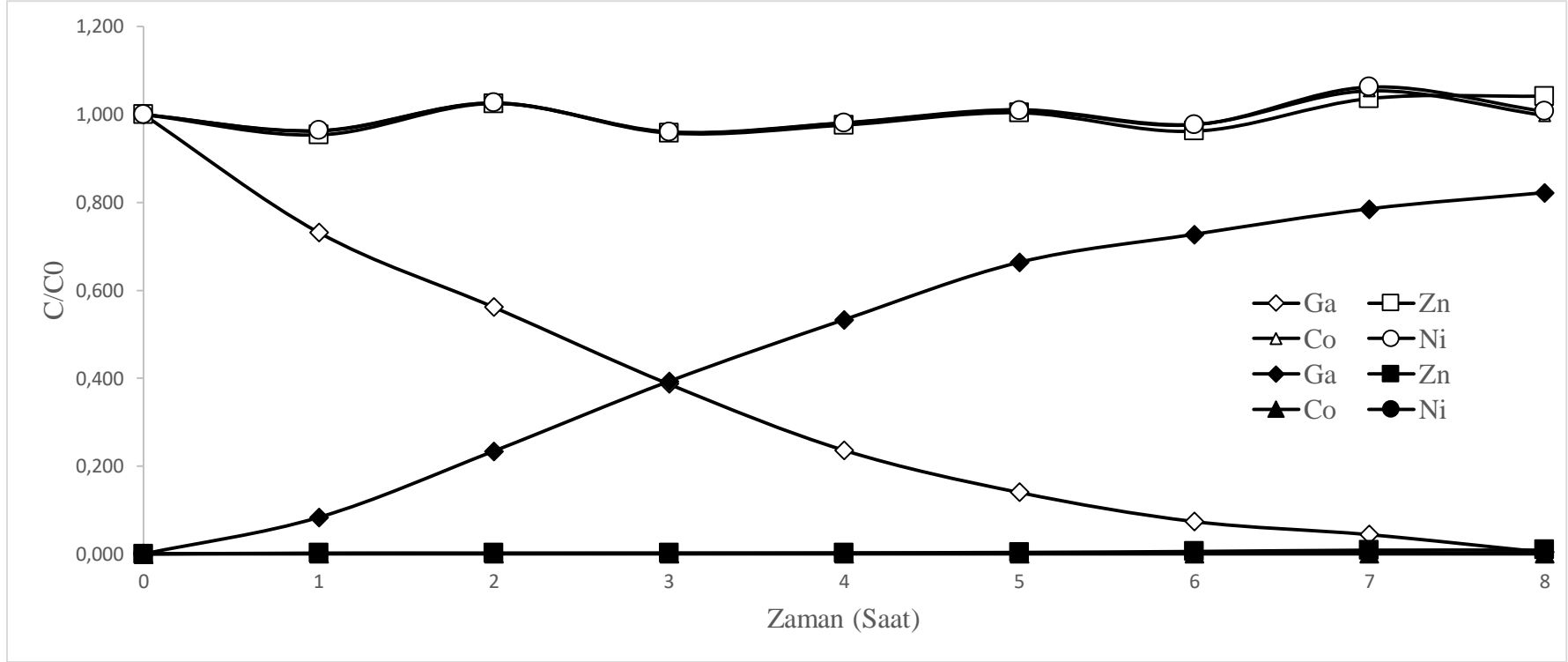
Şekil 4.2.8. Besleme çözeltisi HCl konsantrasyonu: M HCl; Ekstraktant (TOPO): % 39,39 (w/w) ($\diamond \blacksquare \blacktriangle \bullet * x$) Plastikleştirici (2-NPPE): % 30,30 (w/w) ; CTA: % 19,84 (w/w); Sıyırma çözeltisi: 80 mL 0.1 M HCl; Besleme çözeltisi: 80 mL (100 mg/L Ga^{3+} , 1000 mg/L Zn^{2+} , 600 mg/L Co^{2+} , 600 mg/L Ni^{2+} , (2, 3, 4, 6, 7, 8) M HCl); Besleme çözeltisinin ve Sıyırma çözeltisinin karıştırma hızı: 700 dev/dak]

Tablo 4.3.1. Plastikleştirici (2-NPPE) konsantrasyonu: (g 2-NPPE/(CTA+PVC): 0,195). [Ekstraktant (TOPO): % 38,79 (w/w); Plastikleştirici (2-NPPE): % 10,00 (w/w) ; CTA: %26,60 (w/w); Sıyırma çözeltisi: 80 mL 0.1 M HCl; Besleme çözeltisi: 80 mL (100 mg/L Ga³⁺, 1000 mg/L Zn²⁺, 600 mg/L Co²⁺, 600 mg/L Ni²⁺+ Besleme çöz. HCl : 6 M HCl); Besleme ve sıyırma çözeltisi karıştırma hızı: 700 dev/dak;]

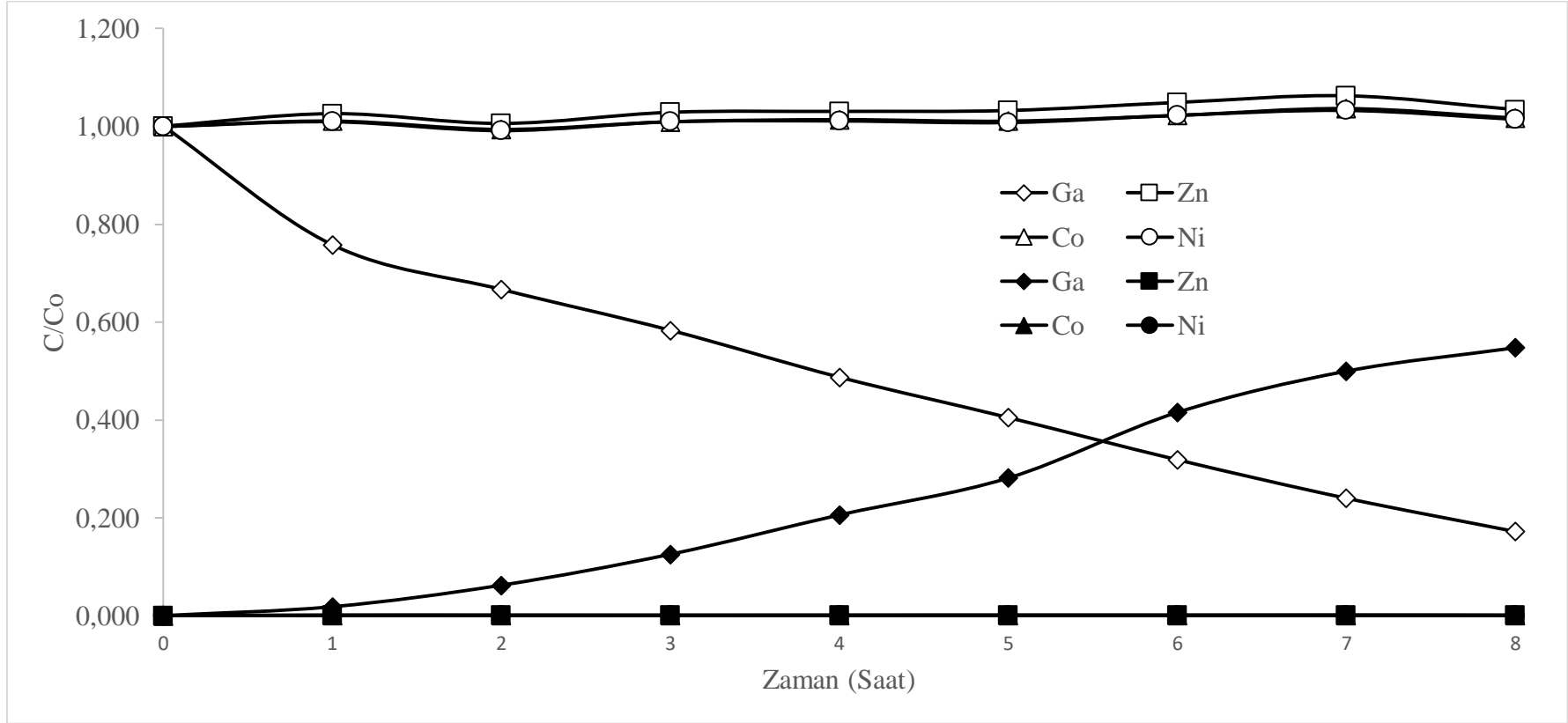
Zaman (Saat)	Besleme Çözeltisi								Sıyırma Çözeltisi							
	Ga		Zn		Co		Ni		Ga		Zn		Co		Ni	
	C, mg/L	C/C ₀	C, mg/L	C/C ₀	C, mg/L	C/C ₀	C, mg/L	C/C ₀	C, mg/L	C/C ₀	C, mg/L	C/C ₀	C, mg/L	C/C ₀	C, mg/L	C/C ₀
0	103,4	1,000	720	1,000	541	1,000	524	1,000	0,0	0,000	0,0	0,000	0,0	0,000	0,0	0,000
1	75,7	0,732	687	0,954	521	0,963	505	0,964	9,0	0,083	1,4	0,002	0,4	0,001	0,5	0,001
2	58,1	0,562	738	1,025	555	1,026	538	1,027	24	0,234	1,5	0,002	0,4	0,001	0,5	0,001
3	40,0	0,387	690	0,958	520	0,961	503	0,960	41	0,393	1,7	0,002	0,4	0,001	0,5	0,001
4	24,5	0,237	703	0,976	531	0,982	514	0,981	55	0,533	2,0	0,003	0,4	0,001	0,5	0,001
5	14,6	0,141	723	1,004	547	1,011	529	1,010	69	0,663	2,7	0,004	0,4	0,001	0,5	0,001
6	7,7	0,074	693	0,963	529	0,978	512	0,977	75	0,727	4,4	0,006	0,4	0,001	0,5	0,001
7	4,6	0,045	746	1,036	570	1,054	557	1,063	81	0,785	6,7	0,009	0,4	0,001	0,5	0,001
8	0,5	0,005	79,0	0,110	61,0	0,113	60,0	0,115	22	0,209	2,7	0,004	0,4	0,001	0,5	0,001

Tablo 4.3.2. Plastikleştirici (2-NPPE) konsantrasyonu: (g 2-NPPE/(CTA+PVC): 0,427). [Ekstraktant (TOPO): % 38,43 (w/w); Plastikleştirici (2-NPPE): % 18,42 (w/w) ; CTA: %19,16 (w/w); Sıyırma çözeltisi: 80 mL 0.1 M HCl; Besleme çözeltisi: 80 mL (100 mg/L Ga³⁺, 1000 mg/L Zn²⁺, 600 mg/L Co²⁺, 600 mg/L Ni²⁺+ Besleme çöz. HCl : 6 M HCl); Besleme ve sıyırma çözeltisi karıştırma hızı: 700 dev/dak;]

Zaman (Saat)	Besleme Çözeltisi								Sıyırma Çözeltisi							
	Ga		Zn		Co		Ni		Ga		Zn		Co		Ni	
	C, mg/L	C/C ₀	C, mg/L	C/C ₀	C, mg/L	C/C ₀	C, mg/L	C/C ₀	C, mg/L	C/C ₀	C, mg/L	C/C ₀	C, mg/L	C/C ₀	C, mg/L	C/C ₀
0	104,4	1,000	1090	1,000	626,3	1,000	603	1,000	0,0	0,000	0,0	0,000	0	0,000	0,000	0,000
1	79,1	0,758	1118	1,026	633,3	1,011	609	1,010	1,9	0,018	0,8	0,001	0,4	0,001	0,500	0,001
2	69,6	0,667	1096	1,006	622,7	0,994	598	0,992	6,5	0,062	0,8	0,001	0,4	0,001	0,500	0,001
3	60,9	0,583	1121	1,028	632,4	1,010	609	1,010	13,1	0,125	0,7	0,001	0,4	0,001	0,500	0,001
4	50,9	0,488	1123	1,030	635,1	1,014	610	1,012	21,5	0,206	0,8	0,001	0,4	0,001	0,500	0,001
5	42,3	0,405	1125	1,032	633,2	1,011	608	1,008	29,4	0,282	1,0	0,001	0,4	0,001	0,500	0,001
6	33,3	0,319	1143	1,049	640,4	1,023	617	1,023	43,4	0,416	0,9	0,001	0,4	0,001	0,500	0,001
7	25,1	0,240	1158	1,062	649,2	1,037	623	1,033	52,2	0,500	1,2	0,001	0,4	0,001	0,500	0,001
8	18,0	0,172	1127	1,034	637,0	1,017	612	1,015	57,2	0,548	0,7	0,001	0,4	0,001	0,500	0,001



Şekil 4.3.1. Plastikleştirici (2-NPPE) konsantrasyonu: (g 2-NPPE/(CTA+PVC)): 0,195 Ekstraktant (TOPO): % 38,79 (w/w); Plastikleştirici (2-NPPE): % 10,00 (w/w); CTA: %26,60 (w/w); (◆■▲●) Sıyırma çözeltisi: 80 mL 0.1 M HCl; (◇□△○) Besleme çözeltisi: 80 mL (100 mg/L Ga³⁺, 1000 mg/L Zn²⁺, 600 mg/L Co²⁺, 600 mg/L Ni²⁺, 6 M HCl); Besleme ve sıyırma çözeltisinin karıştırma hızı: 700 dev/dak]



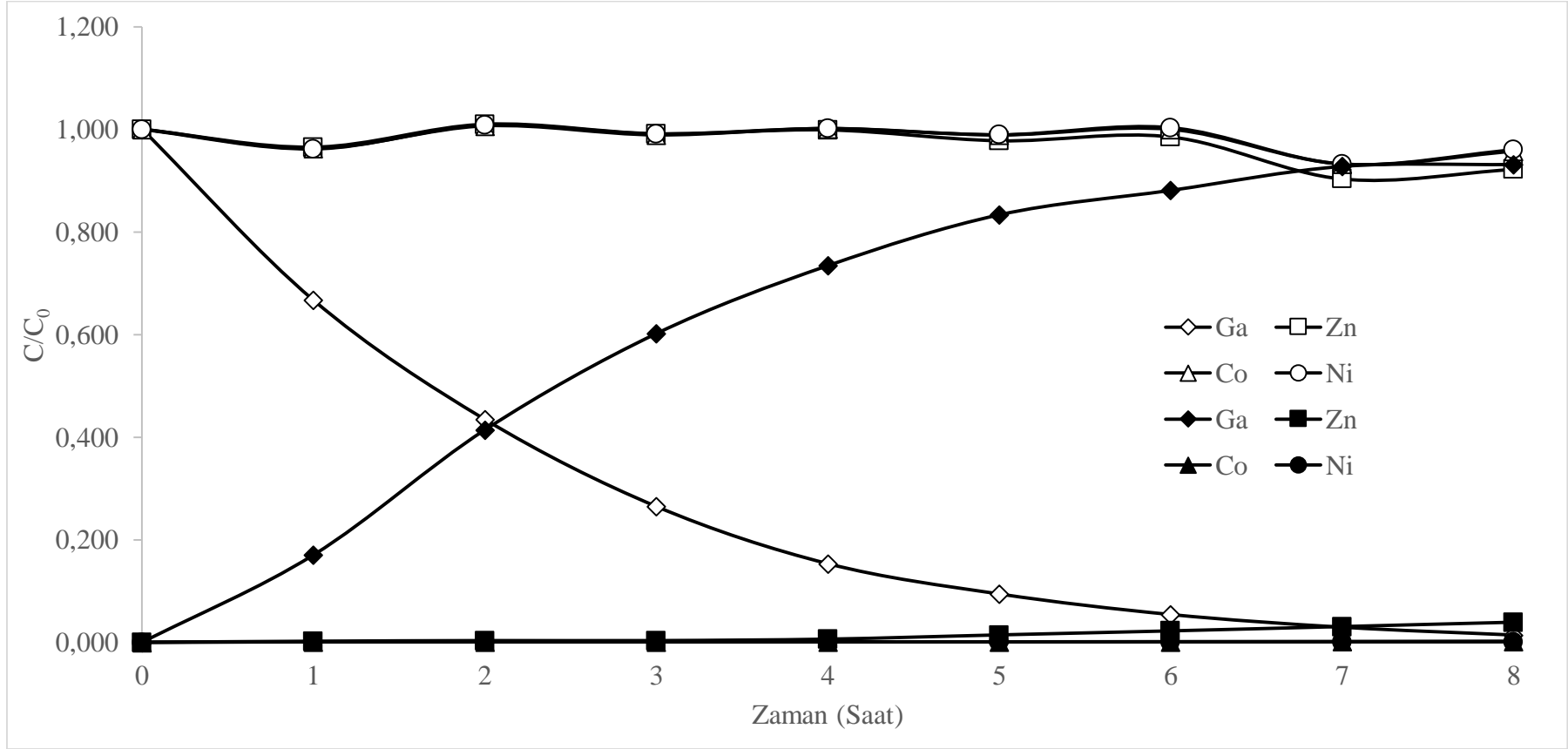
Şekil 4.3.2. Plastikleştirici (2-NPPE) konsantrasyonu: (g 2-NPPE/(CTA+PVC)): 0,427 Ekstraktant (TOPO): % 38,43 (w/w); Plastikleştirici (2-NPPE): % 18,42 (w/w) ; CTA: %19,16 (w/w); (◆■▲●) Sıyırma çözeltilisi: 80 mL 0.1 M HCl; (◇□△○) Besleme çözeltilisi: 80 mL (100 mg/L Ga³⁺, 1000 mg/L Zn²⁺, 600 mg/L Co²⁺, 600 mg/L Ni²⁺, 6 M HCl); Besleme ve sıyırma çözeltilisinin karıştırma hızı: 700 dev/dak]

Tablo 4.3.3. Plastikleştirici (2-NPPE) konsantrasyonu: (g 2-NPPE/(CTA+PVC): 1,516). [Ekstraktant (TOPO): % 23,63 (w/w); Plastikleştirici (2-NPPE): % 46,02 (w/w) ; CTA: %15,20 (w/w); Sıyırma çözeltisi: 80 mL 0.1 M HCl; Sıyırma çözeltisinin karıştırma hızı:700 dev/dak; Besleme çözeltisi: 80 mL (100 mg/L Ga³⁺, 1000 mg/L Zn²⁺, 600 mg/L Co²⁺, 600 mg/L Ni²⁺+ Besleme çöz. HCl : 6 M HCl); Besleme çözeltisi karıştırma hızı: 700 dev/dak;]

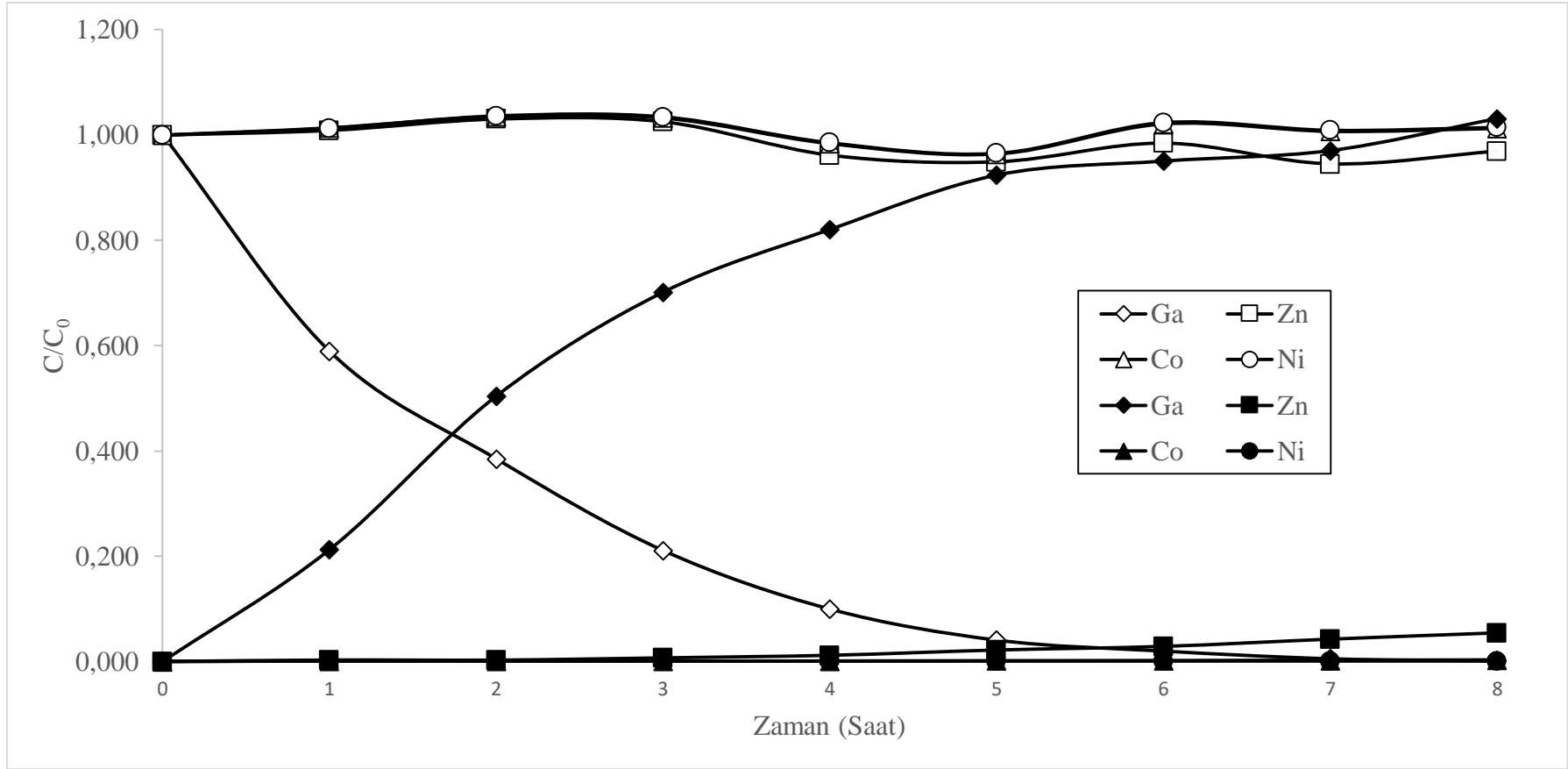
Zaman (Saat)	Besleme Çözeltisi								Sıyırma Çözeltisi							
	Ga		Zn		Co		Ni		Ga		Zn		Co		Ni	
	C, mg/L	C/C ₀	C, mg/L	C/C ₀	C, mg/L	C/C ₀	C, mg/L	C/C ₀	C, mg/L	C/C ₀	C, mg/L	C/C ₀	C, mg/L	C/C ₀	C, mg/L	C/C ₀
0	105	1,000	809	1,000	601,8	1,000	578	1,000	0,0	0,000	0,0	0,000	0,0	0,000	0,0	0,000
1	70,0	0,667	781	0,965	579,5	0,963	556	0,962	17,9	0,170	1,7	0,002	0,4	0,001	0,5	0,001
2	45,6	0,434	817	1,010	605,6	1,006	583	1,009	43,5	0,414	2,7	0,003	0,4	0,001	0,5	0,001
3	27,8	0,265	802	0,991	595,1	0,989	573	0,991	63,2	0,602	2,7	0,003	0,4	0,001	0,5	0,001
4	16,1	0,153	808	0,999	602,6	1,001	579	1,002	77,1	0,734	5,0	0,006	0,4	0,001	0,5	0,001
5	9,9	0,094	791	0,978	595,1	0,989	572	0,990	87,5	0,833	11,6	0,014	0,5	0,001	0,5	0,001
6	5,7	0,054	797	0,985	601,6	1,000	580	1,003	92,5	0,881	17,9	0,022	0,7	0,001	0,5	0,001
7	3,1	0,030	731	0,904	561,3	0,933	539	0,933	97,4	0,928	24,7	0,031	0,9	0,001	0,5	0,001
8	1,5	0,014	746	0,922	576,1	0,957	555	0,960	97,8	0,931	31,5	0,039	1,2	0,002	0,5	0,001

Tablo 4.3.4. Plastikleştirici (2-NPPE) konsantrasyonu: (g 2-NPPE/(CTA+PVC): 2,519). [Ekstraktant (TOPO): % 17,76 (w/w); Plastikleştirici (2-NPPE): % 58,87 (w/w) ; CTA: %11,69 (w/w); Sıyırma çözeltisi: 80 mL 0.1 M HCl; Besleme çözeltisi: 80 mL (100 mg/L Ga³⁺, 1000 mg/L Zn²⁺, 600 mg/L Co²⁺, 600 mg/L Ni²⁺+ Besleme çöz. HCl : 6 M HCl); Besleme ve sıyırma çözeltisi karıştırma hızı: 700 dev/dak;]

Zaman (Saat)	Besleme Çözeltisi								Sıyırma Çözeltisi							
	Ga		Zn		Co		Ni		Ga		Zn		Co		Ni	
	C, mg/L	C/C ₀	C, mg/L	C/C ₀	C, mg/L	C/C ₀	C, mg/L	C/C ₀	C, mg/L	C/C ₀	C, mg/L	C/C ₀	C, mg/L	C/C ₀	C, mg/L	C/C ₀
0	105,2	1,000	781	1,000	578	1,000	554	1,000	0,0	0,000	0,0	0,000	0,0	0,000	0,0	0,000
1	62,0	0,589	788	1,009	586,1	1,014	561	1,013	22,35	0,212	2,2	0,003	0,4	0,001	0,5	0,001
2	40,5	0,385	805	1,031	598,6	1,036	574	1,036	53,04	0,504	2,1	0,003	0,4	0,001	0,5	0,001
3	22,2	0,211	801	1,026	596,9	1,033	573	1,034	73,8	0,702	5,4	0,007	0,4	0,001	0,5	0,001
4	10,5	0,100	751	0,962	568,7	0,984	546	0,986	86,33	0,821	9,2	0,012	0,5	0,001	0,5	0,001
5	4,3,0	0,041	741	0,949	557,3	0,964	535	0,966	97,2	0,924	17	0,022	0,8	0,001	0,5	0,001
6	2,1	0,020	769	0,985	590,4	1,021	567	1,023	100,0	0,951	22,4	0,029	1	0,002	0,5	0,001
7	0,58	0,006	738	0,945	582,2	1,007	559	1,009	102,1	0,971	33,1	0,042	1,3	0,002	0,5	0,001
8	0,14	0,001	757	0,969	585,4	1,013	562	1,014	108,5	1,031	42,4	0,054	1,7	0,003	0,5	0,001



Şekil 4.3.3. Plastikleştirici konsantrasyonu(g2-NPPE): (g 2-NPPE/(CTA+PVC)): 1,516 Ekstraktant (TOPO): % 23,63 (w/w); Plastikleştirici (2-NPPE): % 46,02 (w/w) ; CTA: %15,20 (w/w); (◆■▲●) Sıyırma çözeltisi: 80 mL 0.1 M HCl; (◇□△○) Besleme çözeltisi: 80 mL (100 mg/L Ga³⁺, 1000 mg/L Zn²⁺, 600 mg/L Co²⁺, 600 mg/L Ni²⁺, 6 M HCl); Besleme ve sıyırma çözeltisinin karıştırma hızı: 700 dev/dak]



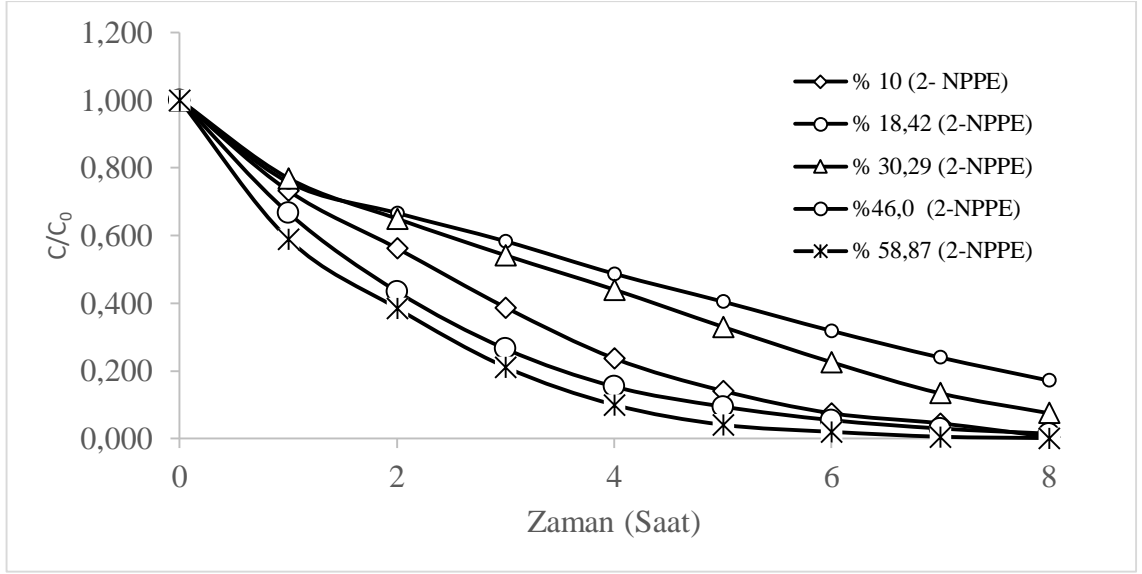
Şekil 4.3.4. Plastikleştirici konsantrasyonu: (g 2-NPPE/(CTA+PVC)): 2,519 Ekstraktant (TOPO): % 17,76 (w/w); Plastikleştirici (2-NPPE): % 58,87 (w/w) ; CTA: %11,69 (w/w); (◆■▲●) Sıyırma çözeltilisi: 80 mL 0.1 M HCl; (◇□△○) Besleme çözeltilisi: 80 mL (100 mg/L Ga³⁺, 1000 mg/L Zn²⁺, 600 mg/L Co²⁺, 600 mg/L Ni²⁺, 6 M HCl);Besleme ve sıyırma çözeltilisinin karıştırma hızı: 700 dev/dak]

Şekil 4.3.5. Plastikleştirici konsantrasyonu: (g 2-NPPE/(CTA+PVC)): 0,195, 0,427, 0,765, 0,516, 2,519; Sıyırma çözeltisi: 80 mL 0.1 M HCl; Besleme çözeltisi: 80 mL (100 mg/L Ga³⁺, 1000 mg/L Zn²⁺, 600 mg/L Co²⁺, 600 mg/L Ni²⁺, 6 M HCl); Besleme ve sıyırma çözeltisinin karıştırma hızı: 700 dev/dak]

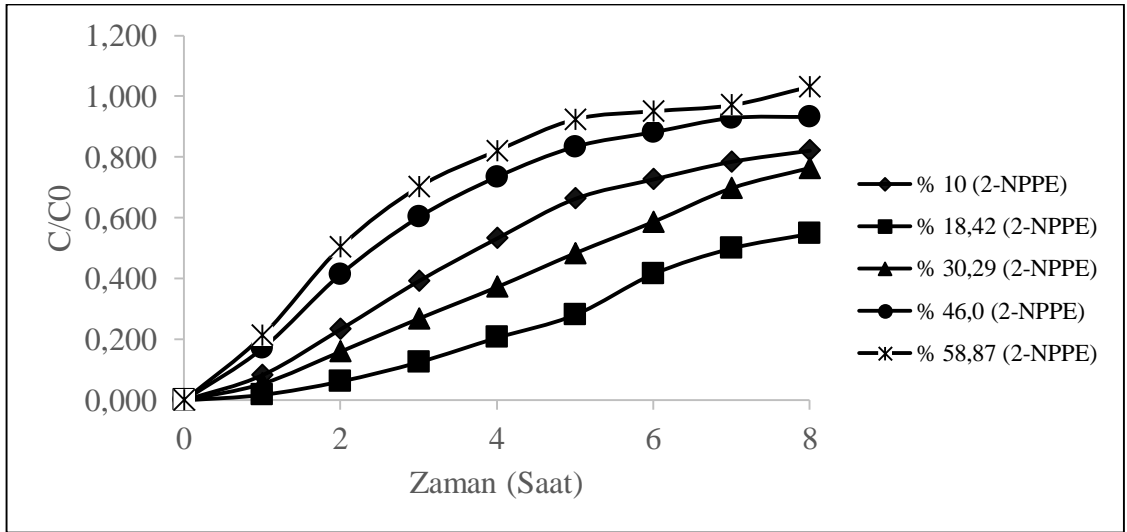
(g 2 NPPE/ (CTA+PVC))	0,195		0,427		0,765		1,516		2,519	
Zaman (saat)	C (mg/L)	C/C ₀ (-)	C (mg/L)	C/C ₀ (-)	C (mg/L)	C/C ₀ (-)	C (mg/L)	C/C ₀ (-)	C (mg/L)	C/C ₀ (-)
0	103,4	1,000	104,4	1,000	114,0	1,000	105	1,000	105,2	1,000
1	75,7	0,732	79,1	0,758	87,8	0,770	70,0	0,667	62,0	0,589
2	58,1	0,562	69,6	0,667	74,1	0,650	45,6	0,434	40,5	0,385
3	40,0	0,387	60,9	0,583	61,8	0,542	27,8	0,265	22,2	0,211
4	24,5	0,237	50,9	0,488	50,2	0,440	16,1	0,153	10,5	0,100
5	14,6	0,141	42,3	0,405	37,7	0,331	9,9	0,094	4,3	0,041
6	7,7	0,074	33,3	0,319	25,8	0,226	5,7	0,054	2,1	0,020
7	4,6	0,045	25,1	0,240	15,3	0,135	3,1	0,030	0,58	0,006
8	0,5	0,005	18,0	0,172	8,7	0,076	1,5	0,014	0,14	0,001

Şekil 4.3.6. Plastikleştirici konsantrasyonu(g 2-NPPE) % : 10; 8,42; 30,29; 46,0; 58,87; Sıyırma çözeltisi: 80 mL 0.1 M HCl; Besleme çözeltisi: 80 mL (100 mg/L Ga³⁺, 1000 mg/L Zn²⁺, 600 mg/L Co²⁺, 600 mg/L Ni²⁺, 6 M HCl);Besleme ve sıyırma çözeltisinin karıştırma hızı: 700 dev/dak]

Plastikleştirici konsantrasyonu (% 2-NPPE)	10	18,42	30,29	46	58,87	10	18,42	30,29	46	58,87
	Besleme çözeltisi					Sıyırma çözeltisi				
Zaman (saat)	C/C _o	C/C _o	C/C _o	C/C _o	C/C _o	C/C _o	C/C _o	C/C _o	C/C _o	C/C _o
	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)
0	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1	0,732	0,758	0,770	0,667	0,589	0,083	0,018	0,055	0,170	0,212
2	0,562	0,667	0,650	0,434	0,385	0,234	0,062	0,160	0,414	0,504
3	0,387	0,583	0,542	0,265	0,211	0,393	0,125	0,269	0,602	0,702
4	0,237	0,488	0,440	0,153	0,100	0,533	0,206	0,372	0,734	0,821
5	0,141	0,405	0,331	0,094	0,041	0,663	0,282	0,484	0,833	0,924
6	0,074	0,319	0,226	0,054	0,020	0,727	0,416	0,587	0,881	0,951
7	0,045	0,240	0,135	0,030	0,006	0,785	0,500	0,697	0,928	0,971
8	0,005	0,172	0,076	0,014	0,001	0,209	0,548	0,764	0,931	1,031
J (kg/m ² s)x10 ⁻⁶	0,4036	0,3395	0,4139	0,4067	0,4128	0,3340	0,2248	0,3423	0,3843	0,4126



Şekil 4.3.5. Plastikleştirici konsantrasyonu(g 2-NPPE) % : 10; 8,42; 30,29; 46,0; 58,87; Sıyırma çözeltisi: 80 mL 0.1 M HCl; (\diamond \square \triangle \circ *) Besleme çözeltisi: 80 mL (100 mg/L Ga^{3+} , 1000 mg/L Zn^{2+} , 600 mg/L Co^{2+} , 600 mg/L Ni^{2+} , 6 M HCl);Besleme ve sıyırma çözeltisinin karıştırma hızı: 700 dev/dak]



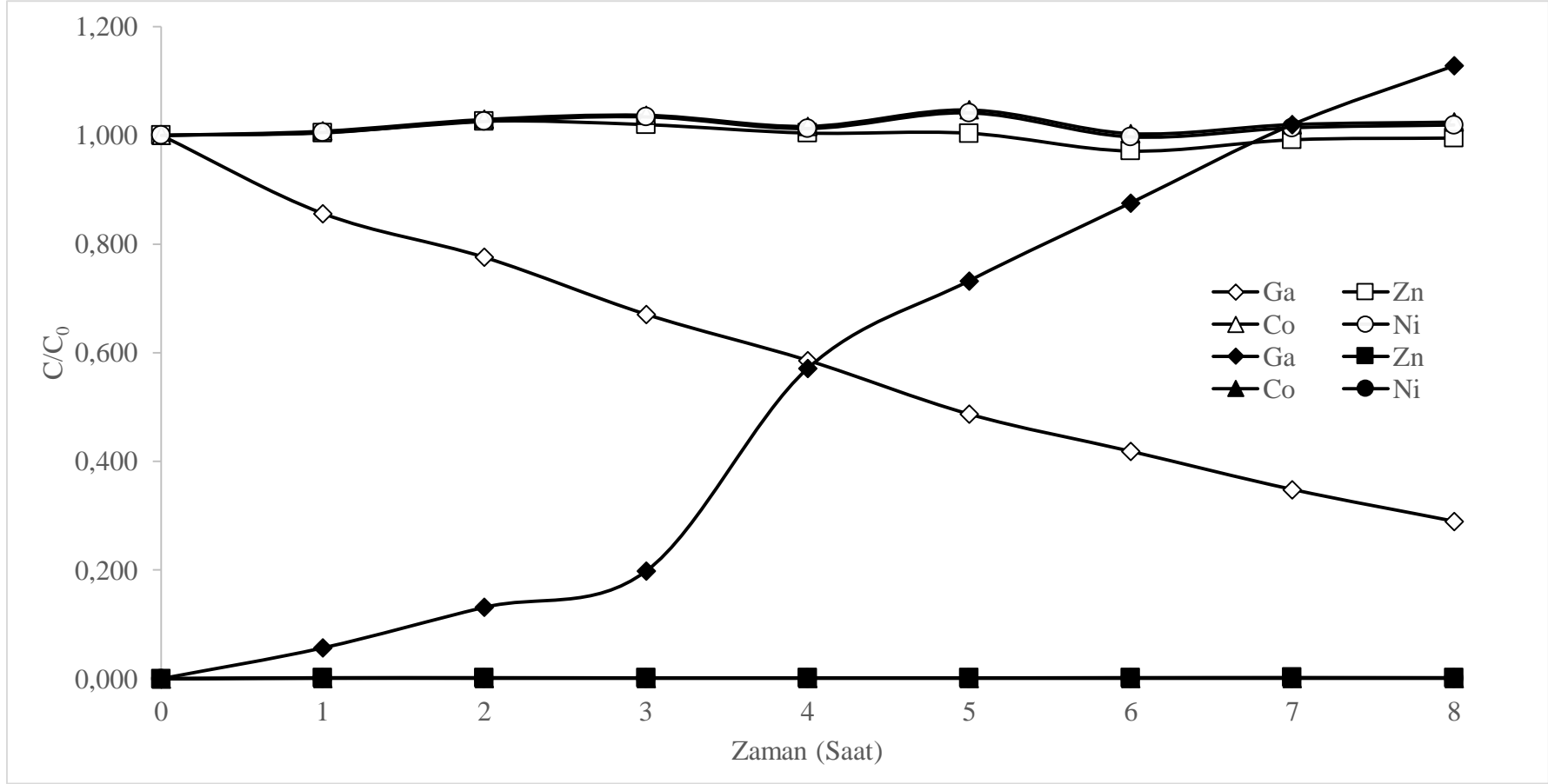
Şekil 4.3.6. Plastikleştirici konsantrasyonu(g 2-NPPE) % : 10; 8,42; 30,29; 46,0; 58,87 ; (\diamond \square \triangle \bullet *) Sıyırma çözeltisi: 80 mL 0.1 M HCl; Besleme çözeltisi: 80 mL (100 mg/L Ga^{3+} , 1000 mg/L Zn^{2+} , 600 mg/L Co^{2+} , 600 mg/L Ni^{2+} , 6 M HCl); Besleme ve sıyırma çözeltisinin karıştırma hızı: 700 dev/dak]

Tablo 4.4.1. Ekstaraktant TOPO konsantrasyonu (g TOPO/g 2-NPPE): 0,252; [Ekstraktant (TOPO): % 9,87 (w/w); Plastikleştirici (2-NPPE): % 39,12 (w/w) ; CTA: %25,53 (w/w); Sıyırma çözeltisi: 80 mL 0.1 M HCl; Besleme çözeltisi: 80 mL (100 mg/L Ga³⁺, 1000 mg/L Zn²⁺, 600 mg/L Co²⁺, 600 mg/L Ni²⁺+ Besleme çöz. HCl: 6 M HCl); Besleme ve sıyırma çözeltisi karıştırma hızı: 700 dev/dak;]

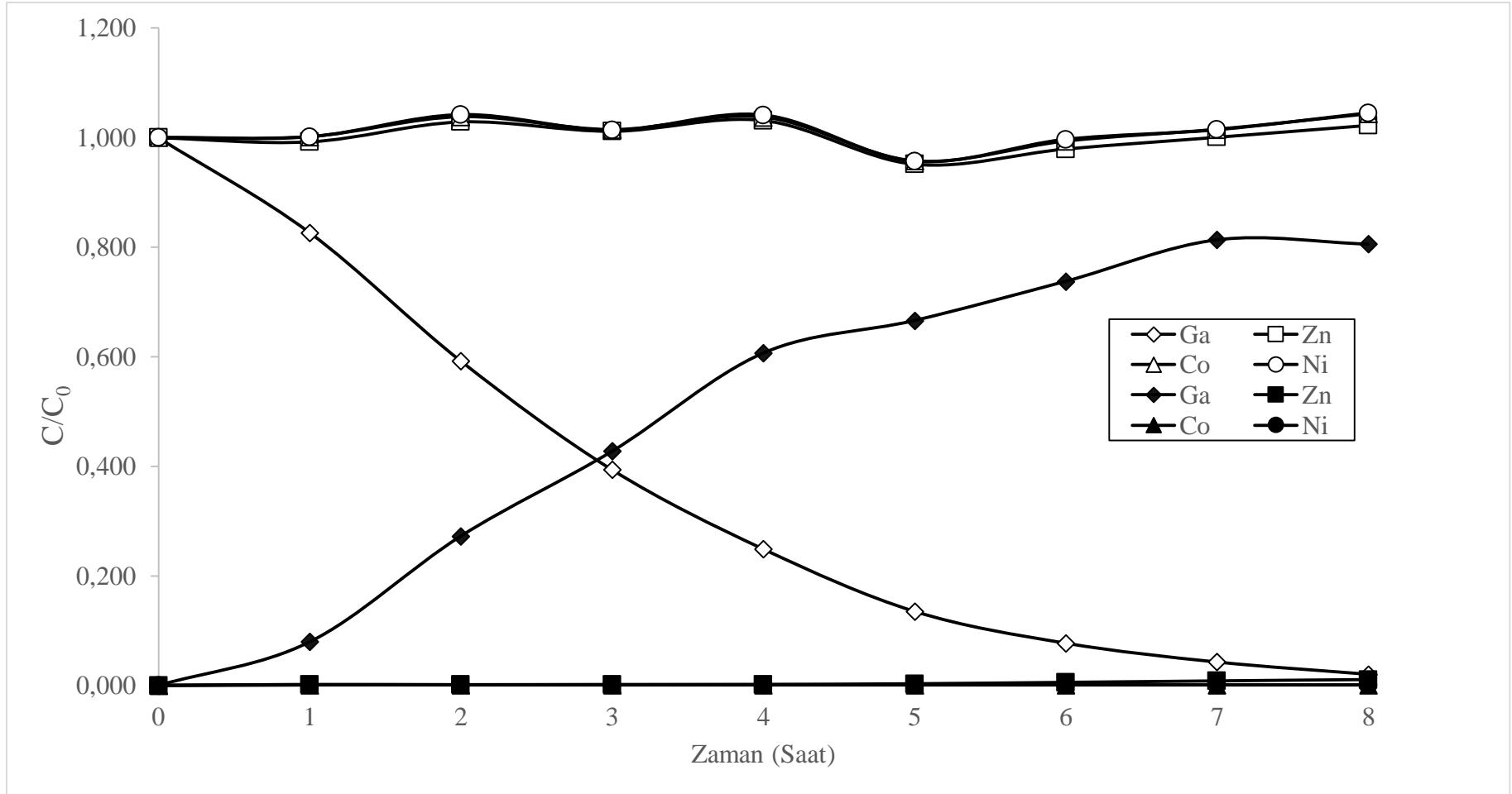
Zaman (Saat)	Besleme Çözeltisi								Sıyırma Çözeltisi							
	Ga		Zn		Co		Ni		Ga		Zn		Co		Ni	
	C, mg/L	C/C ₀	C, mg/L	C/C ₀	C, mg/L	C/C ₀	C, mg/L	C/C ₀	C, mg/L	C/C ₀	C, mg/L	C/C ₀	C, mg/L	C/C ₀	C, mg/L	C/C ₀
0	105,8	1,000	733	1,000	549	1,000	532	1,000	0,0	0,000	0,0	0,000	0,0	0,000	0,0	0,000
1	90,6	0,856	736	1,004	553	1,008	535	1,005	6,0	0,057	1,5	0,002	0,4	0,001	0,5	0,001
2	82,1	0,776	752	1,025	565	1,030	546	1,026	13,9	0,131	1,6	0,002	0,4	0,001	0,5	0,001
3	71,0	0,671	747	1,019	569	1,037	550	1,034	20,9	0,198	1,3	0,002	0,4	0,001	0,5	0,001
4	62,0	0,586	736	1,004	558	1,017	539	1,013	60,4	0,571	1,3	0,002	0,4	0,001	0,5	0,001
5	51,5	0,487	736	1,004	575	1,047	554	1,041	77,5	0,732	1,3	0,002	0,4	0,001	0,5	0,001
6	44,3	0,419	712	0,971	551	1,004	531	0,997	92,7	0,876	1,6	0,002	0,4	0,001	0,5	0,001
7	36,9	0,348	727	0,992	560	1,020	540	1,014	107,9	1,020	1,8	0,002	0,4	0,001	0,5	0,001
8	30,7	0,290	729	0,995	562	1,025	542	1,019	119,3	1,128	1,6	0,002	0,4	0,001	0,5	0,001

Tablo 4.4.2 Ekstaraktant TOPO konsantrasyonu(g TOPO/g 2-NPPE):0,527; [Ekstraktant (TOPO): % 18,56 (w/w); Plastikleştirici (2-NPPE): % 35,21 (w/w) ; CTA: %23,12 (w/w); Sıyırma çözeltisi: 80 mL 0.1 M HCl; Besleme çözeltisi: 80 mL (100 mg/L Ga³⁺, 1000 mg/L Zn²⁺, 600 mg/L Co²⁺, 600 mg/L Ni²⁺+ Besleme çöz. HCl : 6 M HCl); Besleme ve sıyırma çözeltisi karıştırma hızı: 700 dev/dak;]

Zaman (Saat)	Besleme Çözeltisi								Sıyırma Çözeltisi							
	Ga		Zn		Co		Ni		Ga		Zn		Co		Ni	
	C, mg/L	C/C ₀	C, mg/L	C/C ₀	C, mg/L	C/C ₀	C, mg/L	C/C ₀	C, mg/L	C/C ₀	C, mg/L	C/C ₀	C, mg/L	C/C ₀	C, mg/L	C/C ₀
0	101,1	1,000	712	1,000	546	1,000	527	1,000	0,0	0,000	0,0	0,000	0,0	0,000	0,0	0,000
1	83,6	0,827	706	0,993	547	1,002	527	1,001	8,0	0,079	1,2	0,002	0,4	0,001	0,5	0,001
2	59,9	0,592	732	1,029	567	1,038	549	1,042	27,5	0,273	0,9	0,001	0,4	0,001	0,5	0,001
3	39,8	0,394	720	1,012	554	1,015	534	1,014	43,2	0,427	1,2	0,002	0,4	0,001	0,5	0,001
4	25,2	0,249	734	1,032	566	1,037	548	1,041	61,3	0,607	1,3	0,002	0,4	0,001	0,5	0,001
5	13,7	0,135	677	0,952	522	0,957	504	0,957	67,3	0,666	2,1	0,003	0,4	0,001	0,5	0,001
6	7,8	0,077	697	0,979	542	0,993	525	0,997	74,6	0,738	3,8	0,005	0,4	0,001	0,5	0,001
7	4,3	0,043	712	1,001	554	1,015	534	1,014	82,2	0,813	5,7	0,008	0,4	0,001	0,5	0,001
8	2,1	0,020	728	1,023	569	1,043	550	1,045	81,4	0,806	7,4	0,010	0,4	0,001	0,5	0,001



Şekil 4.4.1 Ekstaraktant TOPO konsantrasyonu (g TOPO/g 2-NPPE): 0,252. [Ekstraktant (TOPO): % 9,87 (w/w); Plastikleştirici (2-NPPE): % 39,12 (w/w) ; CTA: %25,53 (w/w); (◆■▲●) Sıyırma çözeltisi: 80 mL 0.1 M HCl; (◇□△○) Besleme çözeltisi: 80 mL (100 mg/L Ga³⁺, 1000 mg/L Zn²⁺, 600 mg/L Co²⁺, 600 mg/L Ni²⁺, 6 M HCl); Besleme ve sıyırma çözeltisinin karıştırma hızı: 700 dev/dak]



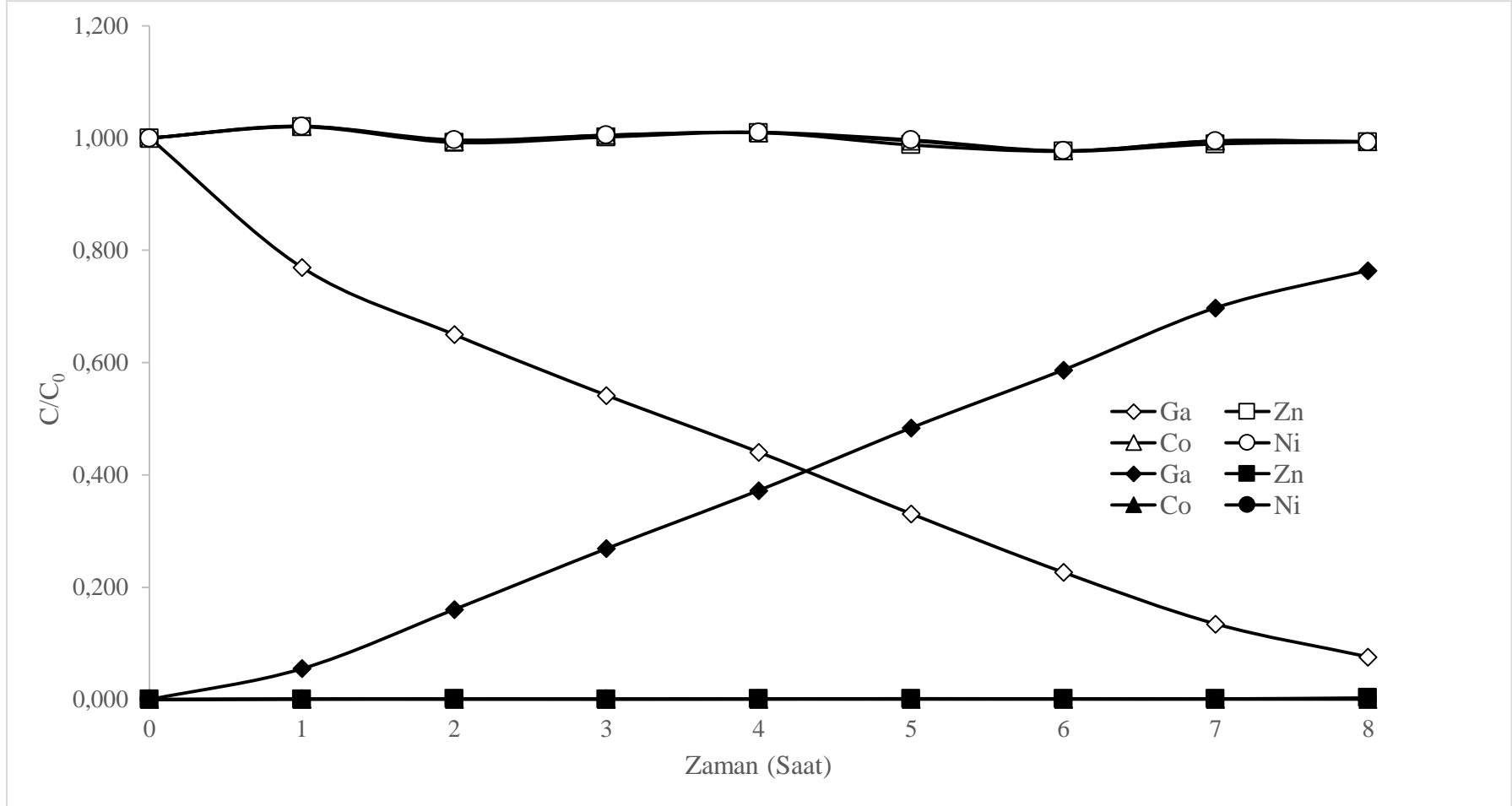
Şekil 4.4.2 Ekstaraktant TOPO konsantrasyonu (g TOPO/g 2-NPPE): 0,527; [Ekstraktant (TOPO): % 18,56 (w/w); Plastikleştirici (2-NPPE): % 35,21 (w/w); CTA: %23,12 (w/w); (◆■▲●) Sıyırma çözeltisi: 80 mL 0.1 M HCl; (◇□△○) Besleme çözeltisi: 80 mL (100 mg/L Ga³⁺, 1000 mg/L Zn²⁺, 600 mg/L Co²⁺, 600 mg/L Ni²⁺, 6 M HCl); Besleme ve sıyırma çözeltisinin karıştırma hızı: 700 dev/dak]

Tablo 4.4.3. Ekstaraktant TOPO konsantrasyonu (g TOPO/g 2-NPPE): 0,993; [Ekstraktant (TOPO): % 30,09 (w/w); Plastikleştirici (2-NPPE): % 30,29 (w/w) ; CTA: % 19,84 (w/w); Sıyırma çözeltisi: 80 mL 0.1 M HCl; Besleme çözeltisi: 80 mL (100 mg/L Ga³⁺, 1000 mg/L Zn²⁺, 600 mg/L Co²⁺, 600 mg/L Ni²⁺+ Besleme çöz. HCl : 6 M HCl); Besleme ve sıyırma çözeltisi karıştırma hızı: 700 dev/dak;]

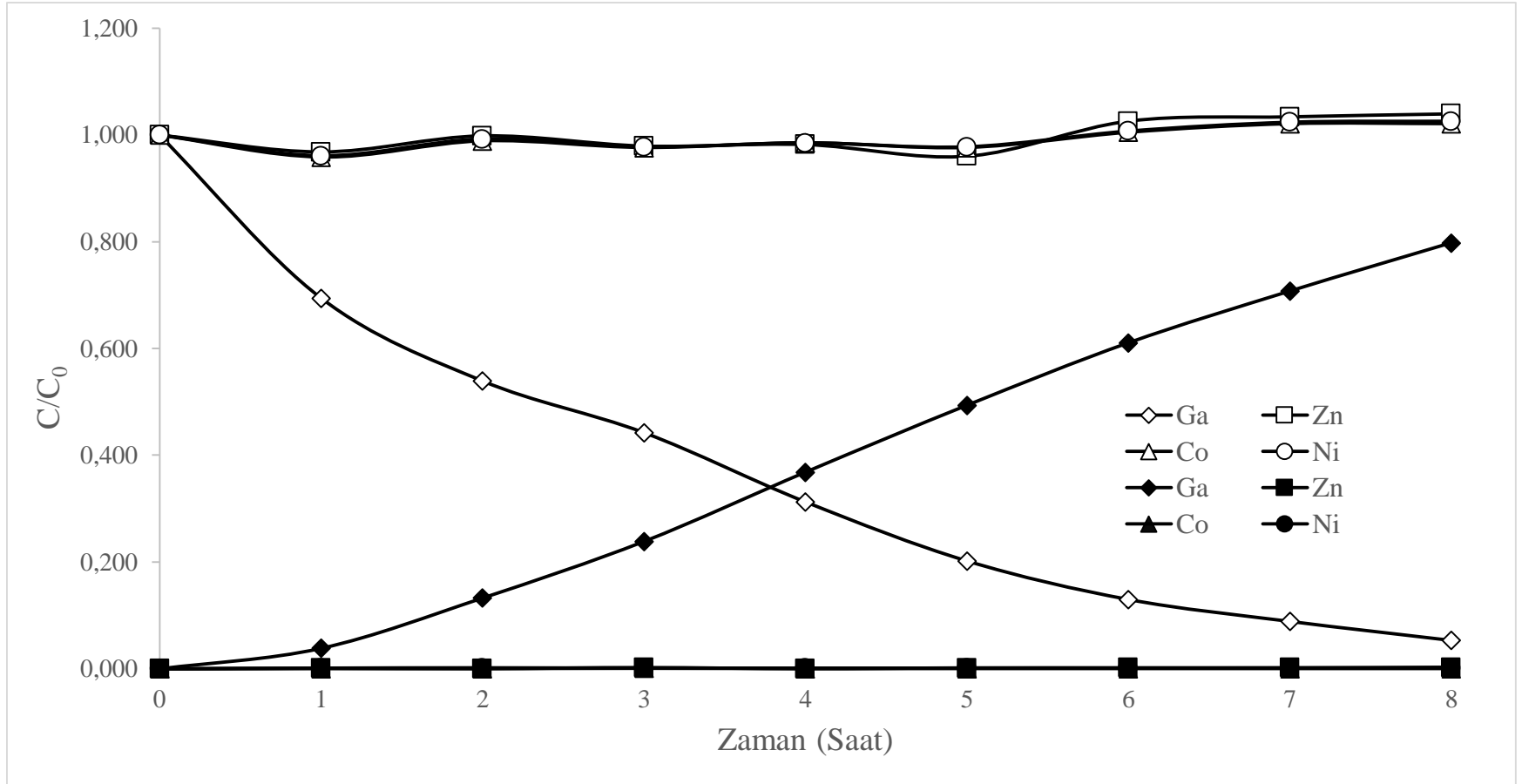
Zaman (Saat)	Besleme Çözeltisi								Sıyırma Çözeltisi							
	Ga		Zn		Co		Ni		Ga		Zn		Co		Ni	
	C, mg/L	C/C ₀	C, mg/L	C/C ₀	C, mg/L	C/C ₀	C, mg/L	C/C ₀	C, mg/L	C/C ₀	C, mg/L	C/C ₀	C, mg/L	C/C ₀	C, mg/L	C/C ₀
0	114,0	1,000	1577	1,000	719	1,000	670	1,000	0,0	0,000	0,0	0,000	0,0	0,000	0,0	0,000
1	87,8	0,770	1608	1,020	734	1,021	684	1,021	6,3	0,055	1,1	0,001	0,4	0,001	0,5	0,001
2	74,1	0,650	1564	0,992	714	0,994	668	0,997	18,3	0,160	1,4	0,001	0,4	0,001	0,5	0,001
3	61,8	0,542	1580	1,002	723	1,005	673	1,005	30,6	0,269	1,2	0,001	0,4	0,001	0,5	0,001
4	50,2	0,440	1592	1,010	726	1,010	677	1,010	42,5	0,372	1,7	0,001	0,4	0,001	0,5	0,001
5	37,7	0,331	1558	0,988	715	0,995	668	0,997	55,2	0,484	2,7	0,002	0,4	0,001	0,5	0,001
6	25,8	0,226	1539	0,976	703	0,977	655	0,977	66,9	0,587	2,1	0,001	0,4	0,001	0,5	0,001
7	15,3	0,135	1560	0,989	715	0,995	666	0,995	79,5	0,697	2,0	0,001	0,4	0,001	0,5	0,001
8	8,7	0,076	1566	0,993	714	0,994	666	0,993	87,1	0,764	5,1	0,003	0,4	0,001	0,5	0,001

Tablo 4.4.4. Ekstaraktant TOPO konsantrasyonu (g TOPO/g 2-NPPE): 1,504; [Ekstraktant (TOPO): % 39,41 (w/w); Plastikleştirici (2-NPPE): % 26,20 (w/w) ; CTA: % 17,20 (w/w); Sıyırma çözeltisi: 80 mL 0.1 M HCl; Besleme çözeltisi: 80 mL (100 mg/L Ga³⁺, 1000 mg/L Zn²⁺, 600 mg/L Co²⁺, 600 mg/L Ni²⁺+ Besleme çöz. HCl : 6 M HCl); Besleme ve sıyırma çözeltisi karıştırma hızı: 700 dev/dak;]

Zaman (Saat)	Besleme Çözeltisi								Sıyırma Çözeltisi							
	Ga		Zn		Co		Ni		Ga		Zn		Co		Ni	
	C, mg/L	C/C ₀	C, mg/L	C/C ₀	C, mg/L	C/C ₀	C, mg/L	C/C ₀	C, mg/L	C/C ₀	C, mg/L	C/C ₀	C, mg/L	C/C ₀	C, mg/L	C/C ₀
0	109,4	1,000	730	1,000	563	1,000	541	1,000	0,0	0,000	0,0	0,000	0,0	0,000	0,0	0,000
1	76,0	0,695	707	0,968	540	0,959	520	0,961	4,2	0,038	0,6	0,001	0,4	0,001	0,5	0,001
2	59,0	0,539	729	0,999	557	0,989	537	0,993	14,5	0,133	0,1	0,000	0,4	0,001	0,7	0,001
3	48,4	0,442	715	0,979	550	0,977	529	0,978	26,1	0,239	1,6	0,002	0,7	0,001	0,5	0,001
4	34,2	0,313	717	0,982	555	0,986	533	0,985	40,3	0,368	0,1	0,000	0,4	0,001	0,5	0,001
5	22,1	0,202	701	0,960	550	0,977	529	0,978	54,0	0,494	1,2	0,002	0,4	0,001	0,5	0,001
6	14,2	0,130	749	1,026	566	1,005	545	1,007	66,8	0,611	1,3	0,002	0,4	0,001	0,5	0,001
7	9,7	0,089	755	1,034	575	1,021	554	1,024	77,4	0,707	1,4	0,002	0,4	0,001	0,5	0,001
8	5,8	0,053	759	1,040	575	1,021	555	1,026	87,3	0,798	2,0	0,003	0,4	0,001	0,5	0,001



Şekil 4.4.3 Ekstaraktant TOPO konsantrasyonu (g TOPO/g 2-NPPE): 0,993; [Ekstraktant (TOPO): % 30,09 (w/w); Plastikleştirici (2-NPPE): % 30,29 (w/w) ; CTA: % 19,84 (w/w); (◆■▲●) Sıyırma çözeltisi: 80 mL 0.1 M HCl; (◇□△○) Besleme çözeltisi: 80 mL (100 mg/L Ga³⁺, 1000 mg/L Zn²⁺, 600 mg/L Co²⁺, 600 mg/L Ni²⁺, 6 M HCl); Besleme ve sıyırma çözeltisinin karıştırma hızı: 700 dev/dak]



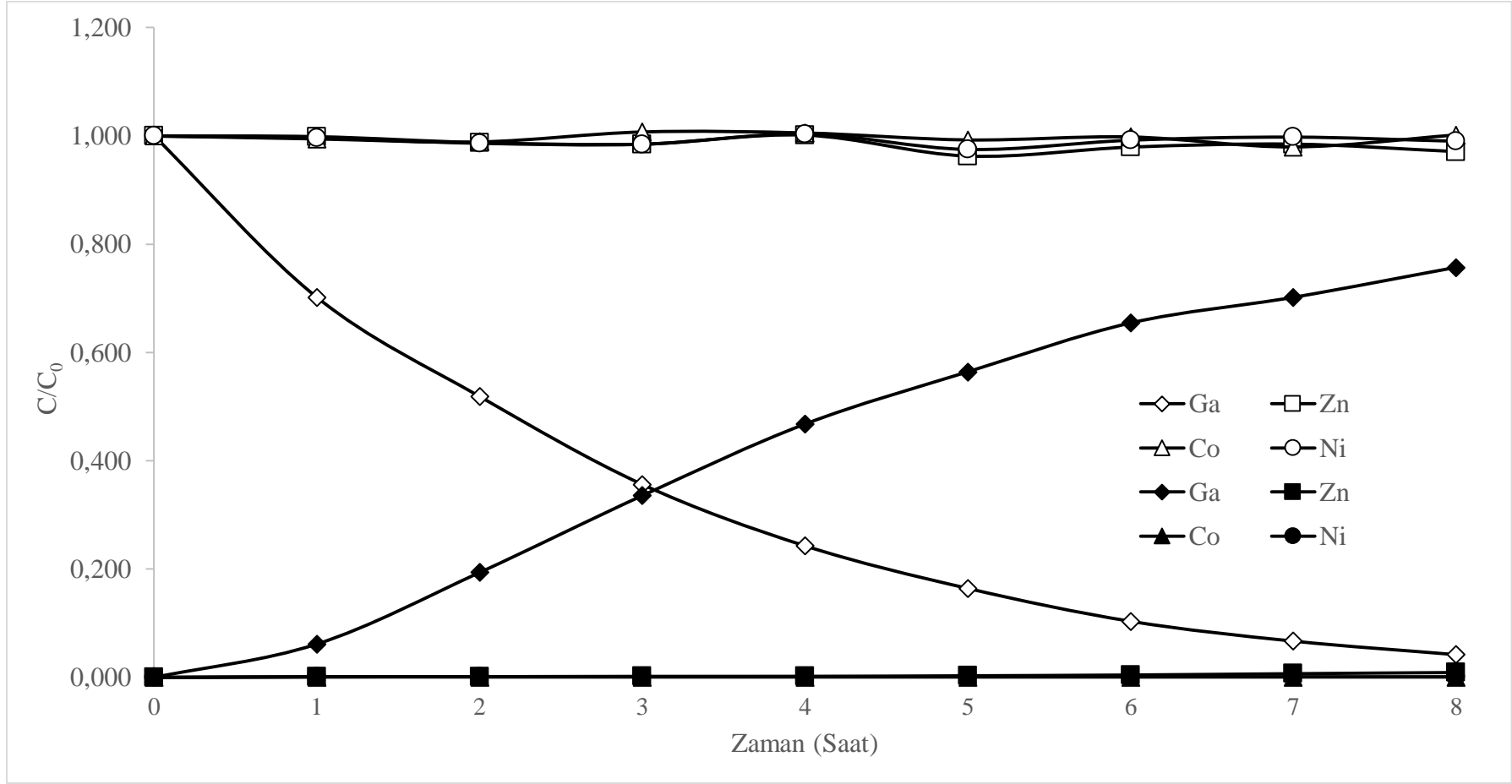
Şekil 4.4.4 Ekstaraktant TOPO konsantrasyonu (g TOPO/g 2-NPPE): 1,504; [Ekstraktant (TOPO): % 39,41 (w/w); Plastikleştirici (2-NPPE): % 26,20 (w/w); CTA: % 17,20 (w/w); (◆■▲) Sıyırma çözeltisi: 80 mL 0.1 M HCl; (◇□△○) Besleme çözeltisi: 80 mL (100 mg/L Ga³⁺, 1000 mg/L Zn²⁺, 600 mg/L Co²⁺, 600 mg/L Ni²⁺, 6 M HCl); Besleme ve sıyırma çözeltisinin karıştırma hızı: 700 dev/dak]

Tablo 4.4.5. Ekstaraktant TOPO konsantrasyonu (g TOPO/g 2-NPPE): 1,953; [Ekstraktant (TOPO): % 46,23 (w/w); Plastikleştirici (2-NPPE): % 23,67 (w/w) ; CTA: % 15,08 (w/w); Sıyırma çözeltisi: 80 mL 0.1 M HCl; Besleme çözeltisi: 80 mL (100 mg/L Ga³⁺, 1000 mg/L Zn²⁺, 600 mg/L Co²⁺, 600 mg/L Ni²⁺+ Besleme çöz. HCl : 6 M HCl); Besleme ve sıyırma çözeltisi karıştırma hızı: 700 dev/dak;]

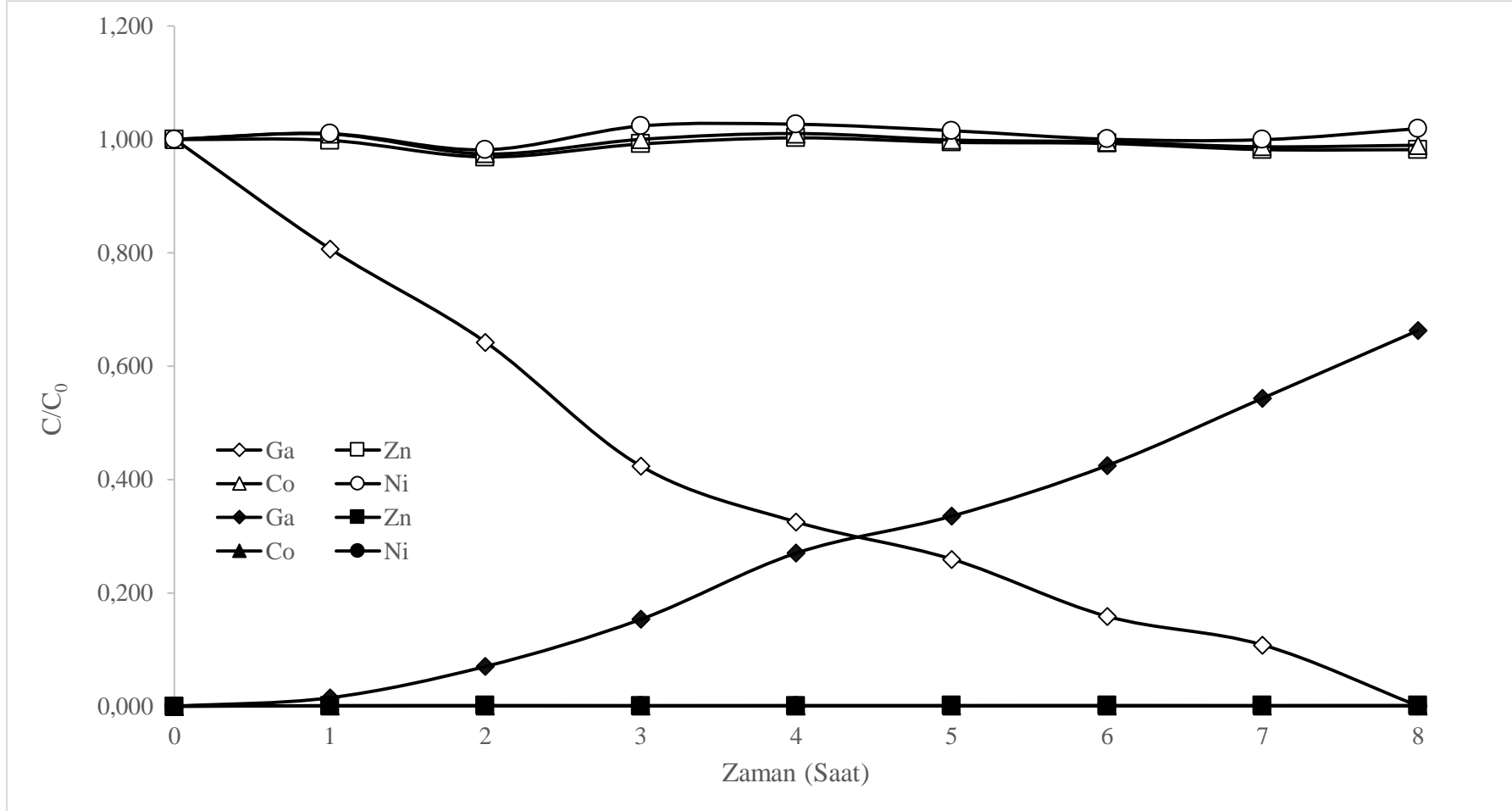
Zaman (Saat)	Besleme Çözeltisi								Sıyırma Çözeltisi							
	Ga		Zn		Co		Ni		Ga		Zn		Co		Ni	
	C, mg/L	C/C ₀	C, mg/L	C/C ₀	C, mg/L	C/C ₀	C, mg/L	C/C ₀	C, mg/L	C/C ₀	C, mg/L	C/C ₀	C, mg/L	C/C ₀	C, mg/L	C/C ₀
0	112	1,000	723	1,000	547	1,000	528	1,000	0,0	0,000	0,0	0,000	0,0	0,000	0,0	0,00
1	78,6	0,702	722	0,999	544	0,995	526	0,996	6,9	0,062	0,7	0,001	0,4	0,001	0,5	0,00
2	58,1	0,519	714	0,988	541	0,989	521	0,987	21,7	0,194	1,0	0,001	0,4	0,001	0,5	0,00
3	39,9	0,356	712	0,985	551	1,007	520	0,985	37,6	0,336	1,4	0,002	0,4	0,001	0,5	0,00
4	27,2	0,243	724	1,001	550	1,005	530	1,004	52,4	0,468	1,5	0,002	0,4	0,001	0,5	0,00
5	18,4	0,164	696	0,963	543	0,993	515	0,975	63,2	0,564	2,2	0,003	0,4	0,001	0,5	0,00
6	11,6	0,104	708	0,979	546	0,998	524	0,992	73,3	0,654	3,3	0,005	0,4	0,001	0,5	0,00
7	7,5	0,067	712	0,985	536	0,980	527	0,998	78,6	0,702	5,1	0,007	0,4	0,001	0,5	0,00
8	4,7	0,042	702	0,971	548	1,002	523	0,991	84,8	0,757	6,7	0,009	0,4	0,001	0,5	0,00

Tablo 4.4.6. Ekstaraktant TOPO konsantrasyonu(g TOPO/g 2-NPPE):2,495; [Ekstraktant (TOPO): % 51,98 (w/w); Plastikleştirici (2-NPPE): % 20,83 (w/w) ; CTA: % 13,62 (w/w); Sıyırma çözeltisi: 80 mL 0.1 M HCl; Besleme çözeltisi: 80 mL (100 mg/L Ga³⁺, 1000 mg/L Zn²⁺, 600 mg/L Co²⁺, 600 mg/L Ni²⁺+ Besleme çöz. HCl : 6 M HCl); Besleme ve sıyırma çözeltisi karıştırma hızı: 700 dev/dak]

Zaman (Saat)	Besleme Çözeltisi								Sıyırma Çözeltisi							
	Ga		Zn		Co		Ni		Ga		Zn		Co		Ni	
	C, mg/L	C/C ₀	C, mg/L	C/C ₀	C, mg/L	C/C ₀	C, mg/L	C/C ₀	C, mg/L	C/C ₀	C, mg/L	C/C ₀	C, mg/L	C/C ₀	C, mg/L	C/C ₀
0	100,3	1,000	798	1,000	600	1,000	537	1,000	0,0	0,000	0,0	0,000	0,0	0,000	0,0	0,000
1	80,9	0,807	796	0,998	605	1,009	543	1,010	1,5	0,015	0,4	0,001	0,4	0,001	0,5	0,001
2	64,4	0,642	772	0,968	585	0,975	527	0,982	7,0	0,070	0,8	0,001	0,4	0,001	0,5	0,001
3	42,4	0,423	791	0,992	600	1,000	550	1,024	15,4	0,153	0,7	0,001	0,4	0,001	0,5	0,001
4	32,6	0,325	800	1,003	606	1,010	552	1,027	27,1	0,270	0,8	0,001	0,4	0,001	0,5	0,001
5	26,0	0,259	794	0,995	599	0,999	545	1,015	33,6	0,335	0,8	0,001	0,4	0,001	0,5	0,001
6	15,9	0,158	792	0,993	597	0,995	537	1,000	42,6	0,425	0,9	0,001	0,4	0,001	0,5	0,001
7	10,8	0,108	783	0,982	592	0,987	537	0,999	54,5	0,543	0,8	0,001	0,4	0,001	0,5	0,001
8	0,1	0,000	783	0,982	594	0,990	547	1,019	66,5	0,663	1,0	0,001	0,4	0,001	0,5	0,001



Şekil 4.4.5 Ekstaraktant TOPO konsantrasyonu (g TOPO/g 2-NPPE): 1,953; [Ekstraktant (TOPO): % 46,23 (w/w); Plastikleştirici (2-NPPE): % 23,67 (w/w) ; CTA: % 15,08 (w/w); (◆■▲●) Sıyırma çözeltisi: 80 mL 0.1 M HCl; (◇□△○) Besleme çözeltisi: 80 mL (100 mg/L Ga³⁺, 1000 mg/L Zn²⁺, 600 mg/L Co²⁺, 600 mg/L Ni²⁺, 6 M HCl); Besleme ve sıyırma çözeltisinin karıştırma hızı: 700 dev/dak]



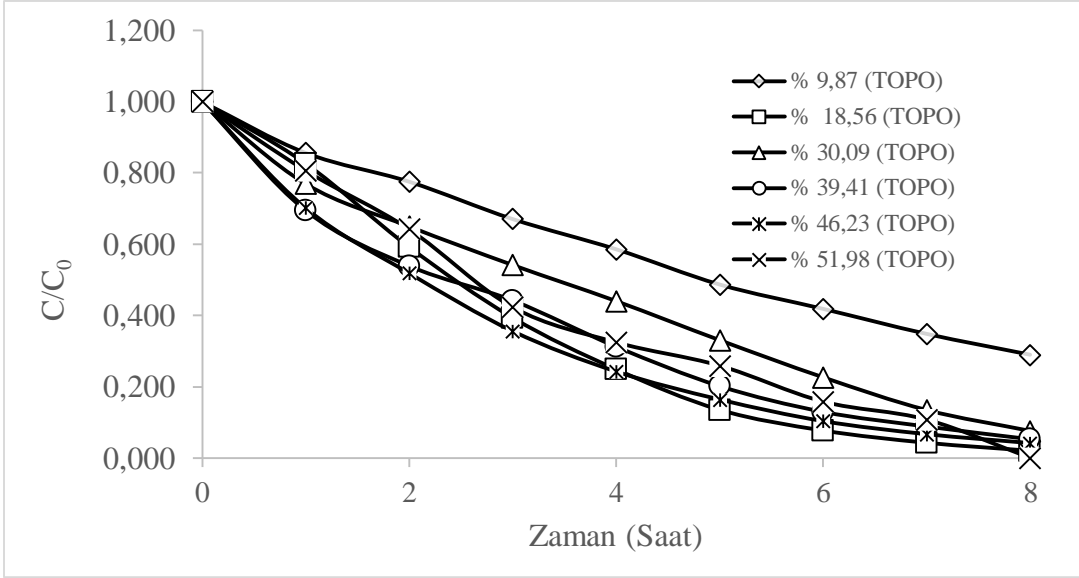
Şekil 4.4.6 Ekstaraktant TOPO konsantrasyonu (g TOPO/g 2-NPPE): 2,495; [Ekstraktant (TOPO): % 51,98 (w/w); Plastikleştirici (2-NPPE): % 20,83 (w/w); CTA: % 13,62 (w/w); (◆■▲●) Sıyırma çözeltisi: 80 mL 0.1 M HCl; (◇□△○) Besleme çözeltisi: 80 mL (100 mg/L Ga³⁺, 1000 mg/L Zn²⁺, 600 mg/L Co²⁺, 600 mg/L Ni²⁺, 6 M HCl); Besleme ve sıyırma çözeltisinin karıştırma hızı: 700 dev/dak]

Tablo 4.4.7. Ekstaraktant TOPO konsantrasyonu (g TOPO/g 2-NPPE): 0,252, 0,527, 0,993, 1,504, 1,953, 2,495 ve (TOPO (%) w/w): 9,87; 18,56; 30,09; 39,41; 46,23; 51,98; [Sıyırma çözeltisi: 80 mL 0.1 M HCl; Besleme çözeltisi: 80 mL (100 mg/L Ga³⁺, 1000 mg/L Zn²⁺, 600 mg/L Co²⁺, 600 mg/L Ni²⁺+ Besleme çöz. HCl : 6 M HCl); Besleme ve sıyırma çözeltisi karıştırma hızı: 700 dev/dak]

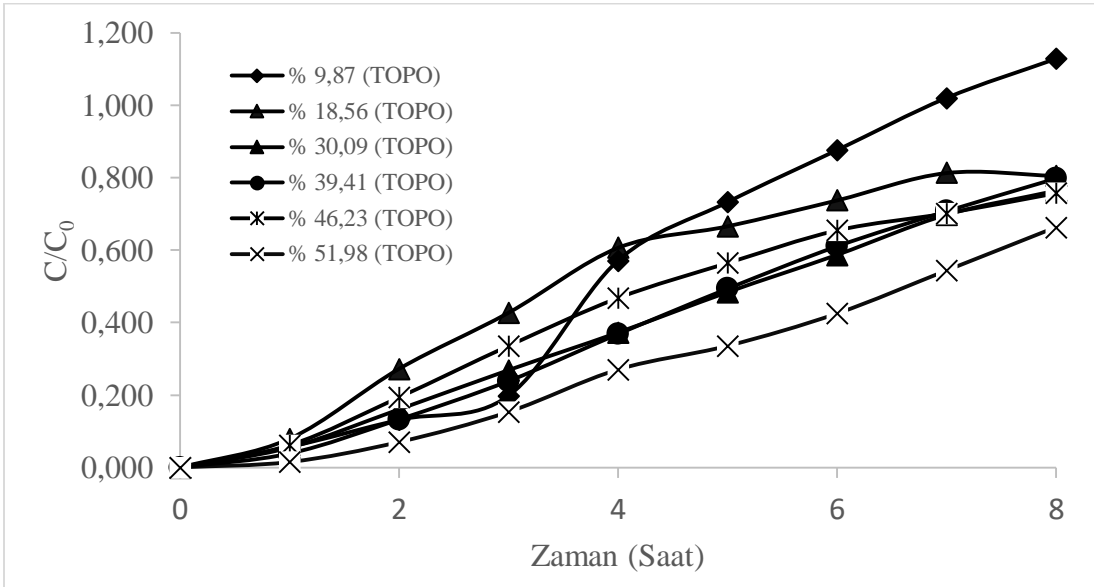
TOPO konsantrasyonu (g TOPO/g 2-NPPE)	0,252		0,527		0,993		1,504		1,953		2,495	
	% 9,87		% 18,56		% 30,09		% 39,41		% 46,23		% 51,98	
TOPO %												
Zaman (saat)	C (mg/L)	C/C ₀ (-)	C (mg/L)	C/C ₀ (-)	C (mg/L)	C/C ₀ (-)	C (mg/L)	C/C ₀ (-)	C (mg/L)	C/C ₀ (-)	C (mg/L)	C/C ₀ (-)
0	111,0	1,000	104,6	1,000	114,0	1,000	109,4	1,000	112	1,000	100,3	1,000
1	109,3	0,984	96,7	0,924	87,8	0,770	76,0	0,695	78,6	0,702	80,9	0,807
2	107,9	0,973	93,6	0,895	74,1	0,650	59,0	0,539	58,1	0,519	64,4	0,642
3	106,8	0,962	92,2	0,881	61,8	0,542	48,4	0,442	39,9	0,356	42,4	0,423
4	105,6	0,951	93,1	0,890	50,2	0,440	34,2	0,313	27,2	0,243	32,6	0,325
5	107,2	0,966	85,5	0,817	37,7	0,331	22,1	0,202	18,4	0,164	26,0	0,259
6	104,8	0,944	84,7	0,810	25,8	0,226	14,2	0,130	11,6	0,104	15,9	0,158
7	106,2	0,957	81,5	0,779	15,3	0,135	9,7	0,089	7,5	0,067	10,8	0,108
8	104,5	0,942	75,6	0,723	8,7	0,076	5,8	0,053	4,7	0,042	0,1	0,000

Tablo 4.4.8. Ekstaraktant TOPO konsantrasyonu(TOPO (%) w/w): 9,87; 18,56; 30,09; 39,41; 46,23; 51,98; [Sıyırma çözeltisi: 80 mL 0.1 M HCl; Besleme çözeltisi: 80 mL (100 mg/L Ga³⁺, 1000 mg/L Zn²⁺, 600 mg/L Co²⁺, 600 mg/L Ni²⁺+ Besleme çöz. HCl : 6 M HCl); Besleme ve sıyırma çözeltisi karıştırma hızı: 700 dev/dak]

TOPO Konsantrasyonu (% TOPO)	9,87	18,56	30,09	39,41	46,23	51,98	9,87	18,56	30,09	39,41	46,23	51,98
	Besleme çözeltisi						Sıyırma çözeltisi					
Zaman (saat)	C/C _o	C/C _o	C/C _o	C/C _o	C/C _o	C/C _o	C/C _o	C/C _o	C/C _o	C/C _o	C/C _o	C/C _o
0	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1	0,856	0,827	0,770	0,695	0,702	0,807	0,057	0,079	0,055	0,038	0,062	0,015
2	0,776	0,592	0,650	0,539	0,519	0,642	0,131	0,273	0,160	0,133	0,194	0,070
3	0,671	0,394	0,542	0,442	0,356	0,423	0,198	0,427	0,269	0,239	0,336	0,153
4	0,586	0,249	0,440	0,313	0,243	0,325	0,571	0,607	0,372	0,368	0,468	0,270
5	0,487	0,135	0,331	0,202	0,164	0,259	0,732	0,666	0,484	0,494	0,564	0,335
6	0,419	0,077	0,226	0,130	0,104	0,158	0,876	0,738	0,587	0,611	0,654	0,425
7	0,348	0,043	0,135	0,089	0,067	0,108	1,020	0,813	0,697	0,707	0,702	0,543
8	0,290	0,020	0,076	0,053	0,042	0,000	1,128	0,806	0,764	0,798	0,757	0,663
J (kg/m ² s)x10 ⁻⁶	0,2951	0,3890	0,4138	0,4071	0,4216	0,3939	0,4134	0,3238	0,3423	0,3431	0,3332	0,2613



Şekil 4.4.7 Ekstaraktant TOPO konsantrasyonu (TOPO (%) w/w): 9,87; 18,56; 30,09; 39,41; 46,23; 51,98; [Ekstaraktant (TOPO): % 51,98 (w/w); Sıyırma çözeltisi: 80 mL 0.1 M HCl; ($\diamond \square \triangle \circ * x$) Besleme çözeltisi: 80 mL (100 mg/L Ga^{3+} , 1000 mg/L Zn^{2+} , 600 mg/L Co^{2+} , 600 mg/L Ni^{2+} , 6 M HCl); Besleme ve sıyırma çözeltisinin karıştırma hızı: 700 dev/dak]



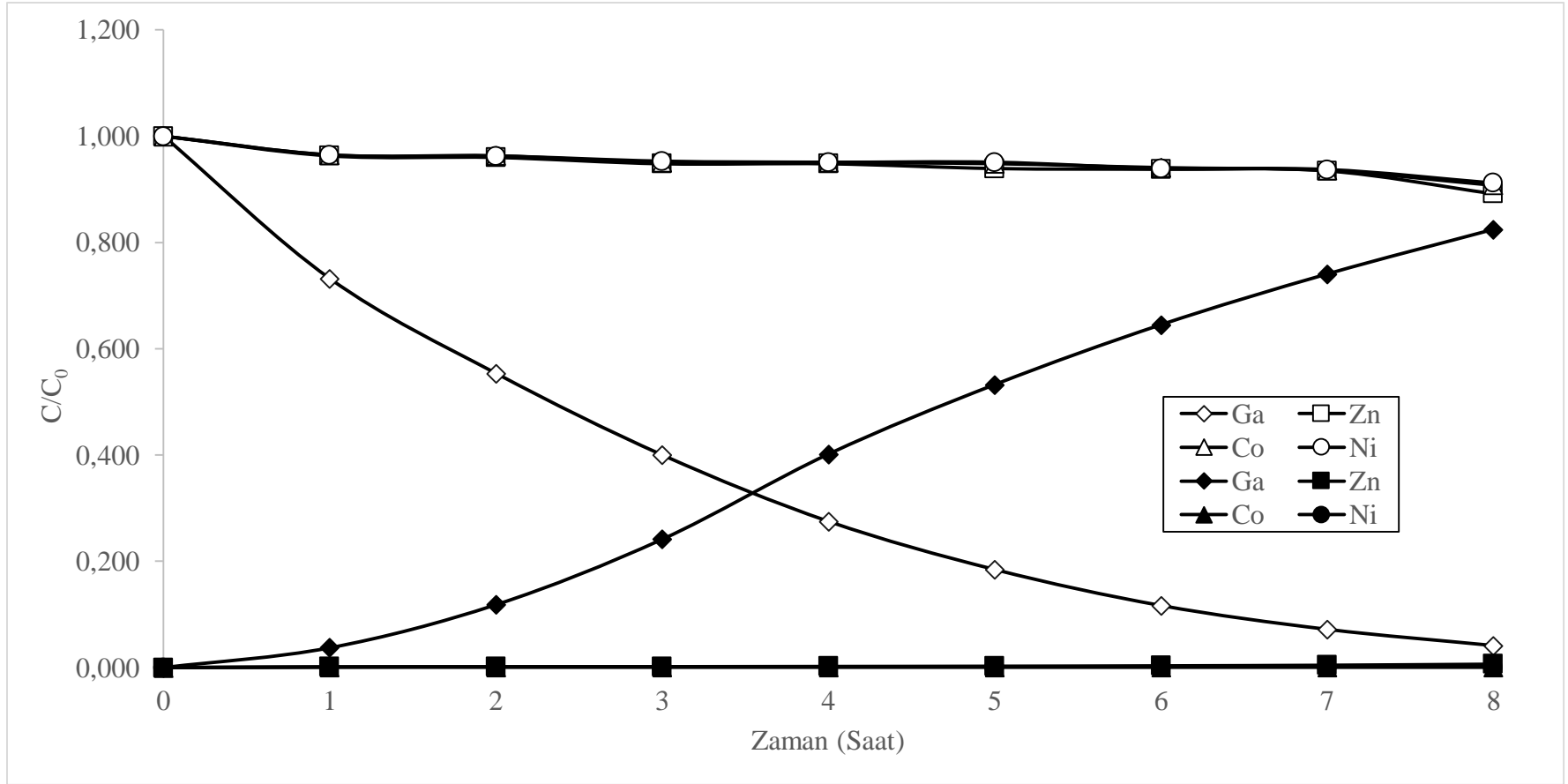
Şekil 4.4.8. Ekstaraktant TOPO konsantrasyonu (TOPO (%) w/w): 9,87; 18,56; 30,09; 39,41; 46,23; 51,98; [Ekstaraktant (TOPO): % 51,98 (w/w); ($\blacklozenge \blacksquare \blacktriangle \bullet * x$) Sıyırma çözeltisi: 80 mL 0.1 M HCl; Besleme çözeltisi: 80 mL (100 mg/L Ga^{3+} , 1000 mg/L Zn^{2+} , 600 mg/L Co^{2+} , 600 mg/L Ni^{2+} , 6 M HCl); Besleme ve sıyırma çözeltisinin karıştırma hızı: 700 dev/dak]

Tablo 4.5.1. Sıyırma çözeltisi HCl konsantrasyonu: 0 M HCl (Saf su). [Ekstraktant (TOPO): % 30,31 (w/w); Plastikleştirici (2-NPPE): % 30,09 (w/w) ; CTA: %19,77 (w/w); Sıyırma çözeltisi: 80 mL 0 M HCl; Besleme çözeltisi: 80 mL (100 mg/L Ga³⁺, 1000 mg/L Zn²⁺, 600 mg/L Co²⁺, 600 mg/L Ni²⁺+ Besleme çöz. HCl : 6 M HCl); Besleme ve sıyırma çözeltisi karıştırma hızı: 700 dev/dak;]

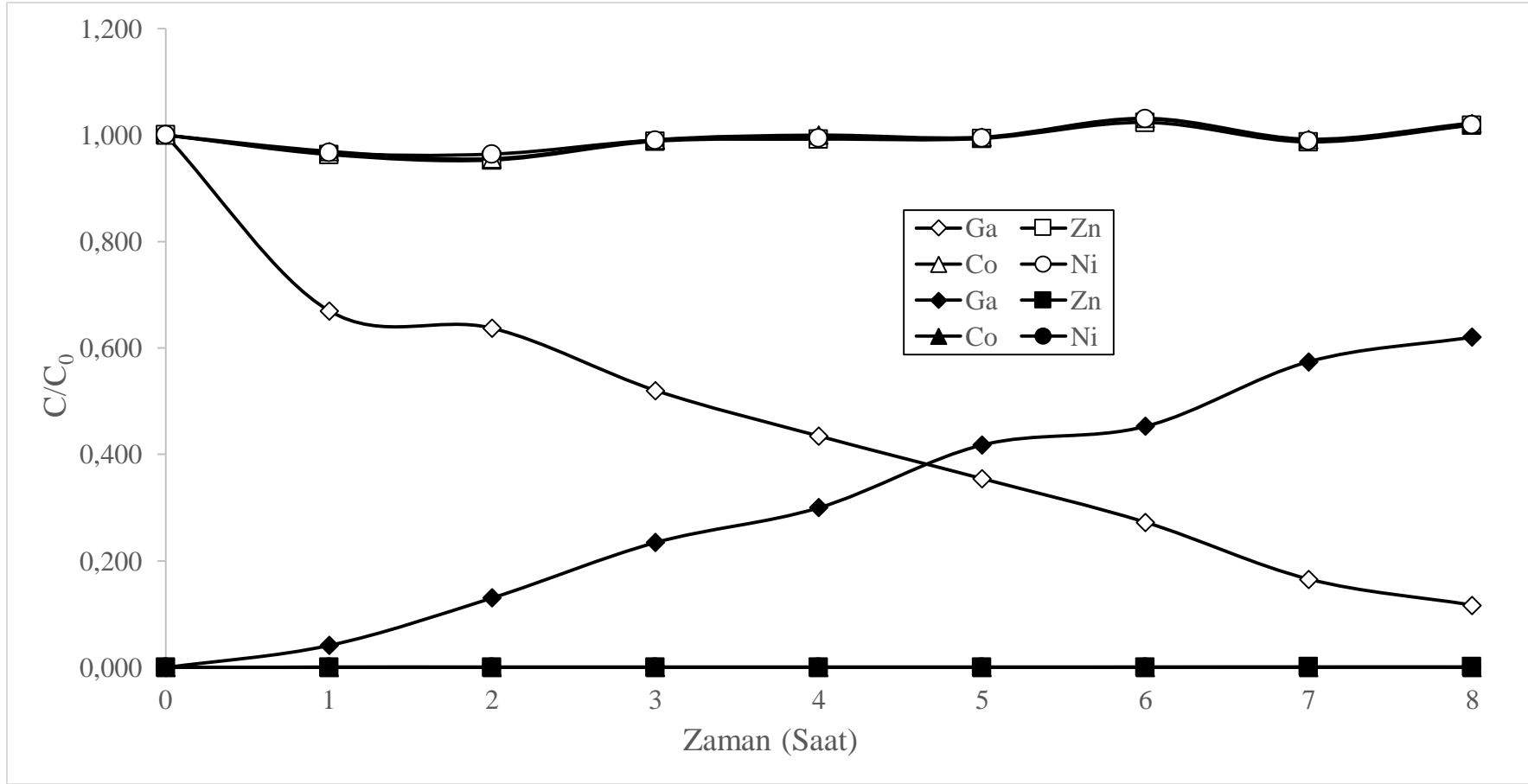
Zaman (Saat)	Besleme Çözeltisi								Sıyırma Çözeltisi							
	Ga		Zn		Co		Ni		Ga		Zn		Co		Ni	
	C, mg/L	C/C ₀	C, mg/L	C/C ₀	C, mg/L	C/C ₀	C, mg/L	C/C ₀	C, mg/L	C/C ₀	C, mg/L	C/C ₀	C, mg/L	C/C ₀	C, mg/L	C/C ₀
0	104,8	1,000	676	1,000	543	1,000	511	1,000	0,0	0,000	0,0	0,000	0,0	0,000	0,0	0,000
1	76,7	0,732	651	0,963	524	0,965	493	0,965	3,9	0,037	0,8	0,001	0,4	0,001	0,5	0,001
2	58,0	0,553	649	0,960	523	0,963	492	0,963	12,4	0,118	1,1	0,002	0,4	0,001	0,5	0,001
3	41,9	0,400	641	0,948	516	0,950	487	0,953	25,3	0,241	1,2	0,002	0,4	0,001	0,5	0,001
4	28,8	0,275	641	0,948	516	0,950	486	0,951	42,1	0,402	1,5	0,002	0,4	0,001	0,5	0,001
5	19,3	0,184	635	0,939	515	0,948	486	0,951	55,8	0,532	1,8	0,003	0,4	0,001	0,5	0,001
6	12,2	0,116	634	0,938	511	0,941	480	0,939	67,6	0,645	2,3	0,003	0,4	0,001	0,5	0,001
7	7,5	0,072	632	0,935	508	0,936	479	0,937	77,6	0,740	3,1	0,005	0,4	0,001	0,5	0,001
8	4,3	0,041	603	0,892	493	0,908	466	0,912	86,4	0,824	4,5	0,007	0,4	0,001	0,5	0,001

Tablo 4.5.2. Sıyırma çözeltisi HCl konsantrasyonu: 0,02 M HCl; [Ekstraktant (TOPO): % 30,09 (w/w); Plastikleştirici (2-NPPE): % 30,29 (w/w) ; CTA: %19,84 (w/w); Sıyırma çözeltisi: 80 mL 0,02 M HCl; Besleme çözeltisi: 80 mL (100 mg/L Ga³⁺, 1000 mg/L Zn²⁺, 600 mg/L Co²⁺, 600 mg/L Ni²⁺+ Besleme çöz. HCl : 6 M HCl); Besleme ve sıyırma çözeltisi karıştırma hızı: 700 dev/dak;]

Zaman (Saat)	Besleme Çözeltisi								Sıyırma Çözeltisi							
	Ga		Zn		Co		Ni		Ga		Zn		Co		Ni	
	C, mg/L	C/C ₀	C, mg/L	C/C ₀	C, mg/L	C/C ₀	C, mg/L	C/C ₀	C, mg/L	C/C ₀	C, mg/L	C/C ₀	C, mg/L	C/C ₀	C, mg/L	C/C ₀
0	108,6	1,000	762	1,000	789	1,000	729	1,000	0,0	0,000	0,0	0,000	0,0	0,000	0,0	0,000
1	72,8	0,670	734	0,963	765	0,970	705	0,967	4,5	0,041	0,3	0,000	0,4	0,001	0,5	0,001
2	69,2	0,637	726	0,953	754	0,956	703	0,964	14,2	0,131	0,3	0,000	0,4	0,001	0,5	0,001
3	56,5	0,520	753	0,988	782	0,991	722	0,990	25,5	0,235	0,4	0,001	0,4	0,001	0,5	0,001
4	47,2	0,435	756	0,992	789	1,000	725	0,995	32,6	0,300	0,4	0,001	0,4	0,001	0,5	0,001
5	38,5	0,355	757	0,993	786	0,996	725	0,995	45,4	0,418	0,3	0,000	0,4	0,001	0,5	0,001
6	29,6	0,273	780	1,024	814	1,032	751	1,030	49,2	0,453	0,5	0,001	0,4	0,001	0,5	0,001
7	18,0	0,166	752	0,987	783	0,992	721	0,989	62,4	0,575	0,6	0,001	0,4	0,001	0,5	0,001
8	12,7	0,117	776	1,018	807	1,023	743	1,019	67,4	0,621	0,6	0,001	0,4	0,001	0,5	0,001



Şekil 4.5.1 . Sıyırma çözeltisi HCl konsantrasyonu: 0 M HCl (Saf su); [Ektraktant (TOPO): % 30,31 (w/w); Plastikleştirici (2-NPPE): % 30,09 (w/w) ; CTA: %19,77 (w/w); (◆■▲●) Sıyırma çözeltisi: 80 mL 0 M HCl; (◇□△○) Besleme çözeltisi: 80 mL (100 mg/L Ga³⁺, 1000 mg/L Zn²⁺, 600 mg/L Co²⁺, 600 mg/L Ni²⁺, 6 M HCl); Besleme ve sıyırma çözeltisinin karıştırma hızı: 700 dev/dak]



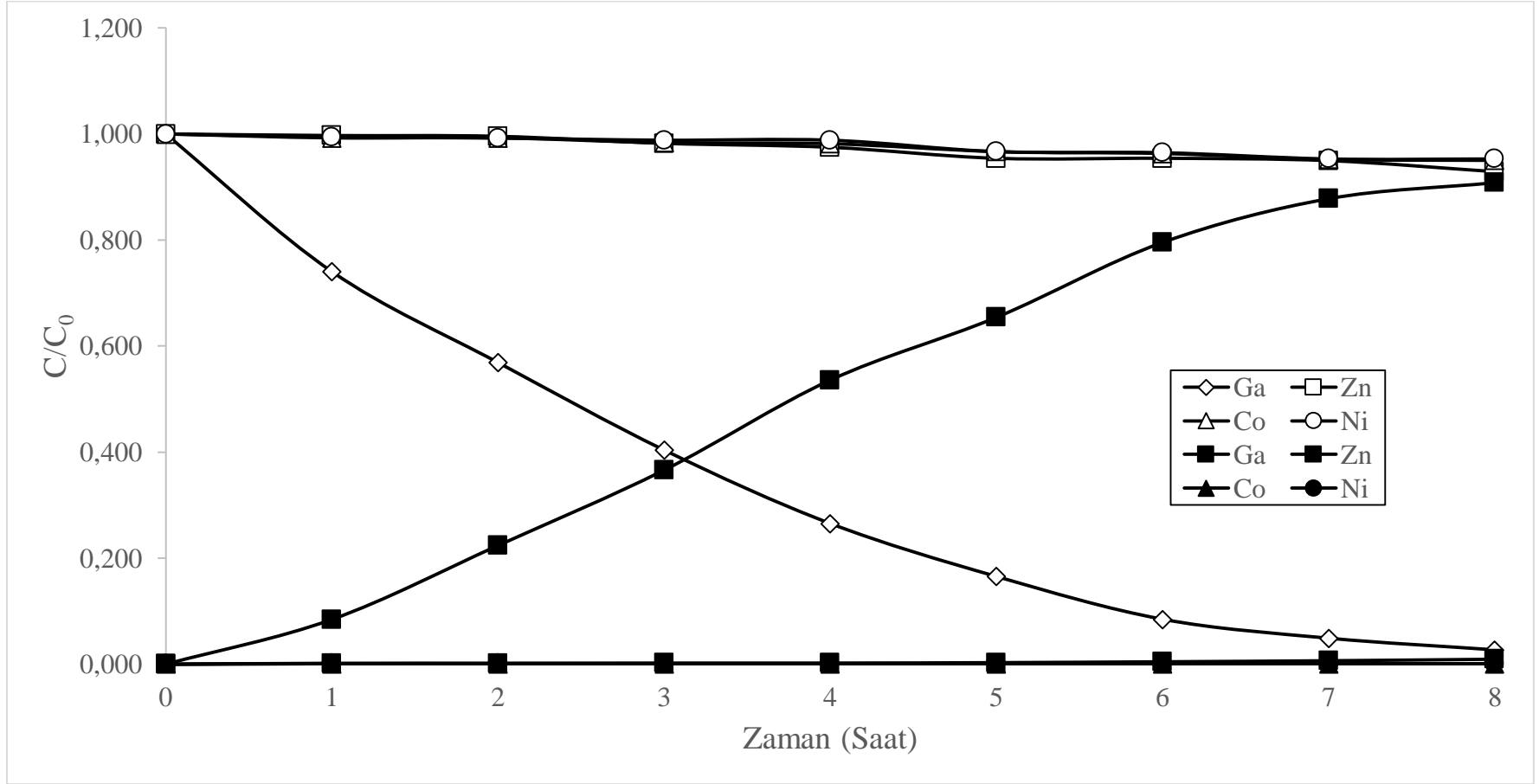
Şekil 4.5.2. Sıyırma çözeltisi HCl konsantrasyonu: 0,02 M HCl (Saf su); [Ekstraktant (TOPO): % 30,31 (w/w); Plastikleştirici (2-NPPE): % 30,29 (w/w) ; CTA: %19,84 (w/w); (◆■▲●) Sıyırma çözeltisi: 80 mL 0,02 M HCl; (◇□△○) Besleme çözeltisi: 80 mL (100 mg/L Ga³⁺, 1000 mg/L Zn²⁺, 600 mg/L Co²⁺, 600 mg/L Ni²⁺, 6 M HCl); Besleme ve sıyırma çözeltisinin karıştırma hızı: 700 dev/dak]

Tablo 4.5.3. Sıyırma çözeltisi HCl konsantrasyonu: 0,05 M HCl; [Ekstraktant (TOPO): % 29,87 (w/w); Plastikleştirici (2-NPPE): % 30,42 (w/w) ; CTA: %19,87 (w/w); Sıyırma çözeltisi: 80 mL 0,05 M HCl; Besleme çözeltisi: 80 mL (100 mg/L Ga³⁺, 1000 mg/L Zn²⁺, 600 mg/L Co²⁺, 600 mg/L Ni²⁺+ Besleme çöz. HCl : 6 M HCl); Besleme ve sıyırma çözeltisi karıştırma hızı: 700 dev/dak;]

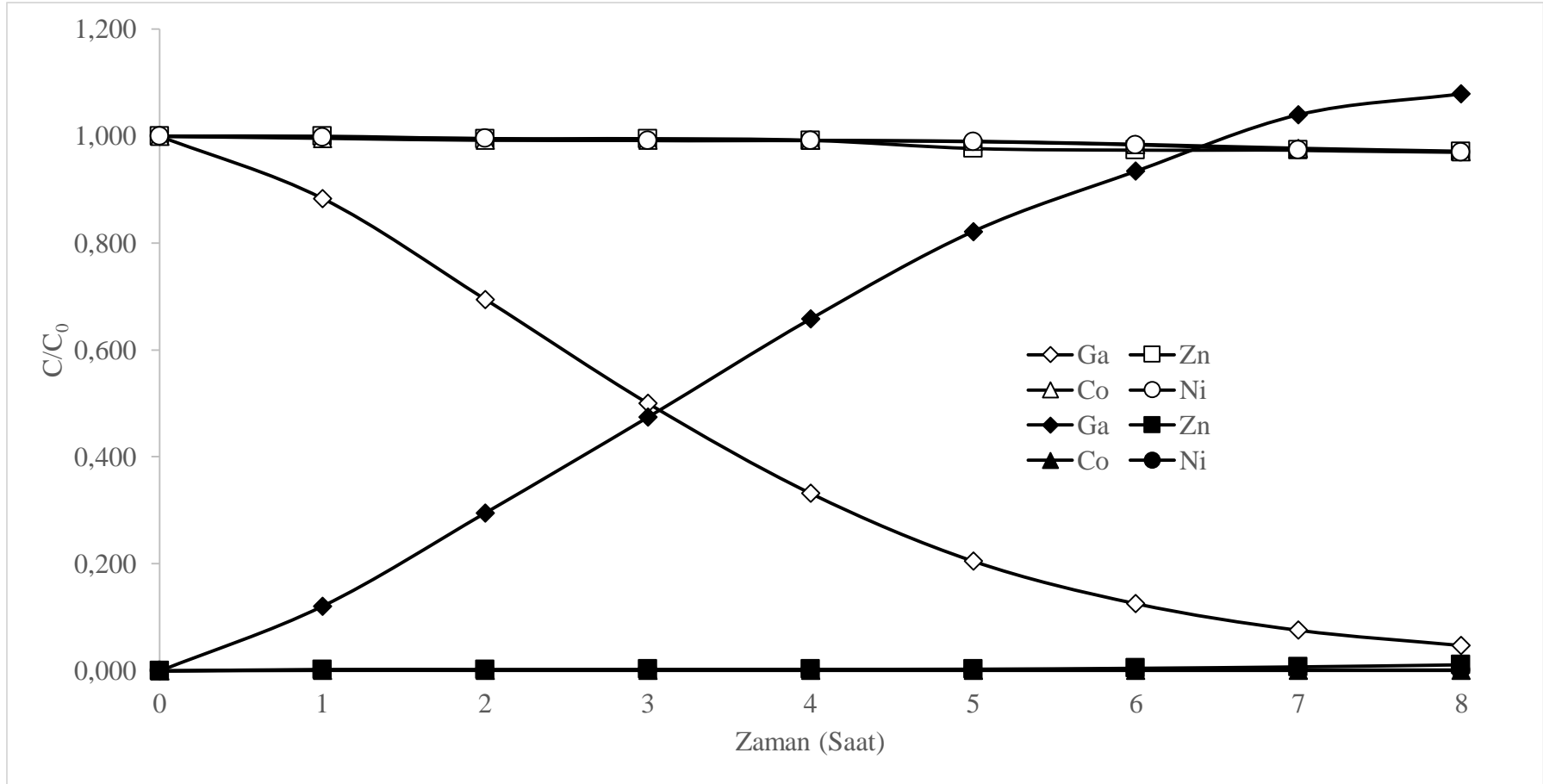
Zaman (Saat)	Besleme Çözeltisi								Sıyırma Çözeltisi							
	Ga		Zn		Co		Ni		Ga		Zn		Co		Ni	
	C, mg/L	C/C ₀	C, mg/L	C/C ₀	C, mg/L	C/C ₀	C, mg/L	C/C ₀	C, mg/L	C/C ₀	C, mg/L	C/C ₀	C, mg/L	C/C ₀	C, mg/L	C/C ₀
0	109	1,000	673	1,000	543	1,000	511	1,000	0,0	0,000	0,0	0,000	0,0	0,000	0,0	0,000
1	80,7	0,740	671	0,997	539	0,993	508	0,994	9,2	0,084	1,2	0,002	0,4	0,001	0,5	0,001
2	62,0	0,569	670	0,996	539	0,993	507	0,992	24,4	0,224	1,3	0,002	0,4	0,001	0,5	0,001
3	44,0	0,404	661	0,982	534	0,983	505	0,988	39,9	0,366	1,5	0,002	0,4	0,001	0,5	0,001
4	28,9	0,265	656	0,975	533	0,982	505	0,988	58,4	0,536	1,5	0,002	0,4	0,001	0,5	0,001
5	18,0	0,165	642	0,954	525	0,967	494	0,967	71,3	0,654	2,0	0,003	0,4	0,001	0,5	0,001
6	9,2	0,084	642	0,954	523	0,963	493	0,965	86,7	0,795	3,1	0,005	0,4	0,001	0,5	0,001
7	5,3	0,049	639	0,949	517	0,952	487	0,953	95,7	0,878	4,4	0,007	0,4	0,001	0,5	0,001
8	2,9	0,027	625	0,929	516	0,950	487	0,953	99,0	0,908	6,3	0,009	0,4	0,001	0,5	0,001

Tablo 4.5.4. Sıyırma çözeltisi HCl konsantrasyonu: 0,20 M HCl; [Ekstraktant (TOPO): % 30,15 (w/w); Plastikleştirici (2-NPPE): % 30,21 (w/w) ; CTA: %19,87 (w/w); Sıyırma çözeltisi: 80 mL 0,20 M HCl; Besleme çözeltisi: 80 mL (100 mg/L Ga³⁺, 1000 mg/L Zn²⁺, 600 mg/L Co²⁺, 600 mg/L Ni²⁺+ Besleme çöz. HCl : 6 M HCl); Besleme ve sıyırma çözeltisi karıştırma hızı: 700 dev/dak;]

Zaman (Saat)	Besleme Çözeltisi								Sıyırma Çözeltisi							
	Ga		Zn		Co		Ni		Ga		Zn		Co		Ni	
	C, mg/L	C/C ₀	C, mg/L	C/C ₀	C, mg/L	C/C ₀	C, mg/L	C/C ₀	C, mg/L	C/C ₀	C, mg/L	C/C ₀	C, mg/L	C/C ₀	C, mg/L	C/C ₀
0	84,3	1,000	652	1,000	531	1,000	501	1,000	0,0	0,000	0,0	0,000	0,0	0,000	0,0	0,000
1	74,5	0,884	652	1,000	529	0,996	500	0,998	10,2	0,121	1,7	0,003	0,4	0,001	0,5	0,001
2	58,6	0,695	649	0,995	527	0,992	499	0,996	24,9	0,295	1,7	0,003	0,4	0,001	0,5	0,001
3	42,2	0,501	649	0,995	527	0,992	497	0,992	40,0	0,474	1,8	0,003	0,4	0,001	0,5	0,001
4	28,0	0,332	647	0,992	527	0,992	497	0,992	55,5	0,658	1,9	0,003	0,4	0,001	0,5	0,001
5	17,3	0,205	637	0,977	526	0,991	496	0,990	69,3	0,822	2,1	0,003	0,4	0,001	0,5	0,001
6	10,6	0,126	635	0,974	523	0,985	493	0,984	78,8	0,935	3,2	0,005	0,4	0,001	0,5	0,001
7	6,4	0,076	635	0,974	519	0,977	488	0,974	87,7	1,040	4,9	0,008	0,4	0,001	0,5	0,001
8	4,0	0,047	633	0,971	516	0,972	486	0,970	91,0	1,079	7,4	0,011	0,4	0,001	0,5	0,001



Şekil 4.5.3. Sıyırma çözeltisi HCl konsantrasyonu: 0,05 M HCl; [Ekstraktant (TOPO): % 29,87 (w/w); Plastikleştirici (2-NPPE): % 30,42 (w/w) ; CTA: % 19,87 (w/w); (◆■▲●) Sıyırma çözeltisi: 80 mL 0,05 M HCl; (◇□△○) Besleme çözeltisi: 80 mL (100 mg/L Ga³⁺, 1000 mg/L Zn²⁺, 600 mg/L Co²⁺, 600 mg/L Ni²⁺, 6 M HCl); Besleme ve sıyırma çözeltisinin karıştırma hızı: 700 dev/dak]



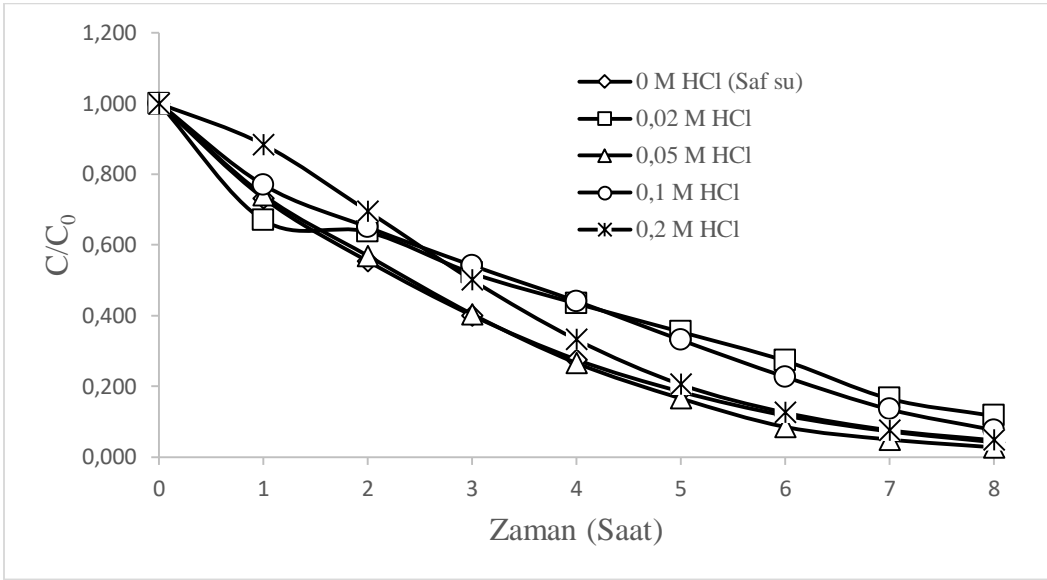
Şekil 4.5.4. Sıyırma çözeltisi HCl konsantrasyonu: 0,20 M HCl; [Ekstraktant (TOPO): % 30,15 (w/w); Plastikleştirici (2-NPPE): % 30,21 (w/w); CTA: %19,87 (w/w); (◆■▲●) Sıyırma çözeltisi: 80 mL 0,20 M HCl; (◇□△○) Besleme çözeltisi: 80 mL (100 mg/L Ga³⁺, 1000 mg/L Zn²⁺, 600 mg/L Co²⁺, 600 mg/L Ni²⁺, 6 M HCl); Besleme ve sıyırma çözeltisinin karıştırma hızı: 700 dev/dak]

Tablo 4.5.5. Sıyırma çözeltisi HCl konsantrasyonu etkisi (M HCl): 0; 0,02; 0,05; 0,10; 0,20; [Besleme çözeltisi: 80 mL (100 mg/L Ga³⁺, 1000 mg/L Zn²⁺, 600 mg/L Co²⁺, 600 mg/L Ni²⁺+ Besleme çöz. HCl : 6 M HCl); Besleme ve sıyırma çözeltisi karıştırma hızı: 700 dev/dak;]

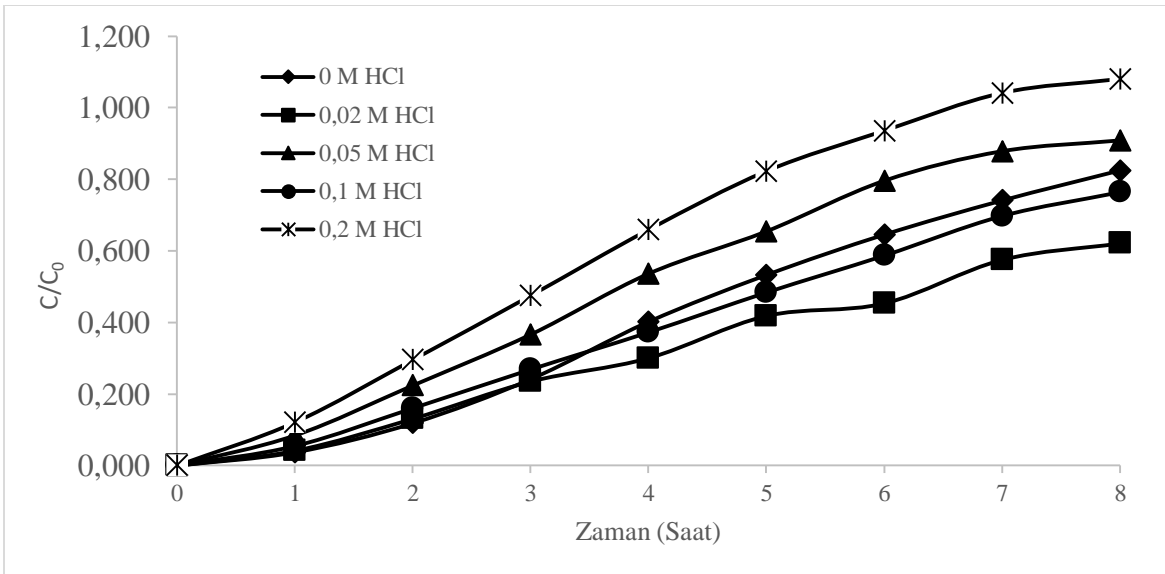
Sıyırma çözeltisi HCl konsantrasyonu (Mo/L)	0 (saf su)		0,02		0,05		0,10		0,20	
	C (mg/L)	C/C _o (-)	C (mg/L)	C/C _o (-)	C (mg/L)	C/C _o (-)	C (mg/L)	C/C _o (-)	C (mg/L)	C/C _o (-)
Zaman (saat)										
0	105,8	1,000	108,6	1,000	109,0	1,000	114,0	1,000	84,3	1,000
1	90,6	0,856	72,8	0,670	80,7	0,740	87,8	0,770	74,5	0,884
2	82,1	0,776	69,2	0,637	62,0	0,569	74,1	0,650	58,6	0,695
3	71,0	0,671	56,5	0,520	44,0	0,404	61,8	0,542	42,2	0,501
4	62,0	0,586	47,2	0,435	28,9	0,265	50,2	0,440	28,0	0,332
5	51,5	0,487	38,5	0,355	18,0	0,165	37,7	0,331	17,3	0,205
6	44,3	0,419	29,6	0,273	9,2	0,084	25,8	0,226	10,6	0,126
7	36,9	0,348	18,0	0,166	5,3	0,049	15,3	0,135	6,4	0,076
8	30,7	0,290	12,7	0,117	2,9	0,027	8,7	0,076	4,0	0,047

Tablo 4.5.6. Sıyırma çözeltisi HCl konsantrasyonu etkisi: 0; 0,02; 0,05; 0,1; 0,2; [Besleme çözeltisi: 80 mL (100 mg/L Ga³⁺, 1000 mg/L Zn²⁺, 600 mg/L Co²⁺, 600 mg/L Ni²⁺+ Besleme çöz. HCl : 6 M HCl); Besleme ve sıyırma çözeltisi karıştırma hızı: 700 dev/dak;]

Sıyırma HCl konsantrasyonu (Mol/L)	0 (Saf Su)	0,02	0,05	0,1	0,2	0 (Saf Su)	0,02	0,05	0,1	0,2
	Besleme çözeltisi					Sıyırma çözeltisi				
Zaman (saat)	C/C ₀	C/C ₀	C/C ₀	C/C ₀	C/C ₀	C/C ₀	C/C ₀	C/C ₀	C/C ₀	C/C ₀
0	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1	0,732	0,670	0,740	0,770	0,884	0,037	0,041	0,084	0,055	0,121
2	0,553	0,637	0,569	0,650	0,695	0,118	0,131	0,224	0,160	0,295
3	0,400	0,520	0,404	0,542	0,501	0,241	0,235	0,366	0,269	0,474
4	0,275	0,435	0,265	0,440	0,332	0,402	0,300	0,536	0,372	0,658
5	0,184	0,355	0,165	0,331	0,205	0,532	0,418	0,654	0,484	0,822
6	0,116	0,273	0,084	0,226	0,126	0,645	0,453	0,795	0,587	0,935
7	0,072	0,166	0,049	0,135	0,076	0,740	0,575	0,878	0,697	1,040
8	0,041	0,117	0,027	0,076	0,047	0,824	0,621	0,908	0,764	1,079
J (kg/m ² s)x10 ⁻⁶	0,3949	0,4169	0,4138	0,1658	0,3155	0,3772	0,3890	0,3423	0,1426	0,3301



Şekil 4.5.5. Sıyırma çözeltisi HCl konsantrasyonu etkisi: [Ekstraktant (TOPO): % 30,15 (w/w); Plastikleştirici (2-NPPE): % 30,21 (w/w) ; CTA: %19,87 (w/w); Sıyırma çözeltisi: 80 mL 0,02; 0,05; 0,1; 0,2 M HCl; (\diamond \square \triangle \circ $*$) Besleme çözeltisi: 80 mL (100 mg/L Ga^{3+} , 1000 mg/L Zn^{2+} , 600 mg/L Co^{2+} , 600 mg/L Ni^{2+} , 6 M HCl); Besleme ve sıyırma çözeltisinin karıştırma hızı: 700 dev/dak]



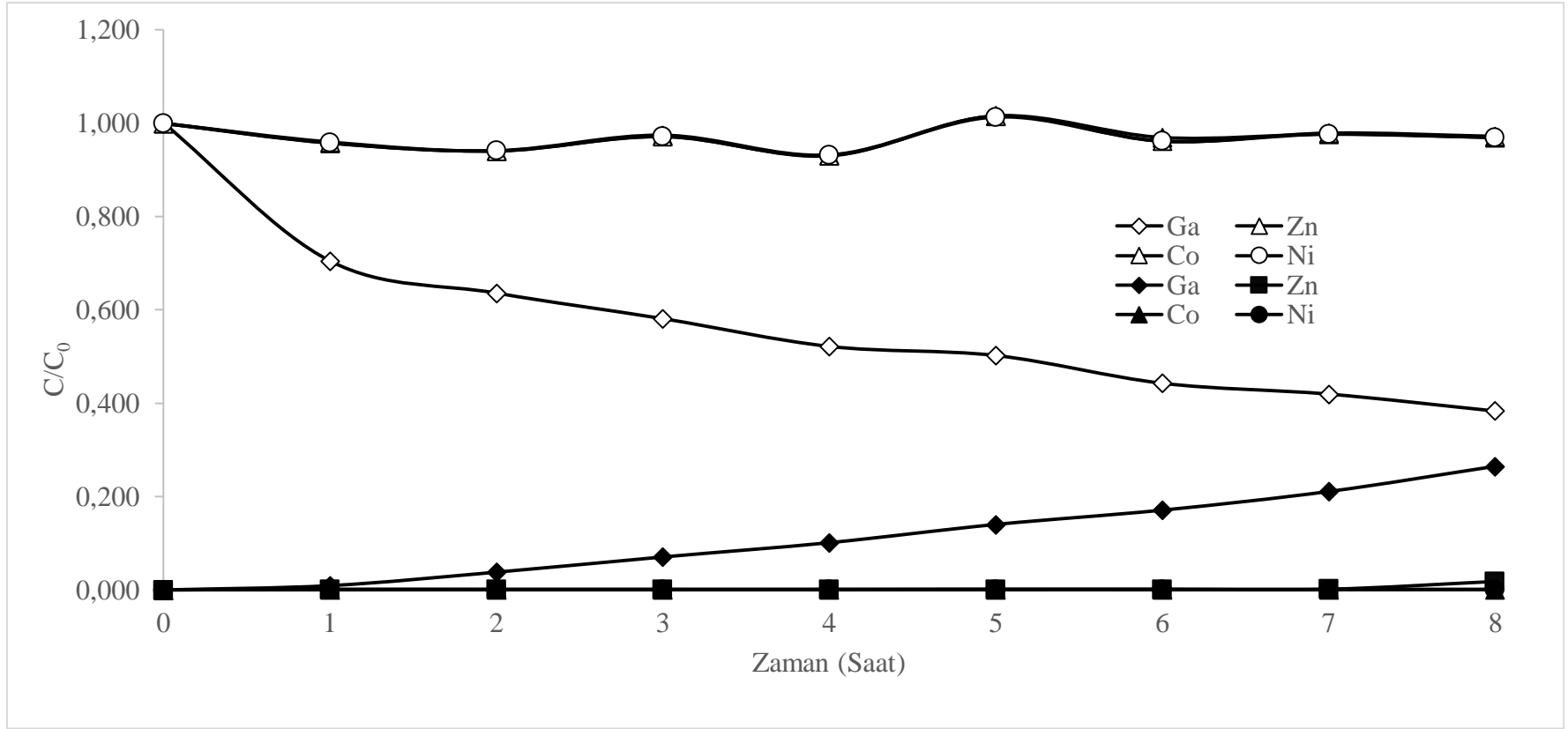
Şekil 4.5.6. Sıyırma çözeltisi HCl konsantrasyonu etkisi: [Ekstraktant (TOPO): % 30,15 (w/w); Plastikleştirici (2-NPPE): % 30,21 (w/w) ; CTA: %19,87 (w/w); (\diamond \square \triangle \bullet $*$) Sıyırma çözeltisi: 80 mL 0; 0,02; 0,05; 0,1; 0,2 M HCl; Besleme çözeltisi: 80 mL (100 mg/L Ga^{3+} , 1000 mg/L Zn^{2+} , 600 mg/L Co^{2+} , 600 mg/L Ni^{2+} , 6 M HCl); Besleme ve sıyırma çözeltisinin karıştırma hızı: 700 dev/dak]

Tablo 4.6.1. CTA kütle kesiri:CTA% : 0 (Saf PVC); [Ekstraktant (TOPO): % 39,39 (w/w); Plastikleştirici (2-NPPE): % 26,26 (w/w); Sıyırma çözeltisi: 80 mL 0.1 M HCl; Besleme çözeltisi: 80 mL (100 mg/L Ga³⁺, 1000 mg/L Zn²⁺, 600 mg/L Co²⁺, 600 mg/L Ni²⁺+ Besleme çöz. HCl : 6 M HCl); Besleme ve sıyırma çözeltisi karıştırma hızı: 700 dev/dak;]

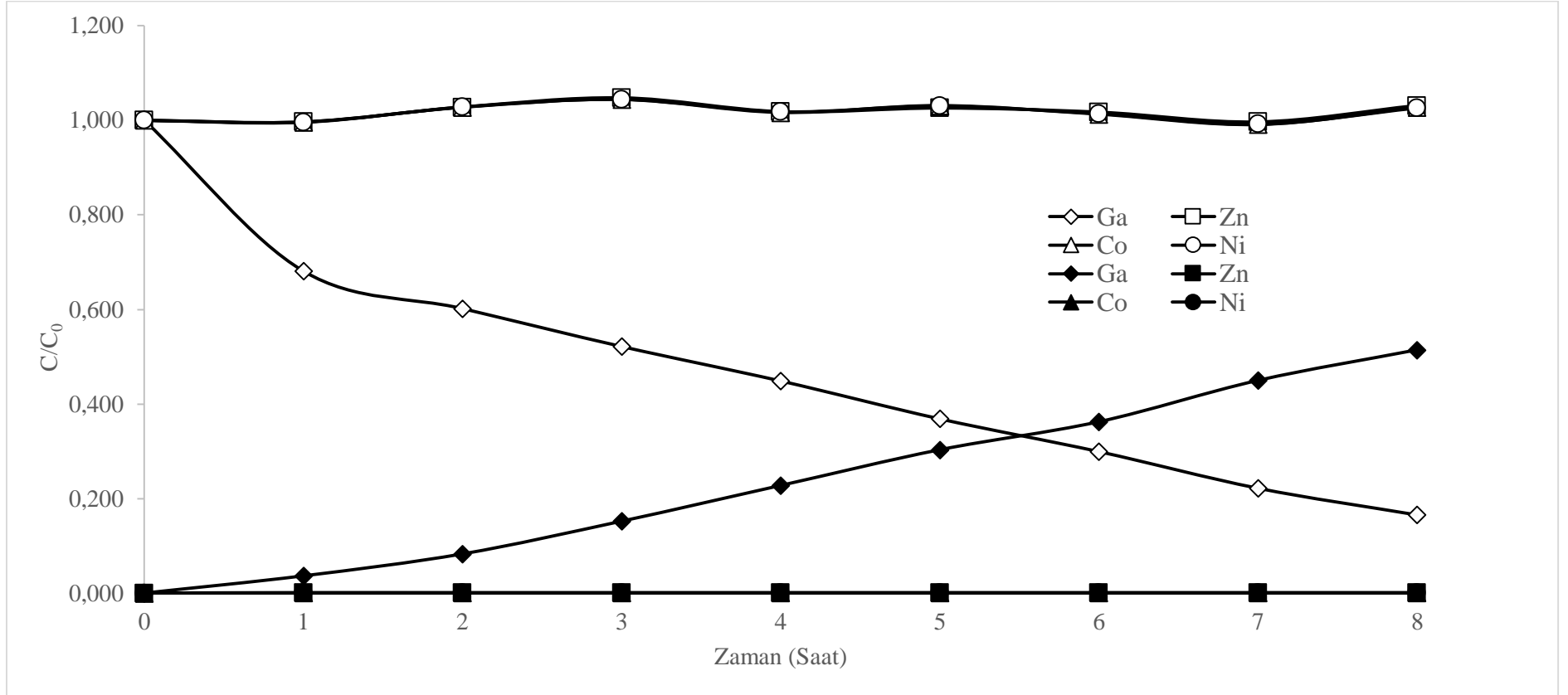
Zaman (Saat)	Besleme Çözeltisi								Sıyırma Çözeltisi							
	Ga		Zn		Co		Ni		Ga		Zn		Co		Ni	
	C, mg/L	C/C ₀	C, mg/L	C/C ₀	C, mg/L	C/C ₀	C, mg/L	C/C ₀	C, mg/L	C/C ₀	C, mg/L	C/C ₀	C, mg/L	C/C ₀	C, mg/L	C/C ₀
0	105,8	1,000	1000	1,000	574	1,000	524	1,000	0,0	0,000	0,0	0,000	0,0	0,000	0,0	0,000
1	80,2	0,758	981	0,981	567	0,988	517	0,987	6,1	0,058	1,3	0,001	0,4	0,001	0,5	0,001
2	59,0	0,558	993	0,993	572	0,997	524	1,000	21,5	0,203	1,5	0,002	0,4	0,001	0,5	0,001
3	40,9	0,387	998	0,998	574	1,000	525	1,002	38,7	0,366	1,7	0,002	0,4	0,001	0,5	0,001
4	28,2	0,267	1006	1,006	581	1,012	532	1,015	52,7	0,498	1,7	0,002	0,4	0,001	0,5	0,001
5	19,2	0,181	971	0,971	560	0,976	512	0,977	67,9	0,642	2,2	0,002	0,4	0,001	0,5	0,001
6	11,6	0,110	991	0,991	576	1,003	526	1,004	78,0	0,737	3,1	0,003	0,4	0,001	0,5	0,001
7	7,6	0,072	997	0,997	579	1,009	529	1,010	85,9	0,812	4,0	0,004	0,4	0,001	0,5	0,001
8	5,0	0,047	971	0,971	565	0,984	517	0,987	92,5	0,874	5,7	0,006	0,4	0,001	0,5	0,001

Tablo 4.6.2 CTA kütle kesiri: CTA: %20 [Ekstraktant (TOPO): % 39,39 (w/w); Plastikleştirici (2-NPPE): % 26,26 (w/w); Sıyırma çözeltisi: 80 mL 0.1 M HCl; Besleme çözeltisi: 80 mL (100 mg/L Ga³⁺, 1000 mg/L Zn²⁺, 600 mg/L Co²⁺, 600 mg/L Ni²⁺+ Besleme çöz. HCl : 6 M HCl); Besleme ve sıyırma çözeltisi karıştırma hızı: 700 dev/dak;]

Zaman (Saat)	Besleme Çözeltisi								Sıyırma Çözeltisi							
	Ga		Zn		Co		Ni		Ga		Zn		Co		Ni	
	C, mg/L	C/C ₀	C, mg/L	C/C ₀	C, mg/L	C/C ₀	C, mg/L	C/C ₀	C, mg/L	C/C ₀	C, mg/L	C/C ₀	C, mg/L	C/C ₀	C, mg/L	C/C ₀
0	109,8	1,000	936	1,000	546	1,000	499	1,000	0,0	0,000	0,0	0,000	0,0	0,000	0,0	0,0
1	74,8	0,681	933	0,997	544	0,996	497	0,996	4,0	0,036	0,7	0,001	0,4	0,001	0,5	0,001
2	66,1	0,602	962	1,028	561	1,027	513	1,028	9,1	0,083	0,4	0,000	0,4	0,001	0,5	0,001
3	57,3	0,522	980	1,047	570	1,044	521	1,044	16,7	0,152	0,7	0,001	0,4	0,001	0,5	0,001
4	49,3	0,449	953	1,018	555	1,016	508	1,018	25,0	0,228	0,6	0,001	0,4	0,001	0,5	0,001
5	40,5	0,369	960	1,026	563	1,031	514	1,030	33,3	0,303	0,6	0,001	0,4	0,001	0,5	0,001
6	32,9	0,300	949	1,017	553	1,013	506	1,014	39,8	0,362	0,7	0,001	0,4	0,001	0,5	0,001
7	24,4	0,222	933	0,997	541	0,991	495	0,992	49,4	0,450	0,4	0,000	0,4	0,001	0,5	0,001
8	18,2	0,166	965	1,031	561	1,027	512	1,026	56,5	0,515	0,5	0,001	0,4	0,001	0,5	0,001



Şekil 4.6.1 CTA kütle kesiri;[CTA% :0 (Saf PVC): Ekstraktant (TOPO): % 39,39 (w/w); Plastikleştirici (2-NPPE): % 26,26 (w/w); (◆■▲●) Sıyırma çözeltisi: 80 mL 0.1 M HCl; (◇□△○) Besleme çözeltisi: 80 mL (100 mg/L Ga³⁺, 1000 mg/L Zn²⁺, 600 mg/L Co²⁺, 600 mg/L Ni²⁺, 6 M HCl);Besleme ve sıyırma çözeltisinin karıştırma hızı: 700 dev/dak]



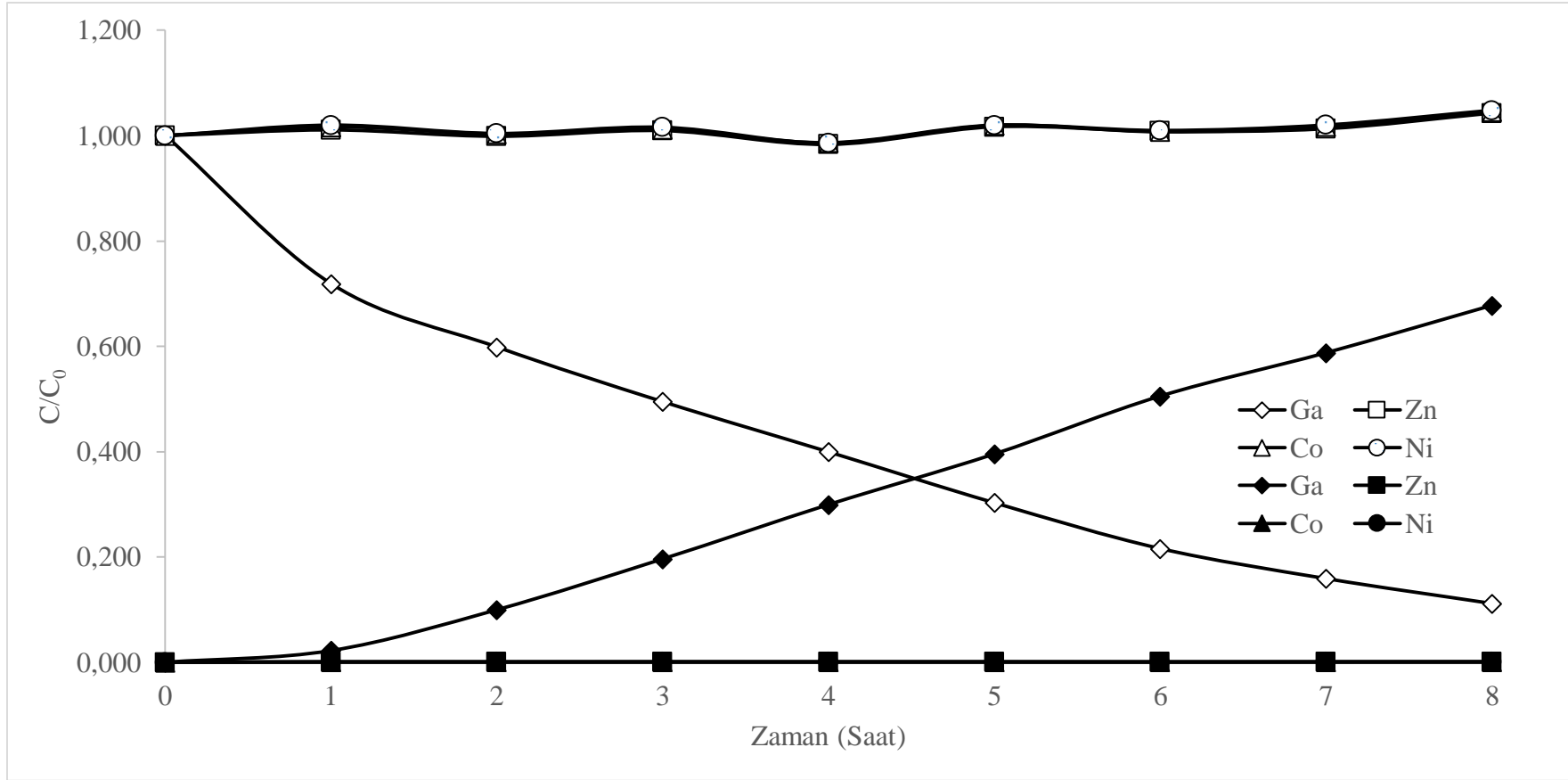
Şekil 4.6.2. CTA kütle kesiri; [CTA% :20; Ekstraktant (TOPO): % 39,39 (w/w); Plastikleştirici (2-NPPE): % 26,26 (w/w); (◆■▲●) Sıyırma çöztisi: 80 mL 0.1 M HCl; (◇□△○) Besleme çöztisi: 80 mL (100 mg/L Ga³⁺, 1000 mg/L Zn²⁺, 600 mg/L Co²⁺, 600 mg/L Ni²⁺, 6 M HCl); Besleme ve sıyırma çöztisinin karıştırma hızı: 700 dev/dak]

Tablo 4.6.3 CTA kütle kesiri; CTA: % 40 [Ekstraktant (TOPO): % 39,37 (w/w); Plastikleştirici (2-NPPE): % 26,26 (w/w); Sıyırma çözeltilisi: 80 mL 0.1 M HCl; Besleme çözeltilisi: 80 mL (100 mg/L Ga⁺³, 1000 mg/L Zn⁺², 600 mg/L Co²⁺, 600 mg/L Ni²⁺+ Besleme çöz. HCl : 6 M HCl); Besleme ve sıyırma çözeltilisi karıştırma hızı: 700 dev/dak;]

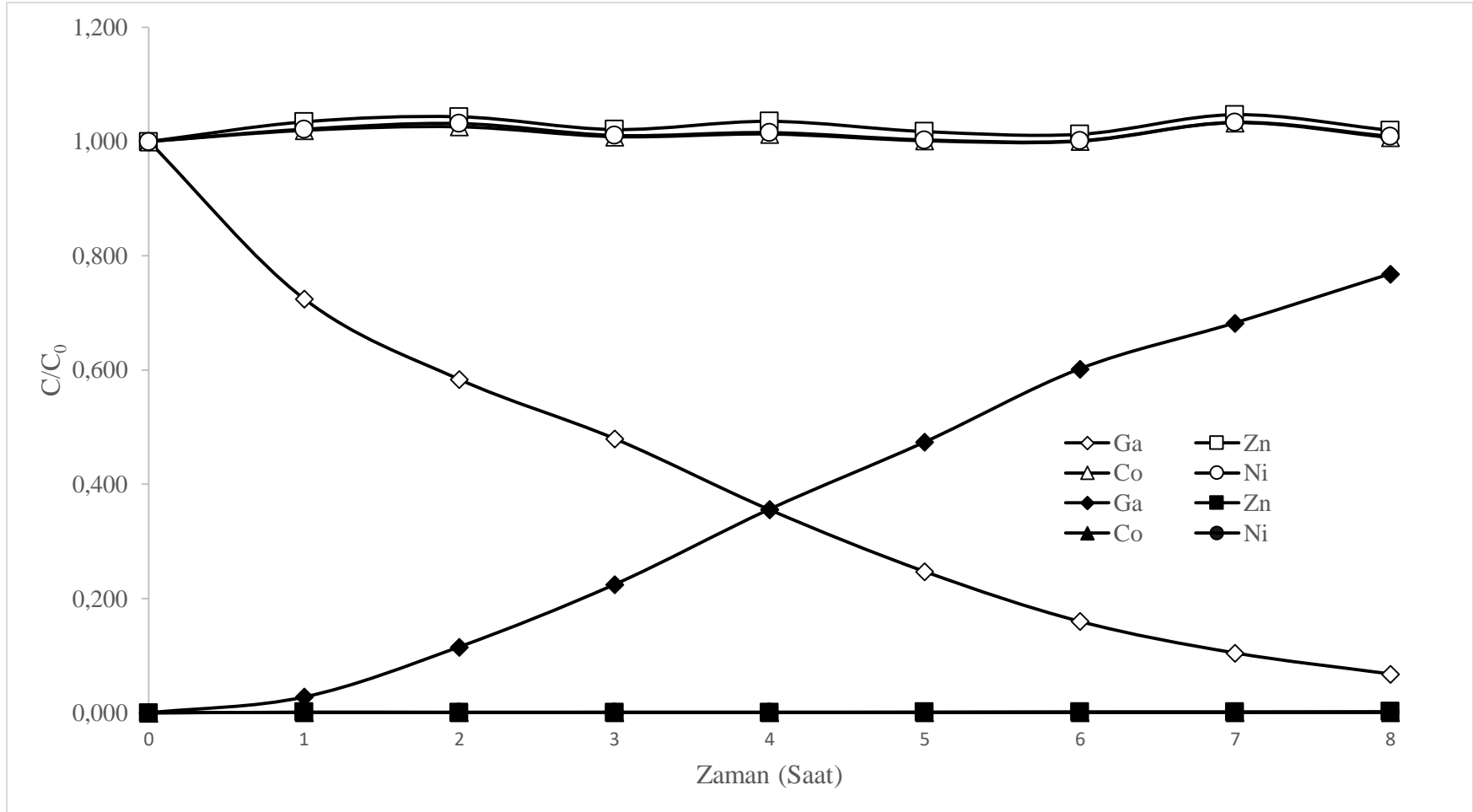
Zaman (Saat)	Besleme Çözeltilisi								Sıyırma Çözeltilisi							
	Ga		Zn		Co		Ni		Ga		Zn		Co		Ni	
	C, mg/L	C/C ₀	C, mg/L	C/C ₀	C, mg/L	C/C ₀	C, mg/L	C/C ₀	C, mg/L	C/C ₀	C, mg/L	C/C ₀	C, mg/L	C/C ₀	C, mg/L	C/C ₀
0	108,3	1,000	951	1,000	551	1,000	503	1,000	0,0	0,000	0,0	0,000	0,0	0,000	0,0	0,000
1	77,8	0,719	961	1,011	560	1,017	513	1,020	2,4	0,022	0,8	0,001	0,4	0,001	0,5	0,001
2	64,8	0,598	950	0,999	553	1,003	505	1,004	10,8	0,100	0,7	0,001	0,4	0,001	0,5	0,001
3	53,6	0,495	960	1,009	557	1,012	511	1,016	21,2	0,196	1,0	0,001	0,4	0,001	0,5	0,001
4	43,2	0,399	936	0,984	543	0,986	496	0,986	32,4	0,299	0,9	0,001	0,4	0,001	0,5	0,001
5	32,8	0,303	967	1,017	562	1,020	512	1,019	42,8	0,395	0,9	0,001	0,4	0,001	0,5	0,001
6	23,4	0,216	959	1,008	555	1,007	508	1,010	54,7	0,505	0,6	0,001	0,4	0,001	0,5	0,001
7	17,2	0,159	964	1,013	560	1,017	513	1,020	63,6	0,587	1,0	0,001	0,4	0,001	0,5	0,001
8	12,1	0,112	991	1,042	576	1,046	527	1,048	73,4	0,677	1,3	0,001	0,4	0,001	0,5	0,001

Tablo 4.6.4. CTA kütle kesiri; CTA: % 60 [Ekstraktant (TOPO): % 39,39 (w/w); Plastikleştirici (2-NPPE): % 26,26 (w/w); Sıyırma çözeltilisi: 80 mL 0.1 M HCl; Besleme çözeltilisi: 80 mL (100 mg/L Ga⁺³, 1000 mg/L Zn⁺², 600 mg/L Co²⁺, 600 mg/L Ni²⁺+ Besleme çöz. HCl : 6 M HCl); Besleme ve sıyırma çözeltilisi karıştırma hızı: 700 dev/dak;]

Zaman (Saat)	Besleme Çözeltilisi								Sıyırma Çözeltilisi							
	Ga		Zn		Co		Ni		Ga		Zn		Co		Ni	
	C, mg/L	C/C ₀	C, mg/L	C/C ₀	C, mg/L	C/C ₀	C, mg/L	C/C ₀	C, mg/L	C/C ₀	C, mg/L	C/C ₀	C, mg/L	C/C ₀	C, mg/L	C/C ₀
0	107,5	1,000	985	1,000	575	1,000	525	1,000	0,0	0,000	0,0	0,000	0,0	0,000	0,0	0,000
1	77,9	0,725	1019	1,035	587	1,019	536	1,022	3,0	0,028	1,0	0,001	0,4	0,001	0,5	0,001
2	62,7	0,584	1028	1,043	590	1,026	542	1,032	12,4	0,115	0,5	0,001	0,4	0,001	0,5	0,001
3	51,6	0,480	1006	1,021	580	1,008	531	1,011	24,1	0,224	0,9	0,001	0,4	0,001	0,5	0,001
4	38,2	0,356	1020	1,035	583	1,013	533	1,016	38,3	0,356	0,8	0,001	0,4	0,001	0,5	0,001
5	26,6	0,247	1002	1,017	576	1,001	526	1,003	50,9	0,474	1,0	0,001	0,4	0,001	0,5	0,001
6	17,2	0,160	998	1,013	576	1,000	526	1,001	64,7	0,602	1,7	0,002	0,4	0,001	0,5	0,001
7	11,3	0,105	1032	1,047	594	1,033	543	1,034	73,3	0,682	1,7	0,002	0,4	0,001	0,5	0,001
8	7,3	0,068	1005	1,020	579	1,007	530	1,009	82,5	0,768	2,1	0,002	0,4	0,001	0,5	0,001



Şekil 4.6.3. CTA kütle kesiri;[CTA% :40; Ekstraktant (TOPO): % 39,37 (w/w); (◆■▲●) Plastikleştirici (2-NPPE): % 26,26 (w/w); Sıyırma çözeltisi: 80 mL 0.1 M HCl; (◇□△○) Besleme çözeltisi: 80 mL (100 mg/L Ga⁺³, 1000 mg/L Zn⁺², 600 mg/L Co⁺², 600 mg/L Ni⁺², 6 M HCl); Besleme ve sıyırma çözeltisinin karıştırma hızı: 700 dev/dak]



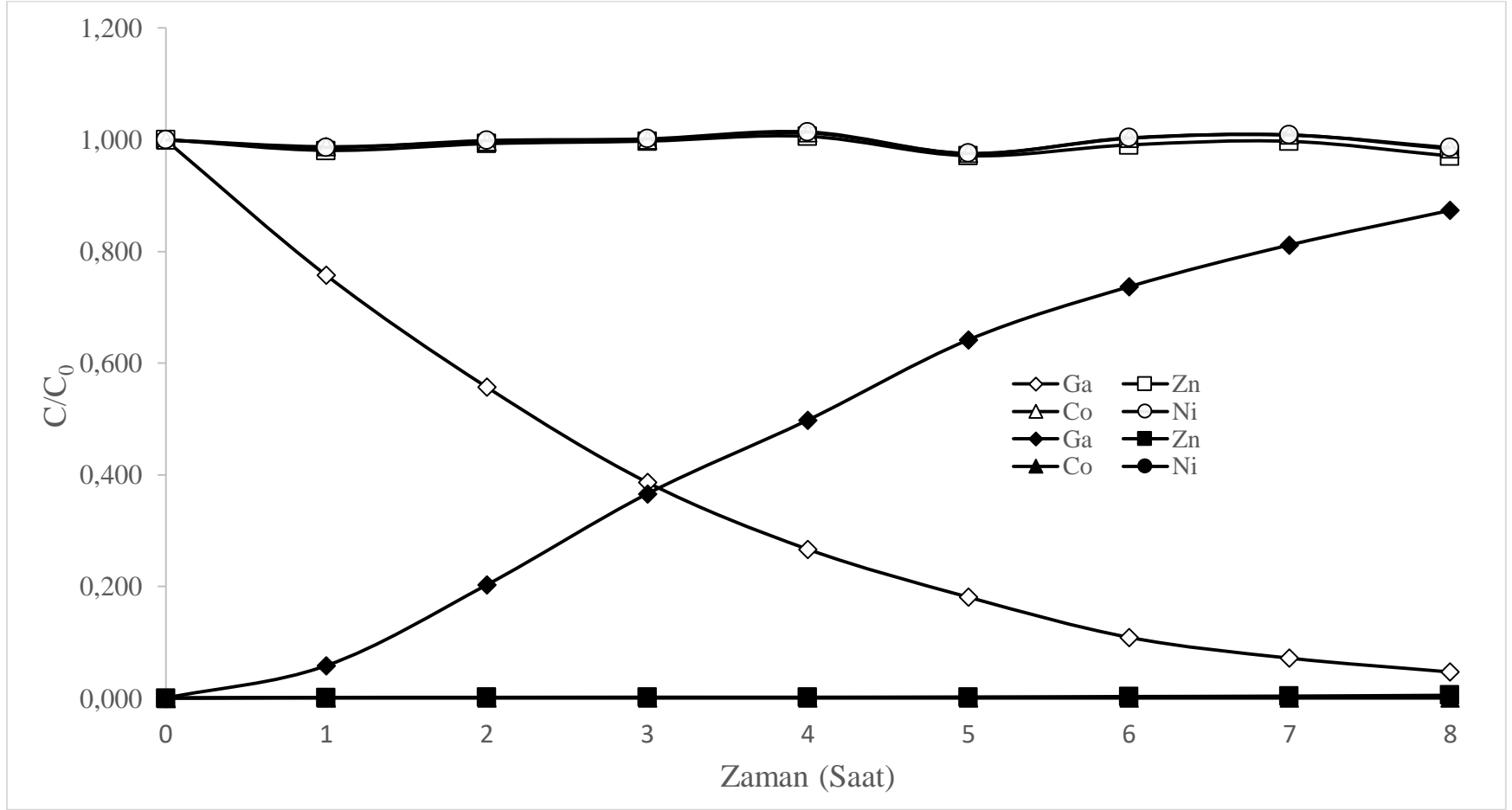
Şekil 4.6.4 CTA kütle kesiri; [CTA% :60; Ekstraktant (TOPO): % 39,39 (w/w); Plastikleştirici (2-NPPE): % 26,26 (w/w); (◆■▲●) Sıyırma çözeltisi: 80 mL 0.1 M HCl; (◇□△○) Besleme çözeltisi: 80 mL (100 mg/L Ga⁺³, 1000 mg/L Zn⁺², 600 mg/L Co⁺², 600 mg/L Ni⁺², 6 M HCl); Besleme ve sıyırma çözeltisinin karıştırma hızı: 700 dev/dak]

Tablo 4.6.5 CTA kütle kesiri; CTA: %80 [Ekstraktant (TOPO): % 39,30 (w/w); Plastikleştirici (2-NPPE): % 26,26 (w/w); Sıyırma çözeltilisi: 80 mL 0.1 M HCl; Besleme çözeltilisi: 80 mL (100 mg/L Ga ⁺³, 1000 mg/L Zn⁺², 600 mg/L Co²⁺, 600 mg/L Ni²⁺+ Besleme çöz. HCl : 6 M HCl); Besleme ve sıyırma çözeltilisi karıştırma hızı: 700 dev/dak;]

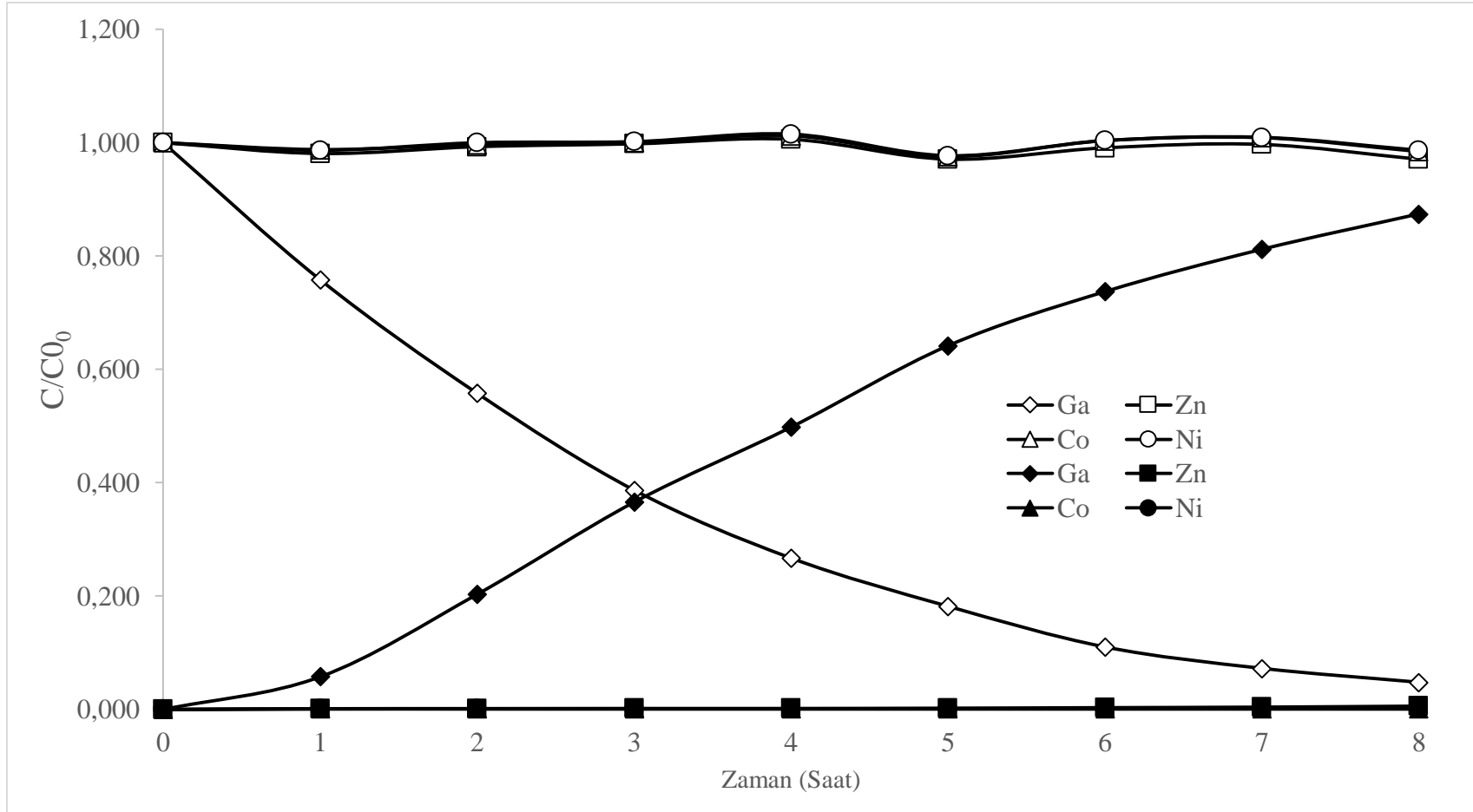
Zaman (Saat)	Besleme Çözeltilisi								Sıyırma Çözeltilisi							
	Ga		Zn		Co		Ni		Ga		Zn		Co		Ni	
	C, mg/L	C/C ₀	C, mg/L	C/C ₀	C, mg/L	C/C ₀	C, mg/L	C/C ₀	C, mg/L	C/C ₀	C, mg/L	C/C ₀	C, mg/L	C/C ₀	C, mg/L	C/C ₀
0	105,8	1,000	1000	1,000	574	1,000	524	1,000	0,0	0,000	0,0	0,000	0,0	0,000	0,0	0,000
1	80,2	0,758	981	0,981	567	0,988	517	0,987	6,1	0,058	1,3	0,001	0,4	0,001	0,5	0,001
2	59,0	0,557	993	0,993	572	0,997	524	0,999	21,5	0,203	1,5	0,001	0,4	0,001	0,5	0,001
3	40,9	0,387	998	0,997	574	1,000	525	1,002	38,7	0,366	1,7	0,002	0,4	0,001	0,5	0,001
4	28,2	0,267	1006	1,006	581	1,013	532	1,014	52,7	0,498	1,7	0,002	0,4	0,001	0,5	0,001
5	19,2	0,181	971	0,971	560	0,976	512	0,976	67,9	0,642	2,2	0,002	0,4	0,001	0,5	0,001
6	11,6	0,109	991	0,990	576	1,003	526	1,004	78,0	0,737	3,1	0,003	0,4	0,001	0,5	0,001
7	7,6	0,072	997	0,997	579	1,009	529	1,009	85,9	0,812	4,0	0,004	0,4	0,001	0,5	0,001
8	5,0	0,047	971	0,971	565	0,984	517	0,986	92,5	0,874	5,7	0,006	0,4	0,001	0,5	0,001

Tablo 4.6.6 CTA kütle kesiri; CTA: %100 (Saf CTA) [Ekstraktant (TOPO): % 38,89 (w/w); Plastikleştirici (2-NPPE): % 26,26 (w/w); Sıyırma çözeltilisi: 80 mL 0.1 M HCl; Besleme çözeltilisi: 80 mL (100 mg/L Ga ⁺³, 1000 mg/L Zn⁺², 600 mg/L Co²⁺, 600 mg/L Ni²⁺+ Besleme çöz. HCl : 6 M HCl); Besleme ve sıyırma çözeltilisi karıştırma hızı: 700 dev/dak;]

Zaman (Saat)	Besleme Çözeltilisi								Sıyırma Çözeltilisi							
	Ga		Zn		Co		Ni		Ga		Zn		Co		Ni	
	C, mg/L	C/C ₀	C, mg/L	C/C ₀	C, mg/L	C/C ₀	C, mg/L	C/C ₀	C, mg/L	C/C ₀	C, mg/L	C/C ₀	C, mg/L	C/C ₀	C, mg/L	C/C ₀
0	105,8	1,000	1000	1,00	574	1,000	524	1,000	0,0	0,000	0,0	0,000	0,0	0,000	0,0	0,000
1	80,2	0,758	981	0,981	567	0,988	517	0,987	6,1	0,058	1,3	0,001	0,4	0,001	0,5	0,001
2	59,0	0,558	993	0,993	572	0,997	524	1,000	21,5	0,203	1,5	0,002	0,4	0,001	0,5	0,001
3	40,9	0,387	998	0,998	574	1,000	525	1,002	38,7	0,366	1,7	0,002	0,4	0,001	0,5	0,001
4	28,2	0,267	1006	1,006	581	1,012	532	1,015	52,7	0,498	1,7	0,002	0,4	0,001	0,5	0,001
5	19,2	0,181	971	0,971	560	0,976	512	0,977	67,9	0,642	2,2	0,002	0,4	0,001	0,5	0,001
6	11,6	0,110	991	0,991	576	1,003	526	1,004	78,0	0,737	3,1	0,003	0,4	0,001	0,5	0,001
7	7,6	0,072	997	0,997	579	1,009	529	1,010	85,9	0,812	4,0	0,004	0,4	0,001	0,5	0,001
8	5,0	0,047	971	0,971	565	0,984	517	0,987	92,5	0,874	5,7	0,006	0,4	0,001	0,5	0,001



Şekil 4.6.6 CTA kütle kesiri; [CTA% :80; Ekstraktant (TOPO): % 39,30 (w/w); Plastikleştirici (2-NPPE): % 26,26 (w/w); (◆■▲●) Sıyırma çözeltisi: 80 mL 0.1 M HCl; (◇□△○) Besleme çözeltisi: 80 mL (100 mg/L Ga³⁺, 1000 mg/L Zn²⁺, 600 mg/L Co²⁺, 600 mg/L Ni²⁺, 6 M HCl); Besleme ve sıyırma çözeltisinin karıştırma hızı: 700 dev/dak]



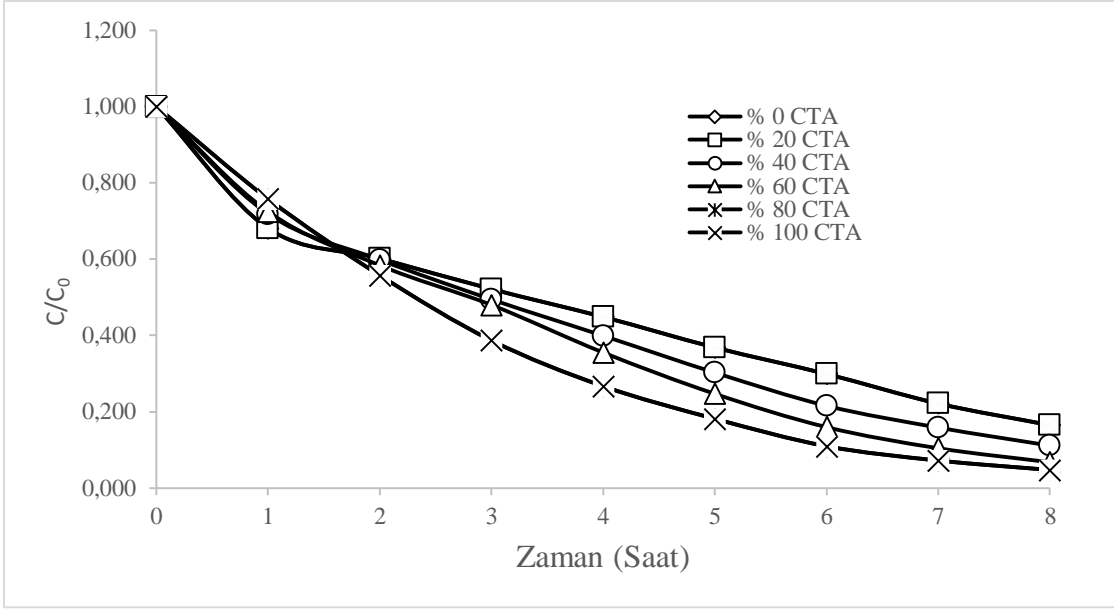
Şekil 4.6.7. CTA kütle kesiri; [CTA:% 100 (Saf CTA); Ekstraktant (TOPO): % 38,89 (w/w); Plastikleştirici (2-NPPE): % 26,26 (w/w); (◆■▲●) Sıyırma çözeltisi: 80 mL 0.1 M HCl; (◇□△○) Besleme çözeltisi: 80 mL (100 mg/L Ga⁺³, 1000 mg/L Zn⁺², 600 mg/L Co⁺², 600 mg/L Ni⁺², 6 M HCl); Besleme ve sıyırma çözeltisinin karıştırma hızı: 700 dev/dak]

Tablo 4.6.7 CTA kütle kesiri; [Ekstraktant (TOPO): % 39,39 (w/w); Plastikleştirici (2-NPPE): % 26,26 (w/w); Sıyırma çözeltisi: 80 mL 0.1 M HCl; Besleme çözeltisi: 80 mL (100 mg/L Ga⁺³, 1000 mg/L Zn⁺², 600 mg/L Co⁺², 600 mg/L Ni⁺²+ Besleme çöz. HCl : 6 M HCl); Besleme ve sıyırma çözeltisi karıştırma hızı: 700 dev/dak;]

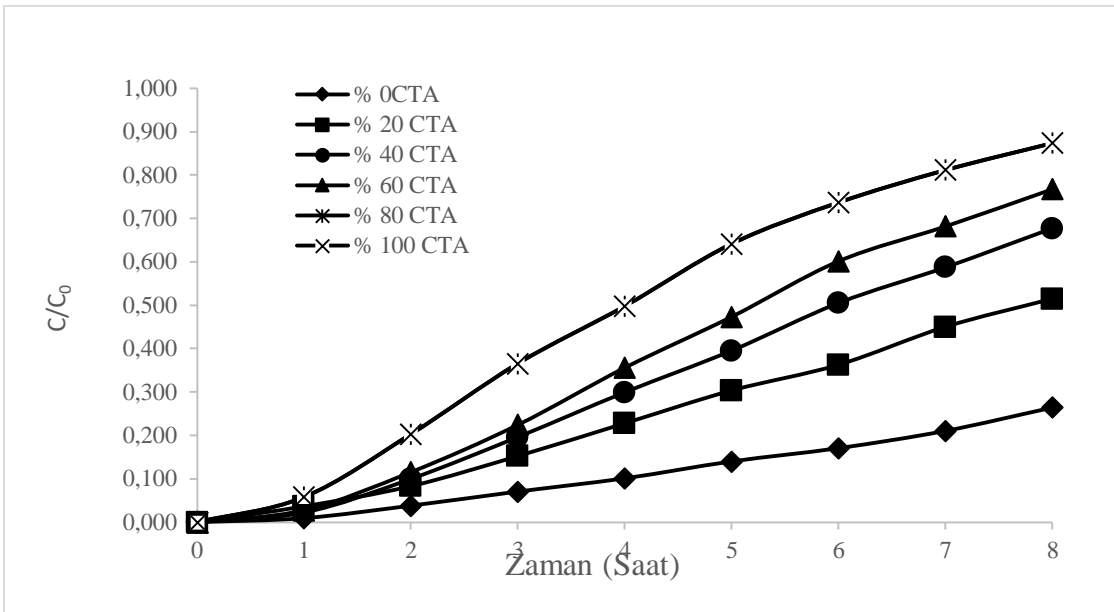
CTA yüzdesi (%)	0		20		40		60		80		100	
	C (mg/L)	C/C ₀ (-)	C (mg/L)	C/C ₀ (-)	C (mg/L)	C/C ₀ (-)	C (mg/L)	C/C ₀ (-)	C (mg/L)	C/C ₀ (-)	C (mg/L)	C/C ₀ (-)
Zaman (saat)												
0	107,7	1,000	109,8	1,000	108,3	1,000	107,5	1,000	105,8	1,000	105,8	1,000
1	75,9	0,705	74,8	0,681	77,8	0,719	77,9	0,725	80,2	0,758	80,2	0,758
2	68,5	0,636	66,1	0,602	64,8	0,598	62,7	0,584	59,0	0,557	59	0,558
3	62,6	0,581	57,3	0,522	53,6	0,495	51,6	0,480	40,9	0,387	40,9	0,387
4	56,2	0,522	49,3	0,449	43,2	0,399	38,2	0,356	28,2	0,267	28,2	0,267
5	54,1	0,502	40,5	0,369	32,8	0,303	26,6	0,247	19,2	0,181	19,2	0,181
6	47,7	0,443	32,9	0,300	23,4	0,216	17,2	0,160	11,6	0,109	11,6	0,110
7	45,2	0,420	24,4	0,222	17,2	0,159	11,3	0,105	7,6	0,072	7,6	0,072
8	41,3	0,383	18,2	0,166	12,1	0,112	7,3	0,068	5,0	0,047	5	0,047

Tablo 4.6.8. CTA yüzdesinin Ga ekstraksiyonuna etkisi: CTA: 0, 20, 40, 60, 80, 100; [Ekstraktant (TOPO): % 39,39 (w/w); Plastikleştirici (2-NPPE): % 26,26 (w/w); Sıyırma çözeltisi: 80 mL 0.1 M HCl; Besleme çözeltisi: 80 mL (100 mg/L Ga⁺³, 1000 mg/L Zn⁺², 600 mg/L Co⁺², 600 mg/L Ni⁺²+ Besleme çöz. HCl : 6 M HCl); Besleme ve sıyırma çözeltisi karıştırma hızı: 700 dev/dak;]

CTA Yüzdesi (%)	0	20	40	60	80	100	0	20	40	60	80	100
	Besleme çözeltisi						Sıyırma çözeltisi					
Zaman (saat)	C/C ₀	C/C ₀	C/C ₀	C/C ₀	C/C ₀	C/C ₀	C/C ₀	C/C ₀	C/C ₀	C/C ₀	C/C ₀	C/C ₀
0	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1	0,705	0,681	0,719	0,725	0,758	0,758	0,009	0,036	0,022	0,028	0,058	0,058
2	0,636	0,602	0,598	0,584	0,557	0,558	0,038	0,083	0,100	0,115	0,203	0,203
3	0,581	0,522	0,495	0,480	0,387	0,387	0,071	0,152	0,196	0,224	0,366	0,366
4	0,522	0,449	0,399	0,356	0,267	0,267	0,101	0,228	0,299	0,356	0,498	0,498
5	0,502	0,369	0,303	0,247	0,181	0,181	0,140	0,303	0,395	0,474	0,642	0,642
6	0,443	0,300	0,216	0,160	0,109	0,110	0,171	0,362	0,505	0,602	0,737	0,737
7	0,420	0,222	0,159	0,105	0,072	0,072	0,211	0,450	0,587	0,682	0,812	0,812
8	0,383	0,166	0,112	0,068	0,047	0,047	0,265	0,515	0,677	0,768	0,874	0,874
J (kg/m ² s)x10 ⁻⁶	0,2609	0,3599	0,3780	0,3937	0,3961	0,3878	0,1120	0,2220	0,2884	0,3242	0,3635	0,3529



Şekil 4.6.8. CTA yüzdesinin Ga ekstraksiyonuna etkisi: CTA: 0, 20, 40, 60, 80, 100; Ekstraktant (TOPO): % 38,89 (w/w); Plastikleştirici (2-NPPE): % 26,26 (w/w); Sıyırma çözeltisi: 80 mL 0.1 M HCl; ($\diamond \square \triangle \circ * x$) Besleme çözeltisi: 80 mL (100 mg/L Ga^{+3} , 1000 mg/L Zn^{+2} , 600 mg/L Co^{+2} , 600 mg/L Ni^{+2} , 6 M HCl); Besleme ve sıyırma çözeltisinin karıştırma hızı: 700 dev/dak]



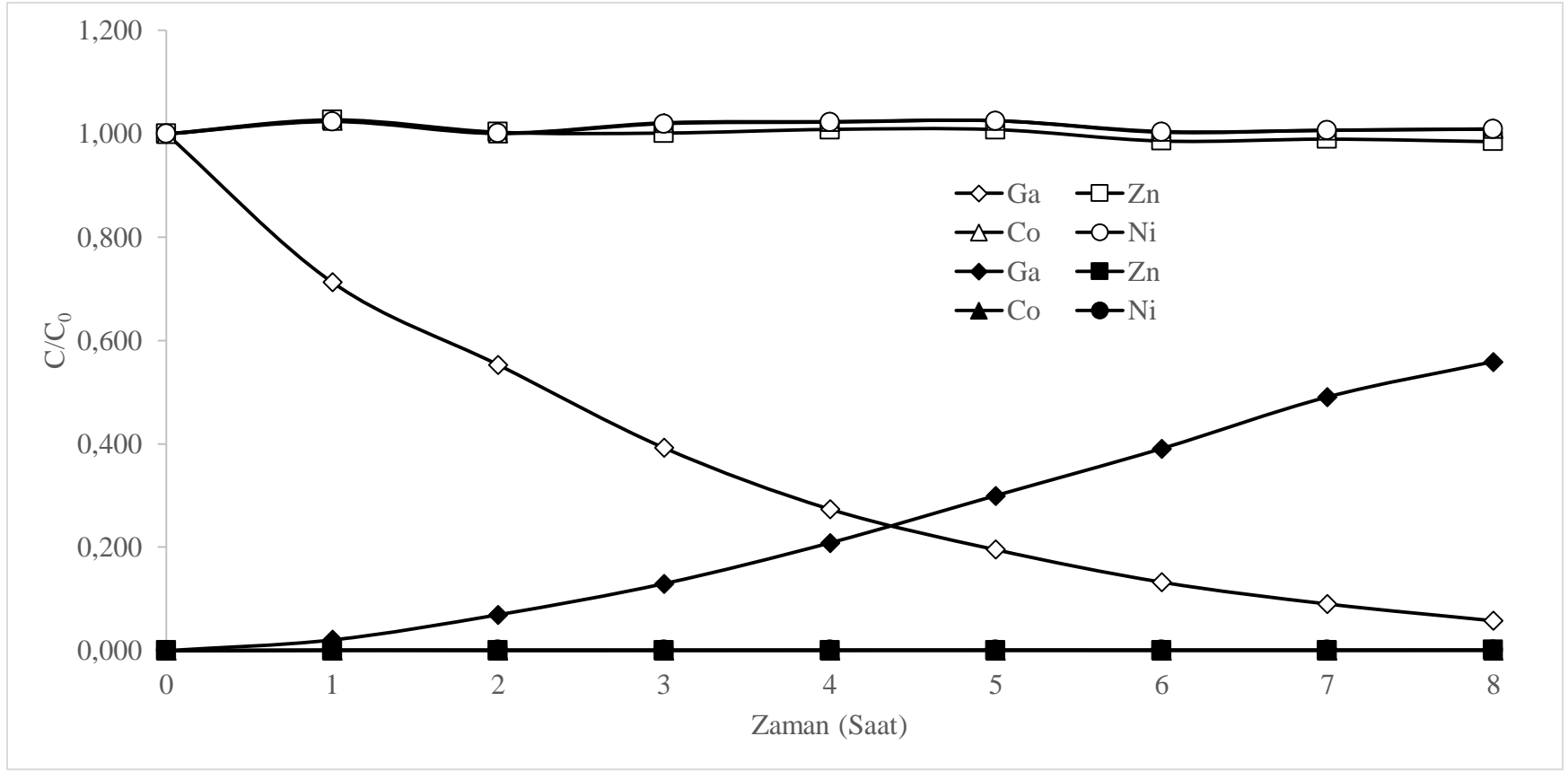
Şekil 4.6.9. CTA yüzdesinin Ga ekstraksiyonuna etkisi: CTA: 0, 20, 40, 60, 80, 100; Ekstraktant (TOPO): % 38,89 (w/w); Plastikleştirici (2-NPPE): % 26,26 (w/w); ($\diamond \square \triangle \circ * x$) Sıyırma çözeltisi: 80 mL 0.1 M HCl; ($\diamond \square \triangle \circ * x$) Besleme çözeltisi: 80 mL (100 mg/L Ga^{+3} , 1000 mg/L Zn^{+2} , 600 mg/L Co^{+2} , 600 mg/L Ni^{+2} , 6 M HCl); Besleme ve sıyırma çözeltisinin karıştırma hızı: 700 dev/dak]

Tablo 4.7.1 Besleme çözeltisi galyum konsantrasyonu: (Ga mg/L) 50 [Ekstraktant (TOPO): % 39,39 (w/w); Plastikleştirici (2-NPPE): % 26,25 (w/w); Sıyırma çözeltisi: 80 mL 0.1 M HCl; Besleme çözeltisi: 80 mL (50 mg/L Ga⁺³, 1000 mg/L Zn⁺², 600 mg/L Co²⁺, 600 mg/L Ni²⁺+ Besleme çöz. HCl : 6 M HCl); Besleme ve sıyırma çözeltisi karıştırma hızı: 700 dev/dak;]

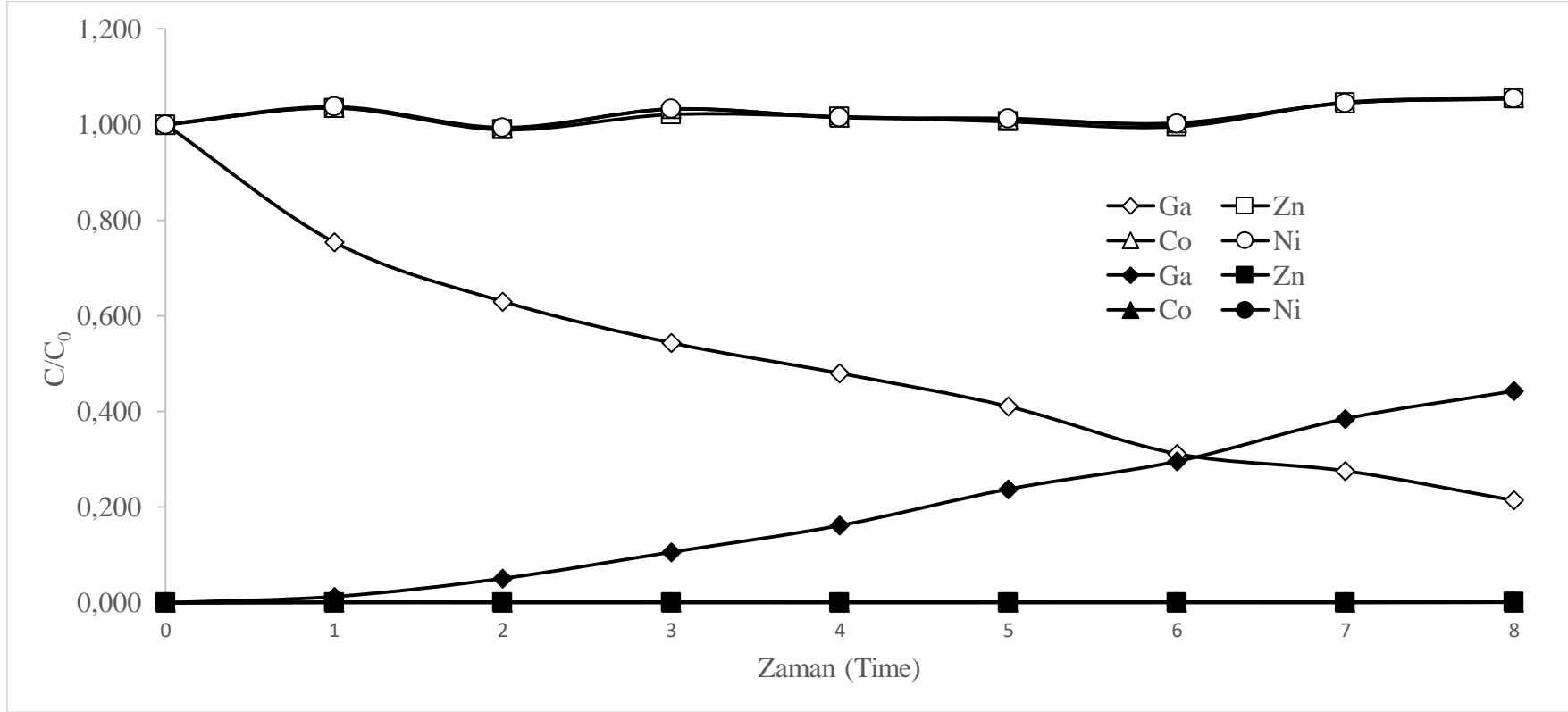
Zaman (Saat)	Besleme Çözeltisi								Sıyırma Çözeltisi							
	Ga		Zn		Co		Ni		Ga		Zn		Co		Ni	
	C, mg/L	C/C ₀	C, mg/L	C/C ₀	C, mg/L	C/C ₀	C, mg/L	C/C ₀	C, mg/L	C/C ₀	C, mg/L	C/C ₀	C, mg/L	C/C ₀	C, mg/L	C/C ₀
0	49,2	1,000	1668	1,000	738	1,000	678	1,000	0	0,000	0,0	0,000	0,0	0,000	0,0	0,000
1	35,1	0,713	1712	1,026	757	1,025	694	1,023	1,0	0,021	0,7	0,000	0,4	0,001	0,5	0,001
2	27,2	0,553	1673	1,003	739	1,002	678	1,001	3,4	0,069	0,5	0,000	0,4	0,001	0,5	0,001
3	19,3	0,392	1671	1,001	754	1,022	691	1,020	6,4	0,130	0,6	0,000	0,4	0,001	0,5	0,001
4	13,5	0,274	1682	1,008	755	1,024	693	1,022	10,3	0,208	0,7	0,000	0,4	0,001	0,5	0,001
5	9,6	0,195	1681	1,008	757	1,026	695	1,025	14,8	0,300	1,0	0,001	0,4	0,001	0,5	0,001
6	6,5	0,133	1645	0,986	741	1,005	680	1,003	19,2	0,391	0,9	0,001	0,4	0,001	0,5	0,001
7	4,4	0,090	1651	0,990	743	1,007	683	1,007	24,1	0,490	0,9	0,001	0,4	0,001	0,5	0,001
8	2,8	0,058	1643	0,985	745	1,010	684	1,009	27,5	0,559	1,3	0,001	0,4	0,001	0,5	0,001

Tablo 4.7.2 Besleme çözeltisi galyum konsantrasyonu: (Ga mg/L) 100 [Ekstraktant (TOPO): % 39,38 (w/w); Plastikleştirici (2-NPPE): % 26,26 (w/w); Sıyırma çözeltisi: 80 mL 0.1 M HCl; Besleme çözeltisi: 80 mL (100 mg/L Ga⁺³, 1000 mg/L Zn⁺², 600 mg/L Co²⁺, 600 mg/L Ni²⁺+ Besleme çöz. HCl : 6 M HCl); Besleme ve sıyırma çözeltisi karıştırma hızı: 700 dev/dak;]

Zaman (Saat)	Besleme Çözeltisi								Sıyırma Çözeltisi							
	Ga		Zn		Co		Ni		Ga		Zn		Co		Ni	
	C, mg/L	C/C ₀	C, mg/L	C/C ₀	C, mg/L	C/C ₀	C, mg/L	C/C ₀	C, mg/L	C/C ₀	C, mg/L	C/C ₀	C, mg/L	C/C ₀	C, mg/L	C/C ₀
0	99,8	1,000	1533	1,000	723	1,000	657	1,000	0,0	0,000	0,0	0,000	0,0	0,000	0,0	0,000
1	75,3	0,754	1586	1,035	748	1,035	682	1,037	1,3	0,013	0,8	0,001	0,4	0,001	0,5	0,001
2	62,9	0,630	1518	0,990	717	0,992	653	0,993	5,1	0,051	0,6	0,000	0,4	0,001	0,5	0,001
3	54,3	0,544	1566	1,021	746	1,032	679	1,033	10,6	0,106	0,9	0,001	0,4	0,001	0,5	0,001
4	47,9	0,480	1559	1,017	733	1,015	667	1,015	16,1	0,162	0,7	0,000	0,4	0,001	0,5	0,001
5	41,0	0,411	1543	1,006	730	1,011	666	1,013	23,7	0,238	0,8	0,001	0,4	0,001	0,5	0,001
6	31,1	0,312	1527	0,996	725	1,003	659	1,002	29,5	0,296	1,0	0,001	0,4	0,001	0,5	0,001
7	27,5	0,276	1604	1,046	755	1,045	687	1,045	38,4	0,385	0,8	0,001	0,4	0,001	0,5	0,001
8	21,4	0,214	1617	1,054	763	1,056	693	1,054	44,2	0,443	2,0	0,001	0,4	0,001	0,5	0,001



Şekil 4.7.1 Besleme çözeltisi galyum konsantrasyonu: (Ga mg/L) 50; Ekstraktant (TOPO): % 39,39 (w/w); Plastikleştirici (2-NPPE): % 26,26 (w/w); (◆■▲●) Sıyırma çözeltisi: 80 mL 0.1 M HCl; (◇□△○) Besleme çözeltisi: 80 mL (50 mg/L Ga⁺³, 1000 mg/L Zn⁺², 600 mg/L Co⁺², 600 mg/L Ni⁺², 6 M HCl); Besleme ve sıyırma çözeltisinin karıştırma hızı: 700 dev/dak]



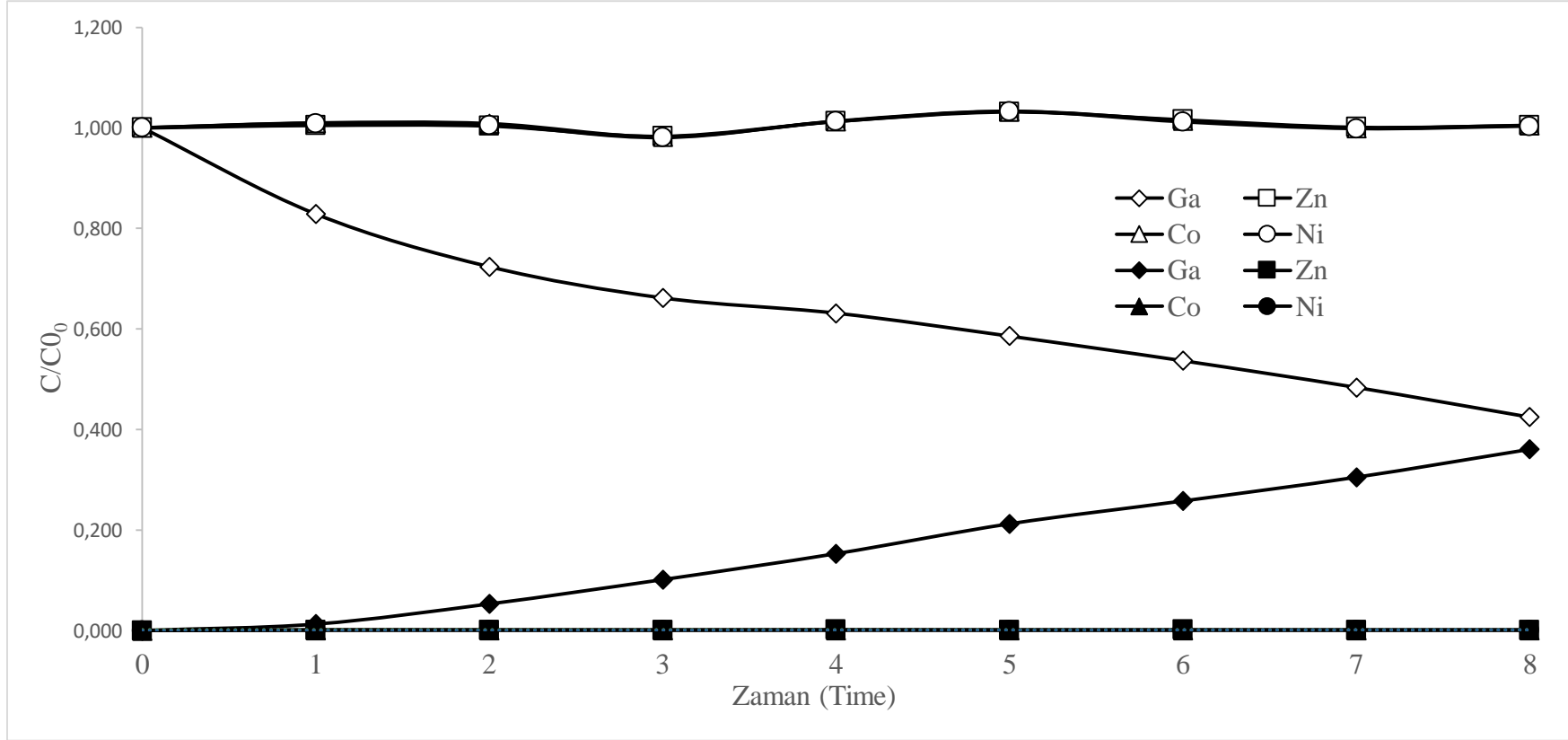
Şekil 4.7.2 Besleme çözeltisi galyum konsantrasyonu: (Ga mg/L) 100; Ekstraktant (TOPO): % 39,38 (w/w); Plastikleştirici (2-NPPE): % 26,26 (w/w); (◆■▲●) Sıyırma çözeltisi: 80 mL 0.1 M HCl; (◇□△○) Besleme çözeltisi: 80 mL (100 mg/L Ga⁺³, 1000 mg/L Zn⁺², 600 mg/L Co⁺², 600 mg/L Ni⁺², 6 M HCl); Besleme ve sıyırma çözeltisinin karıştırma hızı: 700 dev/dak]

Tablo 4.7.3 Besleme çözeltisi galyum konsantrasyonu: (Ga mg/L) 150 [Ekstraktant (TOPO): % 39,38 (w/w); Plastikleştirici (2-NPPE): % 26,27 (w/w); Sıyırma çözeltisi: 80 mL 0.1 M HCl; Besleme çözeltisi: 80 mL (150 mg/L Ga⁺³, 1000 mg/L Zn⁺², 600 mg/L Co⁺², 600 mg/L Ni⁺²+ Besleme çöz. HCl : 6 M HCl); Besleme ve sıyırma çözeltisi karıştırma hızı: 700 dev/dak;]

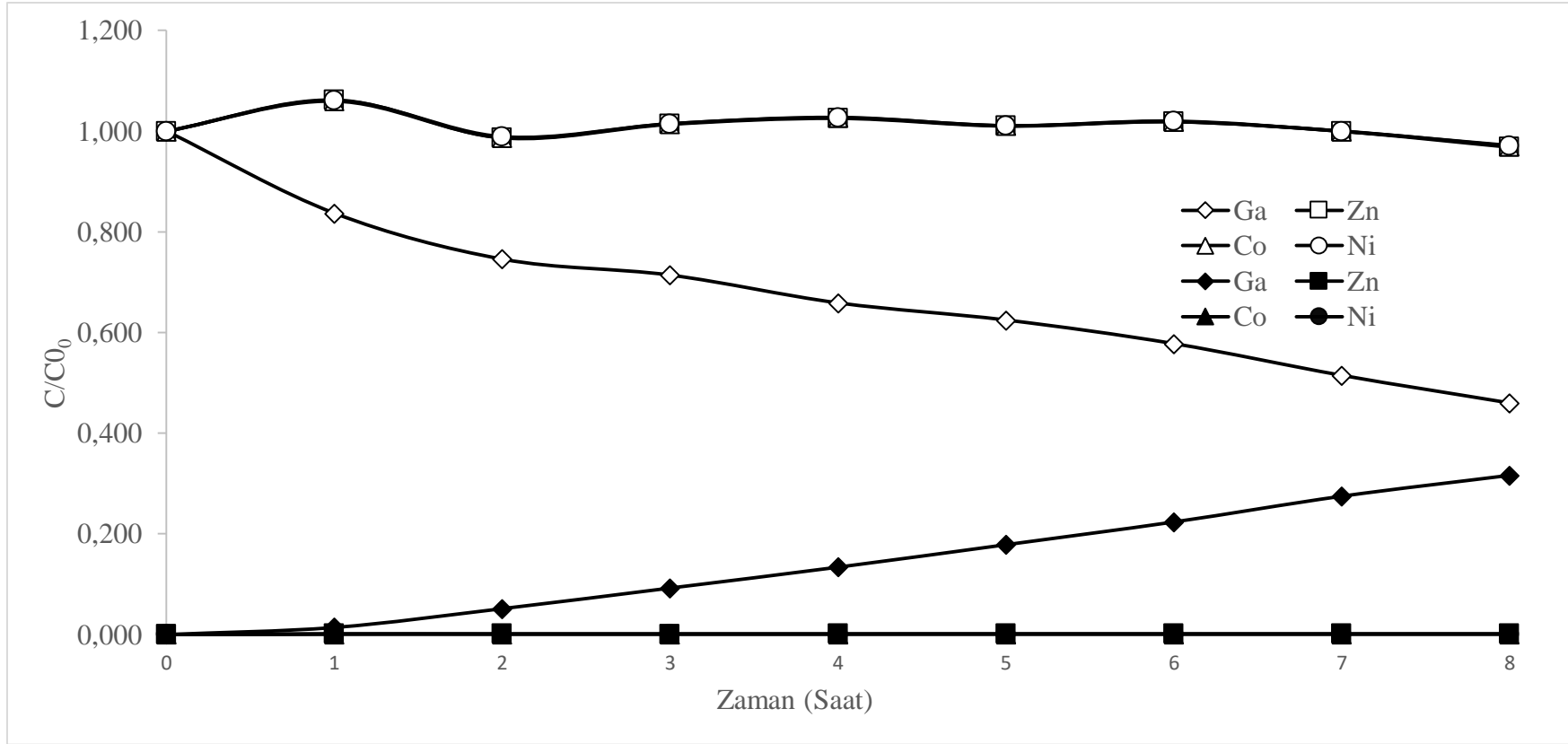
Zaman (Saat)	Besleme Çözeltisi								Sıyırma Çözeltisi							
	Ga		Zn		Co		Ni		Ga		Zn		Co		Ni	
	C, mg/L	C/C ₀	C, mg/L	C/C ₀	C, mg/L	C/C ₀	C, mg/L	C/C ₀	C, mg/L	C/C ₀	C, mg/L	C/C ₀	C, mg/L	C/C ₀	C, mg/L	C/C ₀
0	147,8	1,000	1557	1,000	730	1,000	671	1,000	0,0	0,000	0,0	0,000	0,0	0,000	0,0	0,000
1	122,5	0,829	1564	1,005	738	1,010	677	1,009	1,9	0,013	1,7	0,001	0,4	0,001	0,5	0,001
2	107,0	0,724	1563	1,004	737	1,009	674	1,005	7,8	0,053	1,8	0,001	0,4	0,001	0,5	0,001
3	97,8	0,662	1531	0,984	717	0,982	658	0,980	15,0	0,101	1,5	0,001	0,4	0,001	0,5	0,001
4	93,4	0,631	1577	1,013	740	1,013	680	1,013	22,6	0,153	2,6	0,002	0,4	0,001	0,5	0,001
5	86,6	0,586	1606	1,032	755	1,033	693	1,032	31,4	0,212	1,7	0,001	0,4	0,001	0,5	0,001
6	79,4	0,537	1582	1,016	741	1,015	679	1,012	38,1	0,258	2,0	0,001	0,4	0,001	0,5	0,001
7	71,5	0,484	1559	1,002	730	1,000	670	0,998	45,1	0,305	1,7	0,001	0,4	0,001	0,5	0,001
8	62,8	0,425	1564	1,005	734	1,005	673	1,003	53,3	0,361	1,8	0,001	0,4	0,001	0,5	0,001

Tablo 4.7.4 Besleme çözeltisi galyum konsantrasyonu: (Ga mg/L) 200 [Ekstraktant (TOPO): % 39,39 (w/w); Plastikleştirici (2-NPPE): % 26,26 (w/w); Sıyırma çözeltisi: 80 mL 0.1 M HCl; Besleme çözeltisi: 80 mL (200 mg/L Ga⁺³, 1000 mg/L Zn⁺², 600 mg/L Co⁺², 600 mg/L Ni⁺²+ Besleme çöz. HCl : 6 M HCl); Besleme ve sıyırma çözeltisi karıştırma hızı: 700 dev/dak;]

Zaman (Saat)	Besleme Çözeltisi								Sıyırma Çözeltisi							
	Ga		Zn		Co		Ni		Ga		Zn		Co		Ni	
	C, mg/L	C/C ₀	C, mg/L	C/C ₀	C, mg/L	C/C ₀	C, mg/L	C/C ₀	C, mg/L	C/C ₀	C, mg/L	C/C ₀	C, mg/L	C/C ₀	C, mg/L	C/C ₀
0	203,0	1,000	1533	1,000	739	1,000	664	1,000	0,0	0,000	0,0	0,000	0,0	0,000	0,0	0,000
1	169,9	0,837	1628	1,062	783	1,060	704	1,061	2,8	0,014	1,9	0,001	0,4	0,001	0,5	0,001
2	151,3	0,746	1513	0,987	729	0,987	657	0,989	10,4	0,051	1,7	0,001	0,4	0,001	0,5	0,001
3	144,9	0,714	1554	1,014	749	1,015	674	1,015	18,7	0,092	1,6	0,001	0,4	0,001	0,5	0,001
4	133,7	0,659	1572	1,026	758	1,027	682	1,027	27,1	0,134	1,7	0,001	0,4	0,001	0,5	0,001
5	126,8	0,624	1549	1,010	747	1,011	671	1,011	36,2	0,178	2,1	0,001	0,4	0,001	0,5	0,001
6	117,2	0,578	1562	1,019	752	1,019	677	1,020	45,3	0,223	1,9	0,001	0,4	0,001	0,5	0,001
7	104,4	0,514	1533	1,000	739	1,000	664	1,000	55,7	0,274	1,9	0,001	0,4	0,001	0,5	0,001
8	93,3	0,460	1485	0,969	717	0,970	645	0,971	64,1	0,316	2,0	0,001	0,4	0,001	0,5	0,001



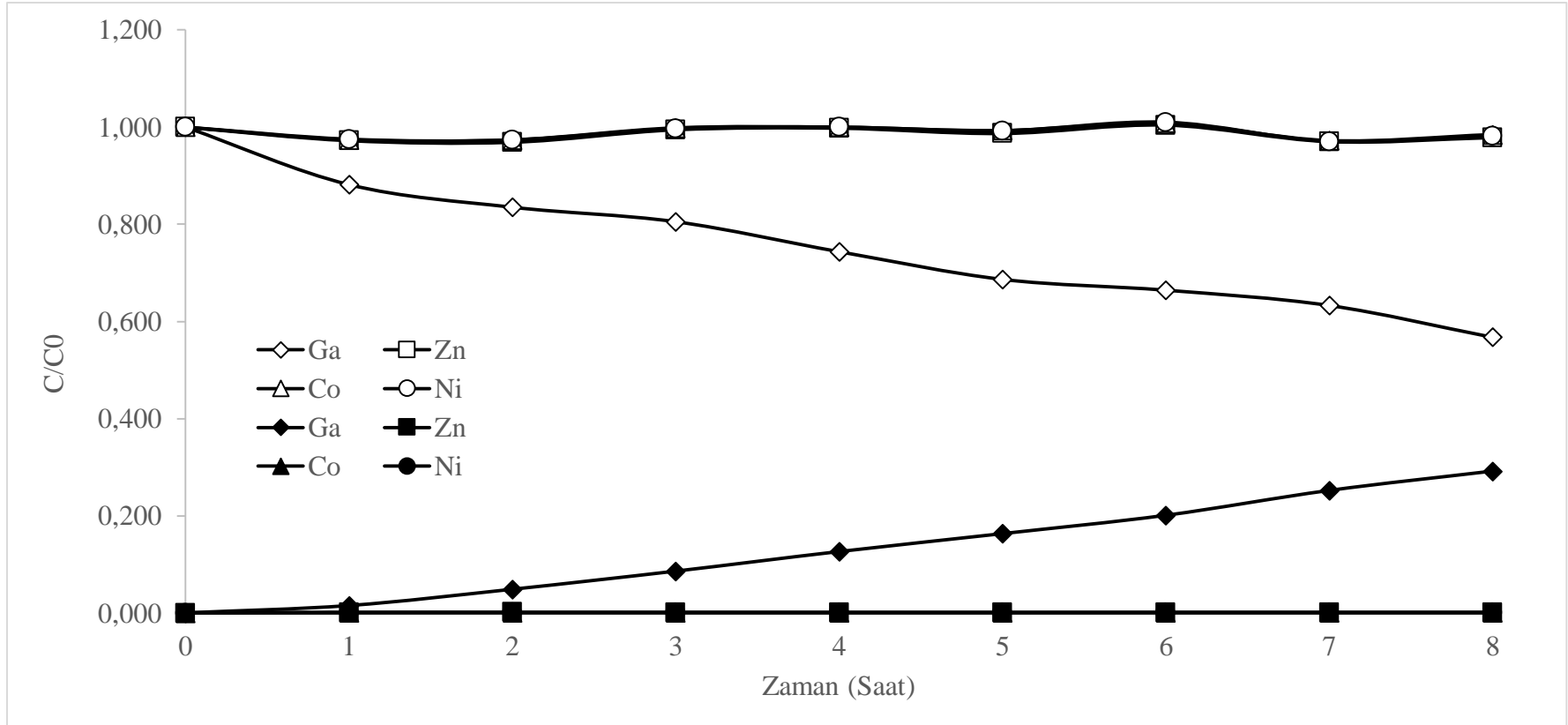
Şekil 4.7.3 Besleme çözeltisi galyum konsantrasyonu: (Ga mg/L) 150; Ekstraktant (TOPO): % 39,38 (w/w); Plastikleştirici (2-NPPE): % 26,27 (w/w); (◆■▲●) Sıyırma çözeltisi: 80 mL 0.1 M HCl; (◇□△○) Besleme çözeltisi: 80 mL (150 mg/L Ga⁺³, 1000 mg/L Zn⁺², 600 mg/L Co⁺², 600 mg/L Ni⁺², 6 M HCl); Besleme ve sıyırma çözeltisinin karıştırma hızı: 700 dev/dak]



Şekil 4.7.4 Besleme çözeltisi galyum konsantrasyonu: (Ga mg/L) 200; Ekstraktant (TOPO): % 39,39 (w/w); Plastikleştirici (2-NPPE): % 26,26 (w/w); (◆■▲●) Sıyırma çözeltisi: 80 mL 0.1 M HCl; (◇□△○) Besleme çözeltisi: 80 mL (200 mg/L Ga⁺³, 1000 mg/L Zn⁺², 600 mg/L Co⁺², 600 mg/L Ni⁺², 6 M HCl); Besleme ve sıyırma çözeltisinin karıştırma hızı: 700 dev/dak]

Tablo 4.7.5 Besleme çözeltisi galyum konsantrasyonu: (Ga mg/L) 250 [Ekstraktant (TOPO): % 39,38 (w/w); Plastikleştirici (2-NPPE): % 26,26 (w/w); Sıyırma çözeltisi: 80 mL 0.1 M HCl; Besleme çözeltisi: 80 mL (250 mg/L Ga⁺³, 1000 mg/L Zn⁺², 600 mg/L Co²⁺, 600 mg/L Ni²⁺+ Besleme çöz. HCl : 6 M HCl); Besleme ve sıyırma çözeltisi karıştırma hızı: 700 dev/dak;]

Zaman (Saat)	Besleme Çözeltisi								Sıyırma Çözeltisi							
	Ga		Zn		Co		Ni		Ga		Zn		Co		Ni	
	C, mg/L	C/C ₀	C, mg/L	C/C ₀	C, mg/L	C/C ₀	C, mg/L	C/C ₀	C, mg/L	C/C ₀	C, mg/L	C/C ₀	C, mg/L	C/C ₀	C, mg/L	C/C ₀
0	238,5	1,000	1561	1,000	723	1,000	681	1,000	0,0	0,000	0,0	0,000	0,0	0,000	0,0	0,000
1	210,3	0,882	1518	0,972	704	0,974	664	0,975	3,6	0,015	1,9	0,001	0,4	0,001	0,5	0,001
2	199,2	0,835	1513	0,969	704	0,974	663	0,974	11,6	0,049	2,2	0,001	0,4	0,001	0,5	0,001
3	192,1	0,805	1553	0,995	722	0,999	679	0,997	20,5	0,086	1,9	0,001	0,4	0,001	0,5	0,001
4	177,4	0,744	1558	0,998	723	1,000	681	1,000	30,1	0,126	1,7	0,001	0,4	0,001	0,5	0,001
5	163,8	0,687	1541	0,987	718	0,993	676	0,993	38,9	0,163	1,5	0,001	0,4	0,001	0,5	0,001
6	158,5	0,665	1568	1,004	729	1,008	688	1,010	47,9	0,201	1,9	0,001	0,4	0,001	0,5	0,001
7	151,0	0,633	1515	0,971	703	0,972	661	0,971	60,1	0,252	1,8	0,001	0,4	0,001	0,5	0,001
8	135,4	0,568	1528	0,979	712	0,985	669	0,982	69,6	0,292	1,9	0,001	0,4	0,001	0,5	0,001



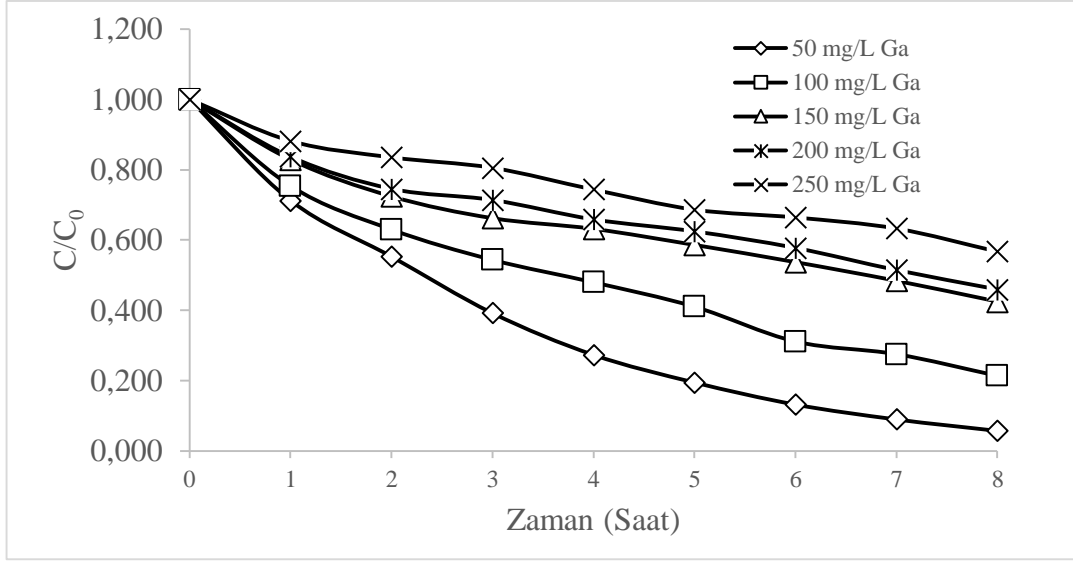
Şekil 4.7.5 Besleme çözeltisi galyum konsantrasyonu: (Ga mg/L) 250; Ekstraktant (TOPO): % 39,38 (w/w); Plastikleştirici (2-NPPE): % 26,28 (w/w); (◆■▲●) Sıyırma çözeltisi: 80 mL 0.1 M HCl; (◇□△○) Besleme çözeltisi: 80 mL (250 mg/L Ga⁺³, 1000 mg/L Zn⁺², 600 mg/L Co⁺², 600 mg/L Ni⁺², 6 M HCl); Besleme ve sıyırma çözeltisinin karıştırma hızı: 700 dev/dak]

Tablo 4.7.6 Besleme çözeltisi galyum konsantrasyonu: (Ga mg/L); [Ekstraktant (TOPO): % 39,39 (w/w); Plastikleştirici (2-NPPE): % 26,26 (w/w); Sıyırma çözeltisi: 80 mL 0.1 M HCl; Besleme çözeltisi: 80 mL (100 mg/L Ga⁺³, 1000 mg/L Zn⁺², 600 mg/L Co⁺², 600 mg/L Ni⁺²+ Besleme çöz. HCl : 6 M HCl); Besleme ve sıyırma çözeltisi karıştırma hızı: 700 dev/dak;]

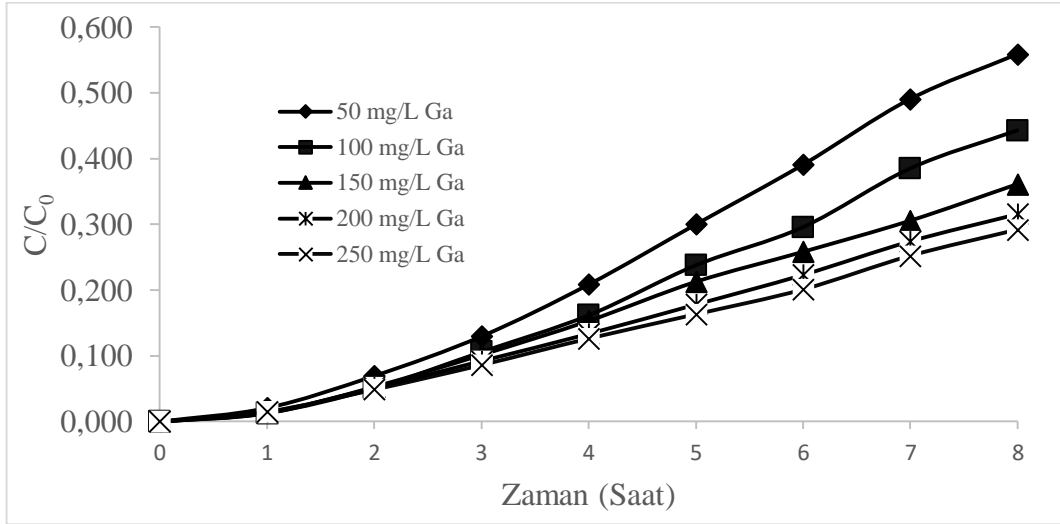
Besleme Ga konsantrasyonu: (mg/L)	50		100		150		200		250	
	C,(mg/L)	C/C ₀ (-)	C,(mg/L)	C/C ₀ (-)	C,(mg/L)	C/C ₀ (-)	C,(mg/L)	C/C ₀ (-)	C,(mg/L)	C/C ₀ (-)
Zaman (saat)										
0	49,2	1,000	99,8	1,000	147,8	1,000	203,0	1,000	203,0	1,000
1	35,1	0,713	75,3	0,754	122,5	0,829	169,9	0,837	169,9	0,837
2	27,2	0,553	62,9	0,630	107,0	0,724	151,3	0,746	151,3	0,746
3	19,3	0,392	54,3	0,544	97,8	0,662	144,9	0,714	144,9	0,714
4	13,5	0,274	47,9	0,480	93,4	0,631	133,7	0,659	133,7	0,659
5	9,6	0,195	41,0	0,411	86,6	0,586	126,8	0,624	126,8	0,624
6	6,5	0,133	31,1	0,312	79,4	0,537	117,2	0,578	117,2	0,578
7	4,4	0,090	27,5	0,276	71,5	0,484	104,4	0,514	104,4	0,514
8	2,8	0,058	21,4	0,214	62,8	0,425	93,3	0,460	93,3	0,460

Tablo 4.7.7 Besleme çözeltisi galyum konsantrasyonu (Ga mg/L): 50, 100, 150, 200, 250; [Ekstraktant (TOPO): % 39,39 (w/w); Plastikleştirici (2-NPPE): % 26,26 (w/w); Sıyırma çözeltisi: 80 mL 0.1 M HCl; Besleme çözeltisi: 80 mL (100 mg/L Ga⁺³, 1000 mg/L Zn⁺², 600 mg/L Co²⁺, 600 mg/L Ni²⁺+ Besleme çöz. HCl : 6 M HCl); Besleme ve sıyırma çözeltisi karıştırma hızı: 700 dev/dak;]

Ga kons (mg/L)	50	100	150	200	250	50	100	150	200	250
	Besleme çözeltisi					Sıyırma çözeltisi				
Zaman (saat)	C/C ₀	C/C ₀	C/C ₀	C/C ₀	C/C ₀	C/C ₀	C/C ₀	C/C ₀	C/C ₀	C/C ₀
0	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1	0,713	0,754	0,829	0,837	0,882	0,021	0,013	0,013	0,014	0,015
2	0,553	0,630	0,724	0,746	0,835	0,069	0,051	0,053	0,051	0,049
3	0,392	0,544	0,662	0,714	0,805	0,130	0,106	0,101	0,092	0,086
4	0,274	0,480	0,631	0,659	0,744	0,208	0,162	0,153	0,134	0,126
5	0,195	0,411	0,586	0,624	0,687	0,300	0,238	0,212	0,178	0,163
6	0,133	0,312	0,537	0,578	0,665	0,391	0,296	0,258	0,223	0,201
7	0,090	0,276	0,484	0,514	0,633	0,490	0,385	0,305	0,274	0,252
8	0,058	0,214	0,425	0,460	0,568	0,559	0,443	0,361	0,316	0,292
J (kg/m ² s)x10 ⁻⁶	0,1823	0,3081	0,3340	0,4311	0,4051	0,1081	0,1737	0,2094	0,2519	0,2731



Şekil 4.7.6 Besleme çözeltisi galyum konsantrasyonu (Ga mg/L): 50, 100, 150, 200, 250; Ekstraktant (TOPO): % 39,38 (w/w); Plastikleştirici (2-NPPE): % 26,26 (w/w); Sıyırma çözeltisi: 80 mL 0.1 M HCl; ($\diamond \square \triangle \circ *x$) Besleme çözeltisi: 80 mL (250 mg/L Ga^{+3} , 1000 mg/L Zn^{+2} , 600 mg/L Co^{+2} , 600 mg/L Ni^{+2} , 6 M HCl); Besleme ve sıyırma çözeltisinin karıştırma hızı: 700 dev/dak]



Şekil 4.7.7 Besleme çözeltisi galyum konsantrasyonu (Ga mg/L): 50, 100, 150, 200, 250; Ekstraktant (TOPO): % 39,38 (w/w); Plastikleştirici (2-NPPE): % 26,28 (w/w); ($\blacklozenge \blacksquare \blacktriangle \bullet *x$) Sıyırma çözeltisi: 80 mL 0.1 M HCl; Besleme çözeltisi: 80 mL (250 mg/L Ga^{+3} , 1000 mg/L Zn^{+2} , 600 mg/L Co^{+2} , 600 mg/L Ni^{+2} , 6 M HCl); Besleme ve sıyırma çözeltisinin karıştırma hızı: 700 dev/dak]

5. BÖLÜM

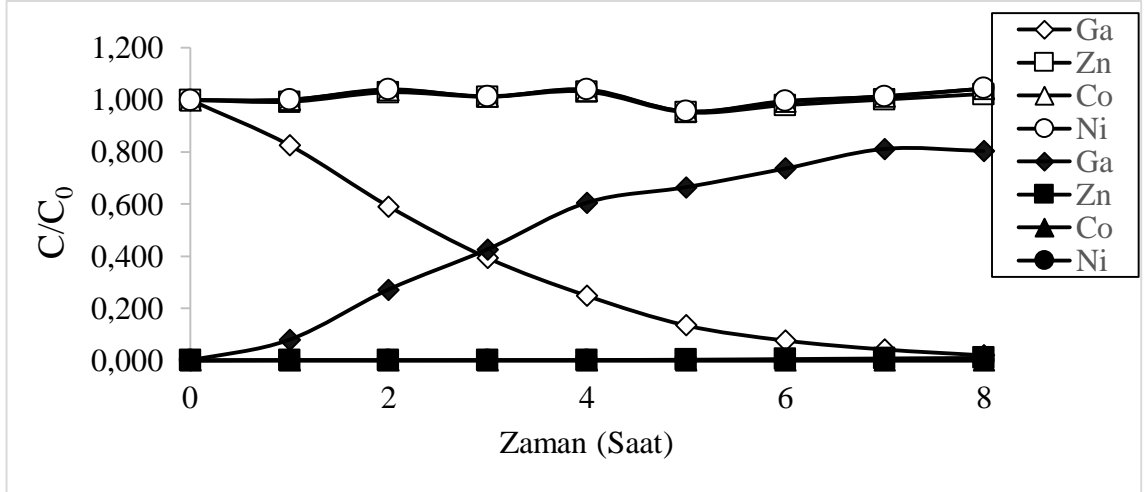
TARTIŞMA, SONUÇ ve ÖNERİLER

5.1. Test Hücresi Performansının Ölçülmesi

Polimer içerikli membranlarla sulu çözeltilerdeki metal iyonlarından galyumun ekstraksiyonu, test hücresinin performansı 100 mg/L Ga³⁺, 1000 mg/L Zn²⁺, 600 mg/L Co²⁺, 600 mg/L Ni²⁺ içeren bir sulu çözeltiden TOPO kullanılarak seçici olarak elde edilen galyumun ekstraksiyonuna ait sonuçlar Tablo 5.1 ve Şekil 5.1 de gösterilmektedir.

Tablo 5.1.1. Polimer içerikli membranla Ga³⁺ ekstraksiyonu besleme ve sıyırma çözeltilerindeki konsantrasyonlarının zamanla değişmesi. [Ekstraktant (TOPO): % 23,63 (w/w); Plastikleştirici (2-NPPE): % 46,02 (w/w) ; CTA: %15,20 (w/w);] Sıyırma çözeltisi: 80 mL 0.1 M HCl; Besleme çözeltisi: 80 mL (100 mg/L Ga³⁺, 1000 mg/L Zn²⁺, 600 mg/L Co²⁺, 600 mg/L Ni²⁺+ Besleme çöz. HCl : 6 M HCl); Besleme ve sıyırma çözeltisi karıştırma hızı: 700 dev/dak;]

Zaman (Saat)	Besleme çözeltisi		Sıyırma çözeltisi			
	Ga	Ga	Zn	Co	Ni	
	C, mg/L	C, mg/L	C, mg/L	C, mg/L	C, mg/L	
0	101,1	0,0	0,0	0,0	0,0	
1	83,6	8,0	1,2	0,4	0,5	
2	59,9	27,5	0,9	0,4	0,5	
3	39,8	43,2	1,2	0,4	0,5	
4	25,2	61,3	1,3	0,4	0,5	
5	13,7	67,3	2,1	0,4	0,5	
6	7,8	74,6	3,8	0,4	0,5	
7	4,3	82,2	5,7	0,4	0,5	
8	2,1	81,4	7,4	0,4	0,5	



Şekil 5.1.1. Galyumun besleme ve sıyırma çözeltilerindeki konsantrasyonlarının zamanla değişmesi [Ekstraktant (TOPO): % 23,63 (w/w); Plastikleştirici (2-NPPE): % 46,02 (w/w) ; CTA: %15,20 (w/w); (◆■▲●) Sıyırma çözeltisi: 80 mL 0.1 M HCl; (◇□△○) Besleme çözeltisi: 80 mL (100 mg/L Ga³⁺, 1000 mg/L Zn²⁺, 600 mg/L Co²⁺, 600 mg/L Ni²⁺, 6 M HCl); Besleme ve sıyırma çözeltisinin karıştırma hızı: 700 dev/dak]

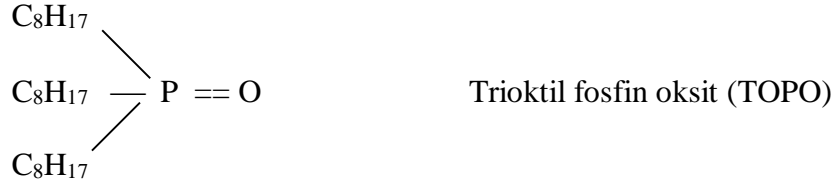
Tablo 5.1 ve Şekil 5.1'den görüldüğü gibi, besleme çözeltisindeki Ga³⁺ konsantrasyonu 101,1 mg/L'den 8 saatte 2,1 mg/L'ye, Zn²⁺, Co²⁺ ve Ni²⁺ besleme çözeltisinde çok az değişmekte olup, 8 saat sonunda galyumun % 98'i ekstrakte olmaktadır. Hatta Co²⁺ ve Ni²⁺ iyonları sıyırma çözeltisine hiç geçmemektedir. Tablodanda görüldüğü gibi galyumun; Zn, Co ve Ni iyonlarından selektif olarak ayrılması da gerçekleştirilmiş olmaktadır.

5.2 Galyumun Ekstraksiyon Mekanizması

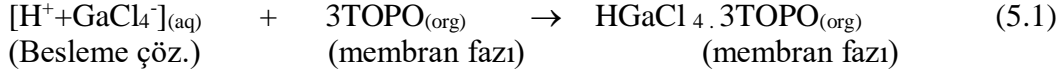
Zn, Co ve Ni gibi metal iyonları içeren asidik sulu çözeltilerden galyumun seçici olarak ekstraksiyonu için TOPO (trioktil fosfin oksit), ekstraktant olarak kullanılmıştır. Ekstraksiyon mekanizmalarının daha iyi anlaşılması için bu TOPO'nun ekstraksiyon ve sıyırma reaksiyonları sırasıyla denklem (5.1) ve (5.2)'de verilmektedir.

TOPO ile galyumun ekstraksiyon ve sıyırma mekanizması

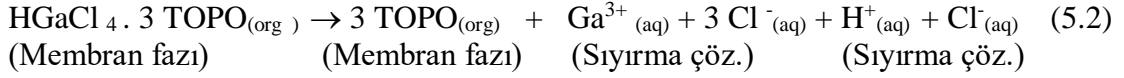
Trioktil fosfinoksit (TOPO) ile galyumun ekstraksiyon ve ayırma mekanizması denklem (5.1) ve (5.2) ile verilmektedir.



a) Derişik hidroklorik asitli çözeltilerdeki galyumun TOPO ile ekstraksiyonu [128-129].



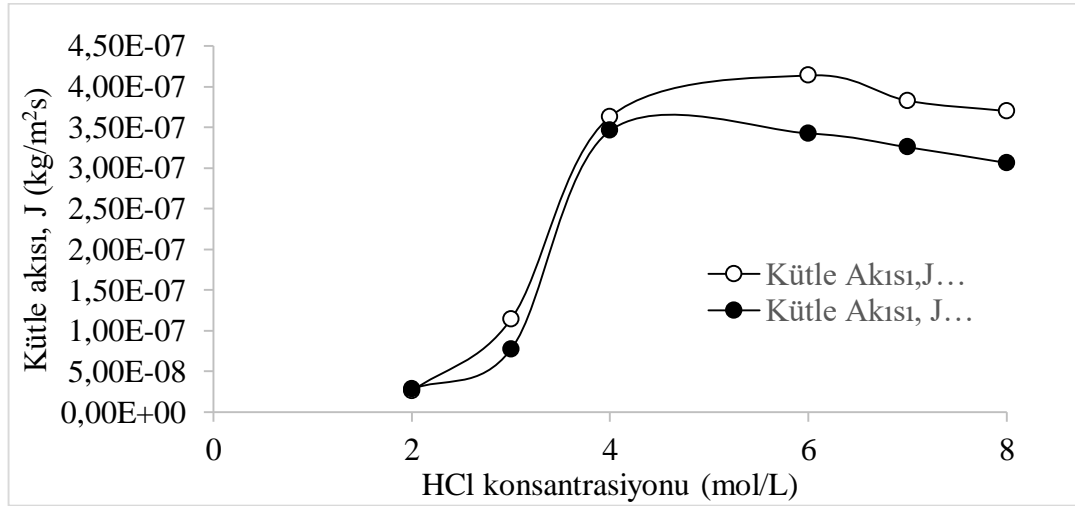
b) Seyreltik hidroklorik çözeltisi ile galyumun sıyırılması [128-129]



5.3. Besleme Çözeltisi HCl Konsantrasyonunun Etkisi

Besleme çözeltisindeki HCl konsantrasyonunun etkisini incelemek için, HCl konsantrasyonunu 2 M ile 8 M arasında değiştirilerek elde edilen sonuçlar Tablo 4.2.1 ila 4.2.8 ve Şekil 4.2.1 ila 4.2.9'da gösterilmektedir. Tablo 4.2.8 ve Şekil 4.2.9'dan görüldüğü gibi, HCl konsantrasyonu 2 mol/L'den 6 mol/L'ye arttırıldığında galyumun kütle akısı maksimum bir değere ulaşmakta, daha sonra ise azalmaktadır. Tablo 4.2.7 ve Şekil 4.2.9'dan galyumun en yüksek kütle akısı 6 mol/L HCl konsantrasyonunda elde edilmiştir. Benzer davranış başka araştırmacılar tarafından da gözlenmiştir durum başka araştırmacılar tarafından da gözlenmiştir [130-133]. Bunun sebebi asit konsantrasyonunun artmasıyla hızındaki artış büyük oranlarda oluşan ekstrakte edilebilir HGaCl_4^- kompleksidir. Bununla beraber, [134] tarafından belirtildiği gibi, daha yüksek HCl konsantrasyonlarında HCl'in ekstraksiyonu da meydana gelir. Bu ise sonuç olarak GaCl_4^- ve HCl-TOPO arasındaki yarışma etkisi sonucu galyumun ekstraksiyonunu azaltır. HCl konsantrasyonunun galyumun kütle akısına etkisi Şekil 5.3.1'de gösterilmektedir. HCl konsantrasyonu 2 mol/L'den 8 mol/L'ye arttırıldığında kütle akısı besleme HCl konsantrasyonu 6 mol/L olana kadar artmakta ve daha sonra

ise azalma göstermektedir. Şekil 5.3.2’den görüldüğü üzere galyuma ait iki farklı akı besleme ve sıyırma çözeltisi konsantrasyonlarından denklem (3.1)’den hesaplanmıştır. İki akı arasındaki fark HCl konsantrasyonunun artmasıyla biraz artmaktadır. Bu fark membran içerisinde bir birikmenin olduğunu ve bunun da konsantrasyon artışıyla giderek arttığını göstermektedir. Benzer davranış başka araştırmacılar tarafından da gözlenmiştir [131].

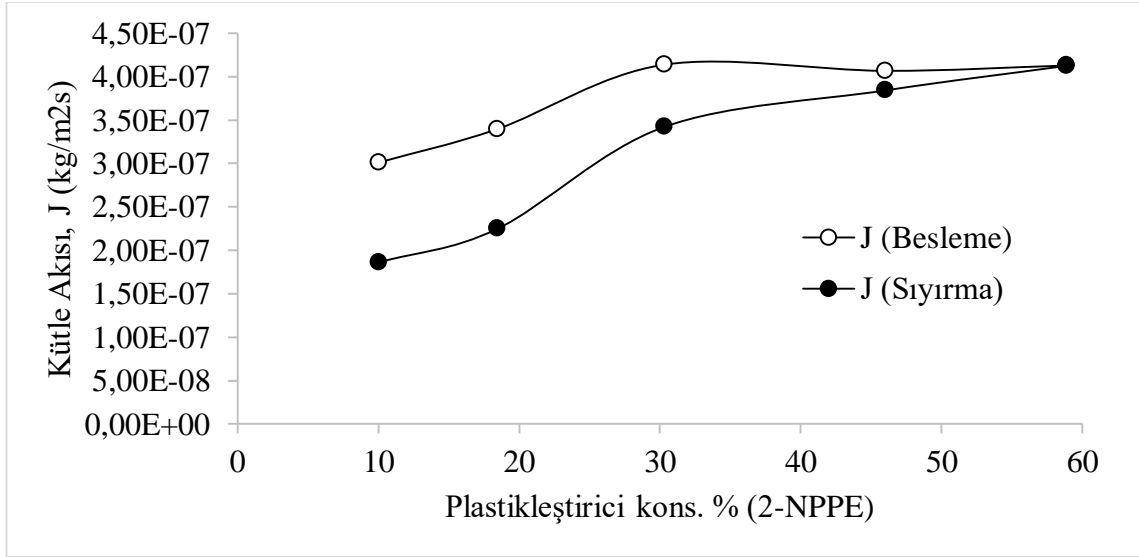


Şekil 5.3.1. Besleme çözeltisi HCl konsantrasyonunun galyumun kütle akısına etkisi. (Ekstraktant (TOPO): % 39,39 (w/w) Plastikleştirici (2-NPPE): % 30,30 (w/w) ; CTA: % 19,84 (w/w); (○) Sıyırma çözeltisi: 80 mL 0.1 M HCl; (●) Besleme çözeltisi: 80 mL (100 mg/L Ga³⁺, 1000 mg/L Zn²⁺, 600 mg/L Co²⁺, 600 mg/L Ni²⁺, (2,3,4,6,7,8) M HCl);Besleme çözeltisinin ve sıyırma çözeltisinin karıştırma hızı: 700 dev/dak]

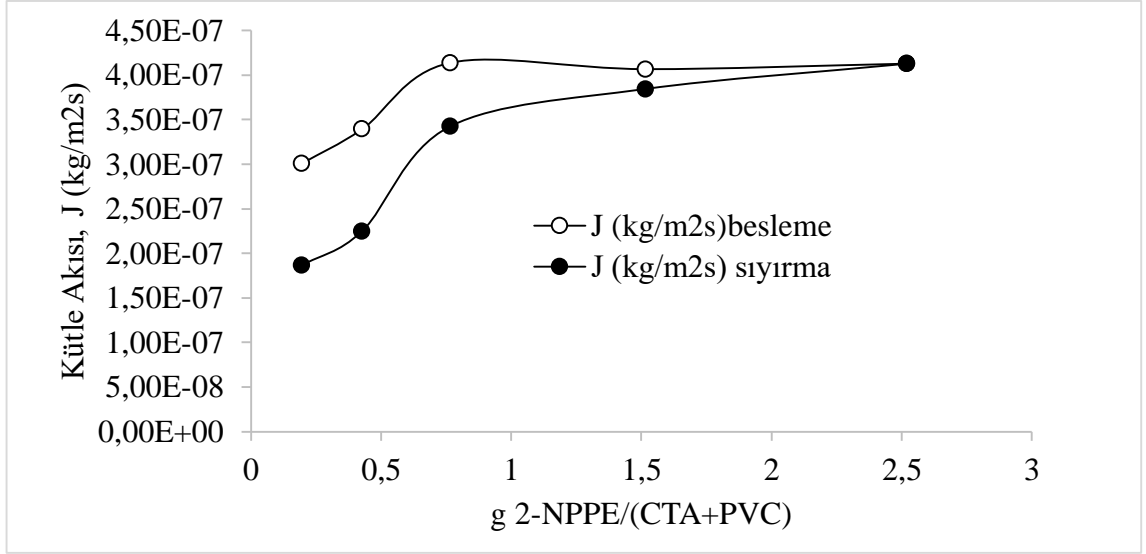
5.4. Plastikleştirici Konsantrasyonunun Etkisi

Plastikleştiriciler, sert ve rijid plastikleri daha yumuşak ve daha esnek yapmak için katılan bileşiklerdir. Sürekli kullanım amacıyla membranın kimyasal ve mekanik dayanıklılığını arttırmak için Polimer İçerikli Membranlara (PİM) bu bileşiklerin ilavesi konusunda bir ilgi vardır. Sabit miktarlardaki TOPO (ekstraktant) ve baz polimere (CTA ve/veya PVC) değişen miktarlarda plastikleştiricinin (2-nitro fenil pentil eter, 2-NPPE) katılmasıyla hazırlanan PİM’ler denemeye tabi tutulmuştur. Plastikleştirici konsantrasyonu % 10 ila % 58.9 w/w arasında değiştirilerek galyumun kütle akısına etkisi incelenerek Şekil 5.4.1’de gösterilmektedir. Ayrıca, plastikleştirici konsantrasyonu 0,195 ila 2,519 mg 2-NPPE/g (CTA+PVC) olarak da Şekil 5.4.2’de

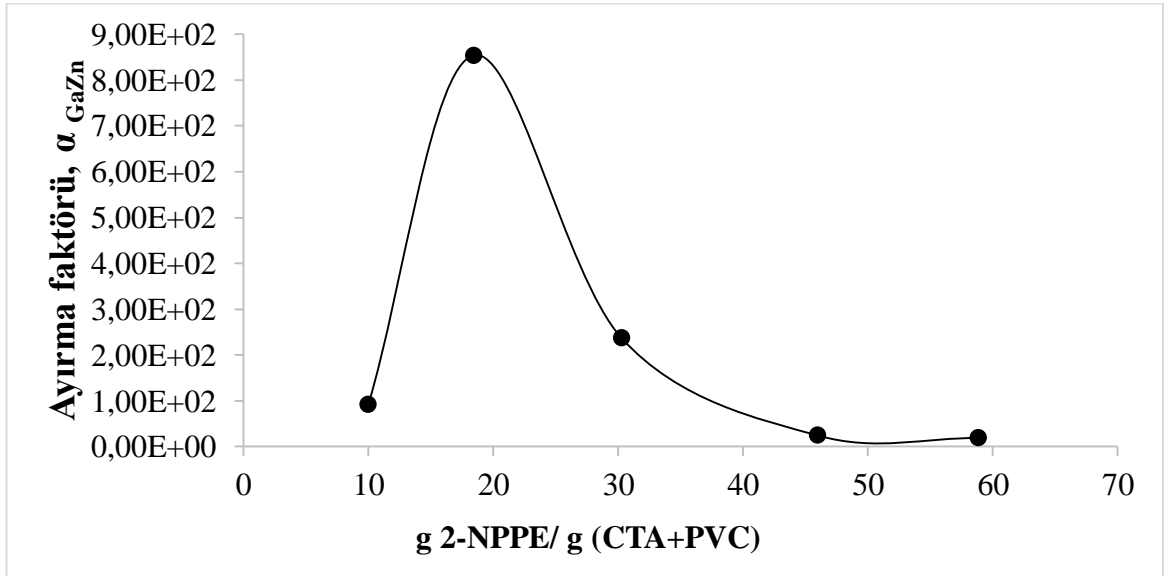
gösterilmiştir. Her iki plastikleştirici konsantrasyonları için Şekil 5.4.1 ve Şekil 5.4.2'den de görüldüğü gibi benzer sonuçlar elde edilmiş olup, plastikleştirici arttıkça galyumun kütle akısı artmakta ve belirli bir doygunluğa erişmektedir. Benzer davranış bir çok çalışmada da gözlenmiştir [135-137,140]. Buna ek olarak, plastikleştirici konsantrasyonunun galyumun çinkoya göre olan ayırma faktörü üzerine etkisi de incelenerek Şekil 5.4.3'de gösterilmektedir. Plastikleştirici konsantrasyonu % 10'dan % 30'a w/w arttırıldığında ayırma faktörü 100'den 600'e artmakta, fakat plastikleştirici konsantrasyonundaki daha fazla değişimde ayırma faktörü giderek azalarak sonunda 22.9 değerine kadar düşmektedir. Bu sebeple plastikleştirici konsantrasyonunun daha arttırılması galyumun çinkoya olan seçiciliğini azaltmaktadır.



Şekil 5.4.1 Plastikleştirici konsantrasyonunun kütle akısına etkisi (% 2-NPPE) : 10; 8,4; 30,3 ; 46,0; 58,9; Ekstraktant (TOPO): % 39,39 (w/w) (●) Sıyırma çözeltisi: 80 mL 0.1 M HCl; (○) Besleme çözeltisi: 80 mL (100 mg/L Ga³⁺, 1000 mg/L Zn²⁺, 600 mg/L Co²⁺, 600 mg/L Ni²⁺, 6 M HCl); Besleme çözeltisinin ve Sıyırma çözeltisinin karıştırma hızı: 700 dev/dak]



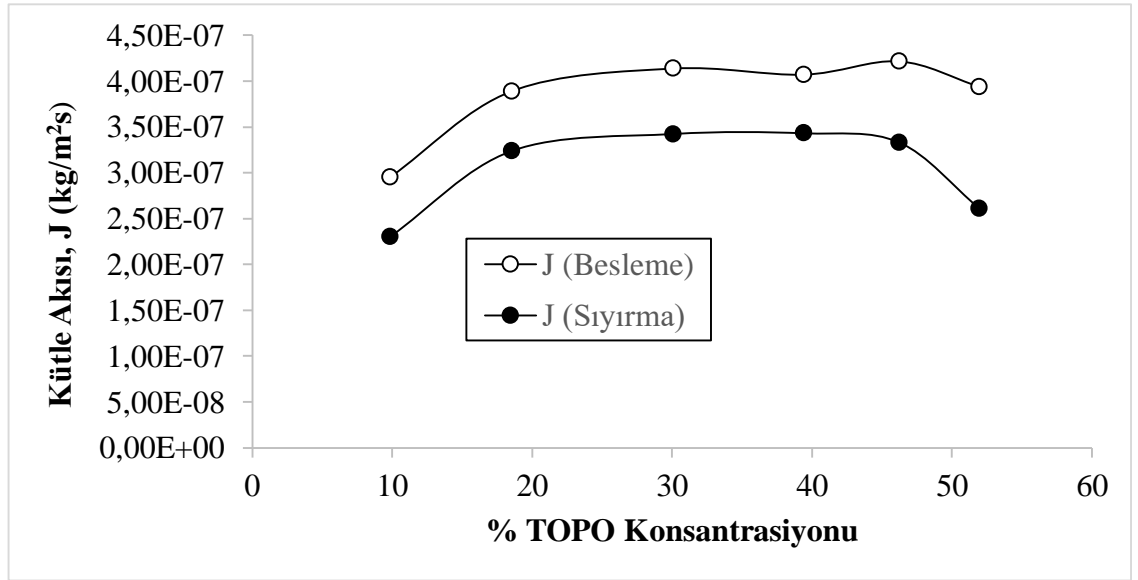
Şekil 5.4.2 Plastikleştirici (2-NPPE) konsantrasyonunun kütle akısına etkisi (g 2-NPPE/(CTA+PVC)): 0,195, 0,427, 0,765, 1,516, 2,519; Ekstraktant (TOPO): % 39,39 (w/w) (●) Sıyırma çözeltisi: 80 mL 0.1 M HCl; (○) Besleme çözeltisi: 80 mL (100 mg/L Ga³⁺, 1000 mg/L Zn²⁺, 600 mg/L Co²⁺, 600 mg/L Ni²⁺, 6 M HCl); Besleme çözeltisinin ve Sıyırma çözeltisinin karıştırma hızı: 700 dev/dak]



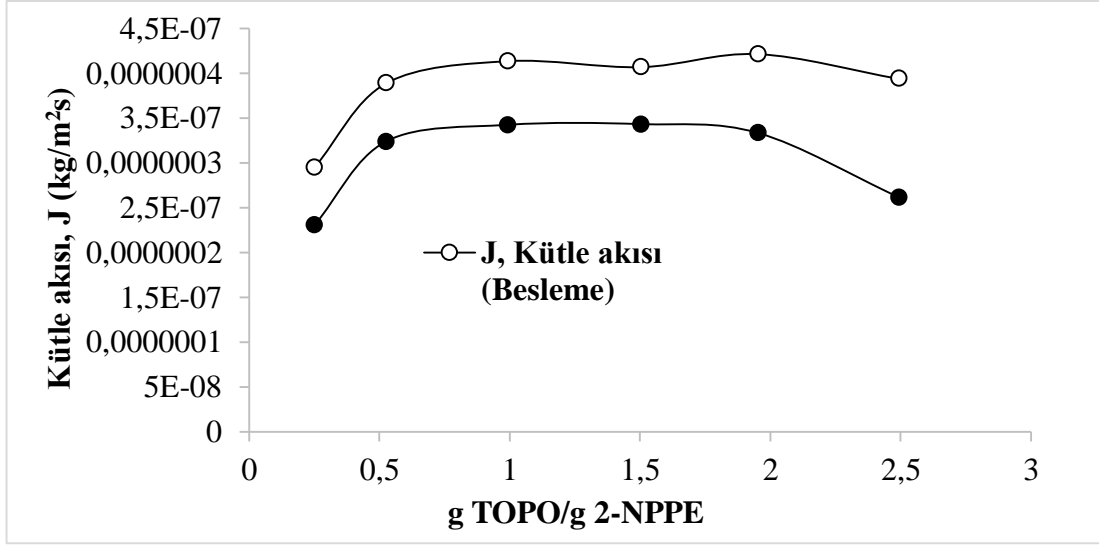
Şekil 5.4.5. Plastikleştirici konsantrasyonunun ayırma faktörü etkisi (% 2-NPPE) : 10; 18,42; 30,29; 46,0; 58,87; Ekstraktant (TOPO): % 39,39 (w/w); Sıyırma çözeltisi: 80 mL 0.1 M HCl; Besleme çözeltisi: 80 mL (100 mg/L Ga³⁺, 1000 mg/L Zn²⁺, 600 mg/L Co²⁺, 600 mg/L Ni²⁺, 6 M HCl); Besleme çözeltisinin ve Sıyırma çözeltisinin karıştırma hızı: 700 dev/dak]

5.5. TOPO Konsantrasyonunun Etkisi

TOPO konsantrasyonu % 10 ila 52.8 w/w veya diğer bir birimle 0,252 ila 2,495 g TOPO/g 2-NPPE arasında değiştirilerek galyumun kütle akısına etkisi Şekil 5.5.1 ve 5.5.2’de gösterilmektedir. Sonuçlardan, galyumun kütle akısı % 46.2 TOPO konsantrasyonuna kadar arttırıldığında, kütle akısı da artmakta, ancak konsantrasyondaki daha fazla artış akının azalmasına yol açmaktadır [127, 139-141]. Burada da gene besleme ve sıyırma çözeltilerine dayanan galyumun kütle akıları hesaplanmıştır. İki akı arasındaki fark gene membran içerisinde bir birikmenin olduğunu göstermektedir [142,137].



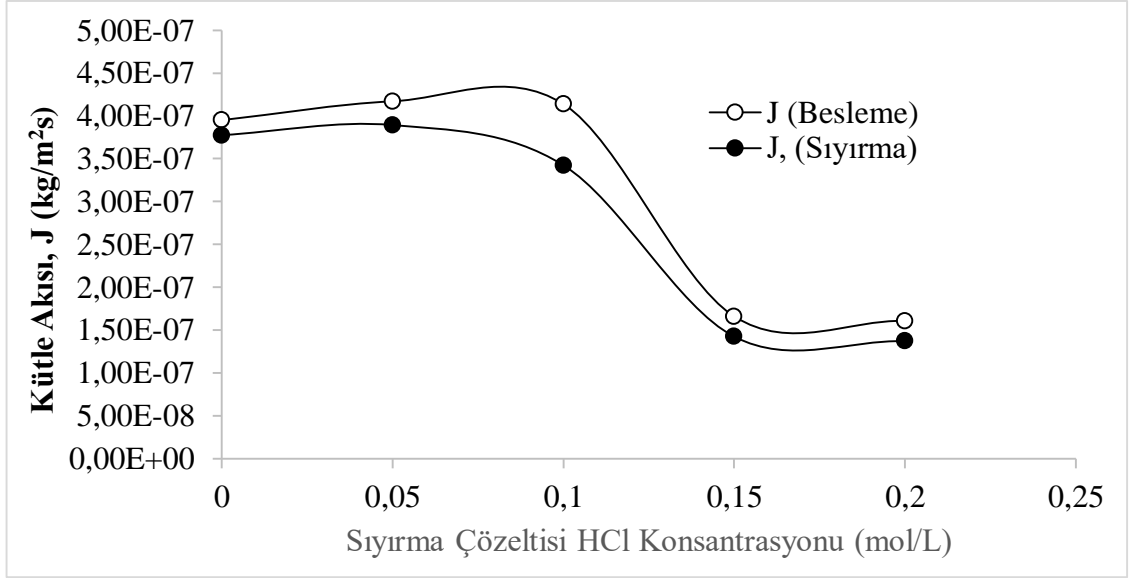
Şekil 5.5.1 Ekstaraktant TOPO konsantrasyonunun kütle akısına etkisi ((TOPO (%) w/w): 9,9; 18,6; 30,1; 39,4; 46,2; 52,0; (●) Sıyırma çözeltisi: 80 mL 0.1 M HCl; (○) Besleme çözeltisi: 80 mL (100 mg/L Ga³⁺, 1000 mg/L Zn²⁺, 600 mg/L Co²⁺, 600 mg/L Ni²⁺, 6 M HCl);Besleme çözeltisinin ve Sıyırma çözeltisinin karıştırma hızı: 700 dev/dak]



Şekil 5.5.2 Ekstraktant TOPO konsantrasyonunun kütle akısına etkisi (g TOPO/g 2-NPPE): 0,252, 0,527, 0,993, 1,504, 1,953, 2,495; (●) Sıyırma çözeltisi: 80 mL 0.1 M HCl; (○) Besleme çözeltisi: 80 mL (100 mg/L Ga³⁺, 1000 mg/L Zn²⁺, 600 mg/L Co²⁺, 600 mg/L Ni²⁺, 6 M HCl); Besleme çözeltisinin ve Sıyırma çözeltisinin karıştırma hızı: 700 dev/dak]

5.6. Sıyırma Çözeltisi HCl Konsantrasyonunun Etkisi

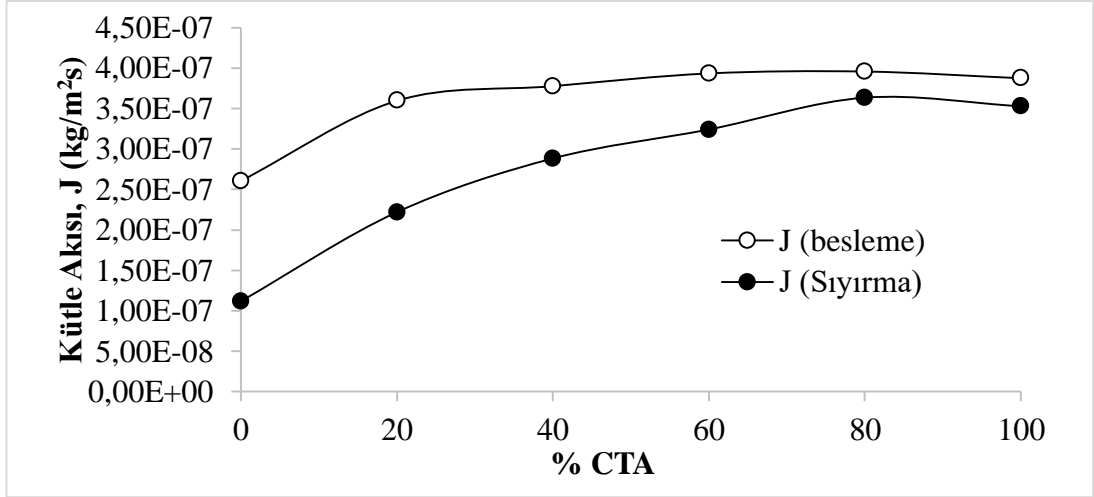
Hem ekstraksiyon ve hem de sıyırma, metal iyonunun taşınımı için PİM'lerde eş zamanlı olarak meydana geldiğinden, sıyırma çözeltisinin konsantrasyonunun galyumun ekstraksiyon hızına etkisini incelemek önemlidir. Şekil 5.6.1 besleme çözeltisi ve sıyırma çözeltisi konsantrasyon verilerini kullanarak denklem (3.1)'den hesaplanan galyumun kütle akılarının vermektedir. HCl konsantrasyonu 0 ila 0.2 mol/L arasında değiştirilerek galyumun akısına etkisi incelenmiştir. Şekil 5.6.1'den, HCl konsantrasyonu artarken akı önce artmakta ve 0.1 M HCl konsantrasyonundan sonra galyumun akısı azalmakta ve daha sonra yaklaşık olarak sabit kalmaktadır. Benzer sonuçlar diğer çalışmalarda da elde edilmiştir [130,143,144,145].



Şekil 5.6.1. Sıyırma çözeltisi HCl konsantrasyonunun kütle akısına etkisi: 0,2; [Ekstraktant (TOPO): % 51,98 (w/w); Plastikleştirici (2-NPPE): % 30,21 (w/w) ; CTA: %19,87 (w/w); (●)Sıyırma çözeltisi: 80 mL 0; 0,02; 0,05; 0,1; M HCl; (○) Besleme çözeltisi: 80 mL (100 mg/L Ga³⁺, 1000 mg/L Zn²⁺, 600 mg/L Co²⁺, 600 mg/L Ni²⁺, 6 M HCl); Besleme ve sıyırma çözeltisinin karıştırma hızı: 700 dev/dak]

5.7.1 CTA Oranının Galyumun Kütle Akısına Etkisi

PİM araştırmalarında kullanılan baz polimerlerin çoğu polimer zincirleri arasında hiçbir çapraz bağ olmamasından dolayı organik çözücülerde kolaylıkla çözünebilmelerini sağlayan termoplastik özelliklerinde dolayı PVC ve CTA hala sıklıkla kullanılmaktadır. Bu suretle bu polimerler PİM'lere hala kuvvetli bir mekanik mukavemet sağlarlar. PVC esaslı PİM'lerin CTA esaslı olanlardan daha stabil olduğu belirtilmiştir[147-148]. Bununla beraber kullanılan baz polimerlerin stabilitesinden dolayı PİM'ler sınırlı bir uygulama alanına sahiptir. PİM'lerde en çok kullanılan baz polimer CTA olup, çok iyi film oluşturma özelliğine sahiptir. Bununla beraber, CTA kullanmanın bir dezavantajı kuvvetli asidik ve kuvvetli bazik çözeltilerde hidroliz olduğu konusundadır [146]. CTA hidrolizinin sebep olduğu uzun süreli stabilite problemi, CTA'nın baz polimer olarak PİM'lerde pratik olarak kullanılmasını sınırlandırmaktadır. Bu problemi çözmek için tipik bir yaklaşım PVC ve CTA baz polimerlerinin bir karışımının kullanılmasıdır.



Şekil 5.7.1. CTA yüzdesinin kütle akısına etkisi: CTA: 0 ila 1; [Ekstraktant (TOPO): % 52,0 (w/w); Plastikleştirici (2-NPPE): % 26,3 (w/w); (●)Sıyırma çözeltisi: 80 mL 0,1 M HCl; (○) Besleme çözeltisi: 80 mL (100 mg/L Ga³⁺, 1000 mg/L Zn²⁺, 600 mg/L Co²⁺, 600 mg/L Ni²⁺, 6 M HCl); Besleme ve sıyırma çözeltisinin karıştırma hızı: 700 dev/dak]

CTA oranı, CTA miktarının iki baz polimer PVC ile CTA miktarlarının toplamına oranı olarak tanımlanmıştır. Parametre olarak CTA oranı 0 ila 1, diğer bir deyimle saf PVC ile saf CTA arasında değiştirilerek Şekil 5.7.1'de görüldüğü gibi, galyumun kütle akısına etkisi incelenmiştir. Şekil 5.7.1'den görüldüğü gibi, CTA oranı 0'dan 1'e arttıkça galyumun kütle akısı da artmaktadır. Şekil 5.7.1'de gösterilen kütle akıları besleme çözeltileri ve sıyırma çözeltileri konsantrasyonlarından hesaplanan kütle akılarıdır. Her CTA oranında görülen bu fark membran içerisinde bir galyum birikmesinin olduğunu göstermektedir. Grafikten bu farkın membranın baz polimer bileşiminin saf PVC membrandan saf CTA membrana doğru gidildiğinde membran içerisindeki birikmenin azaldığını göstermektedir. Galyumun birikmesi saf PVC için % 57,1'den saf CTA için % 9,0'a düştüğünü göstermektedir. Bu durum başka çalışmalarda da rapor edilmiştir [136-137, 140].

5.7.2 CTA Oranının Galyumun Ayırma Faktörüne Etkisi

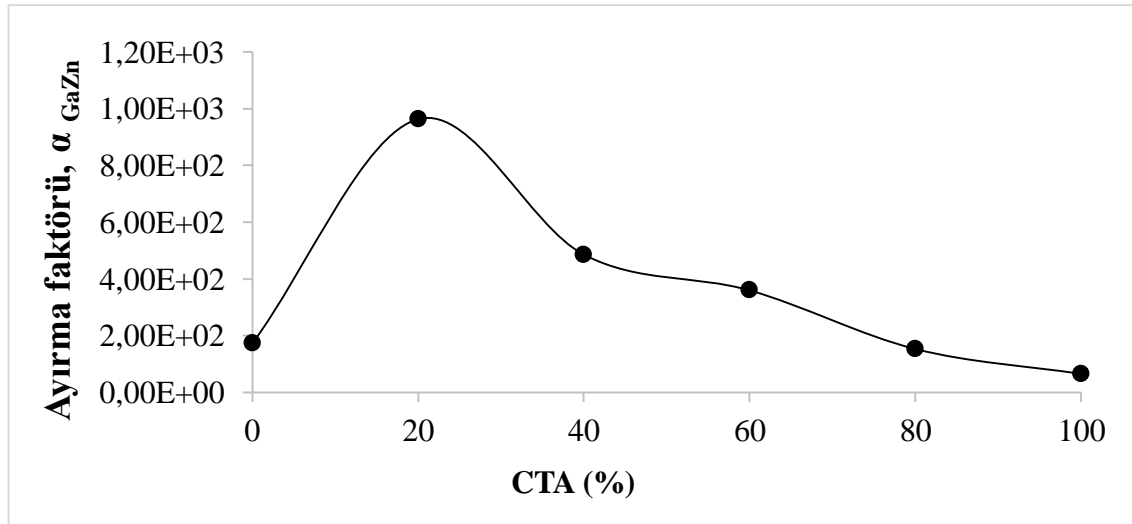
CTA oranının galyumun çinkoya göre ayırma faktörü Şekil 5.7.2, galyumun kobalta göre ayırma faktörü Şekil 5.7.3, nikel'e göre ayırma faktörü Şekil 5.7.4, galyumun çinko, kobalt ve nikel iyonlarına göre ayırma faktörleri ise Şekil 5.7.5'de gösterilmektedir. Şekil 5.7.5'den, galyumun kobalt ve nikel'e göre ayırma faktörleri

CTA oranı saf PVC'den saf CTA'ya doğru artarken artmaktadır. Buna karşılık, galyumun çinkoya göre ayırma faktörü ise %20 CTA+ % 80 PVC bileşiminde ise maksimum $\alpha_{Ga/Zn} = 1050$ değerine çıkmakta ve daha sonra ise CTA yüzdesi artarken azalmakta ve saf CTA için en düşük değer olan 90 değerine azalmaktadır.

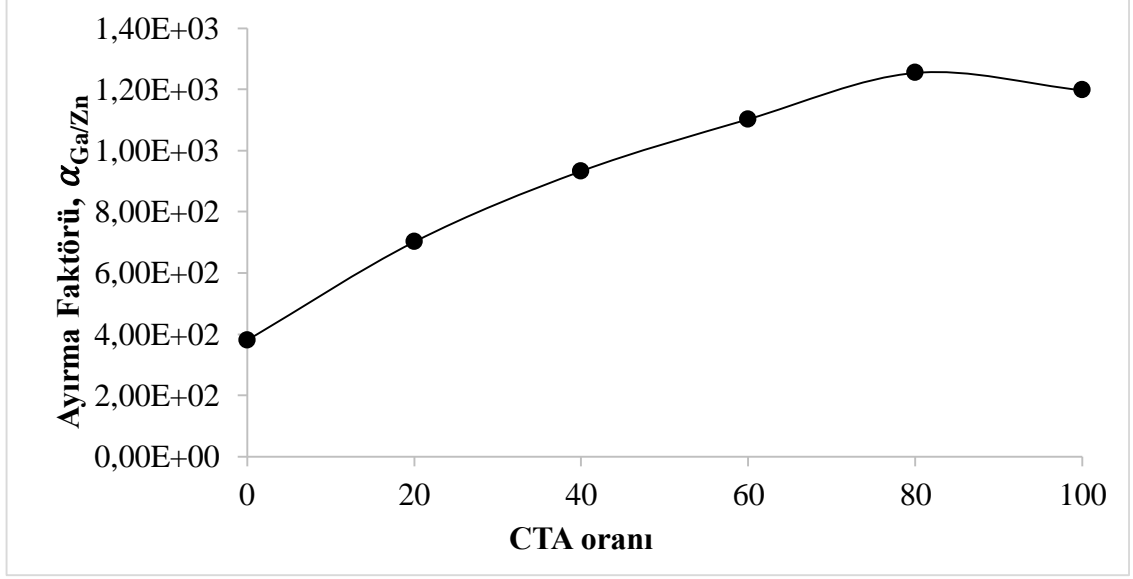
Galyumun kobalt ve nikelere göre ayırma faktörleri 8 saatte sırasıyla $\alpha_{Ga/Co} = 1200$ ve $\alpha_{Ga/Ni} = 876$ değerlerine sahip olmaktadır. Saf PVC, % 20 CTA ve saf CTA baz membranların galyumun çinkoya göre ayırma faktörlerinin zamana göre değişmesi ise Şekil 5.7.6'da gösterilmektedir.

5.8.1 Başlangıç Galyum Konsantrasyonunun Kütle Akısına Etkisi

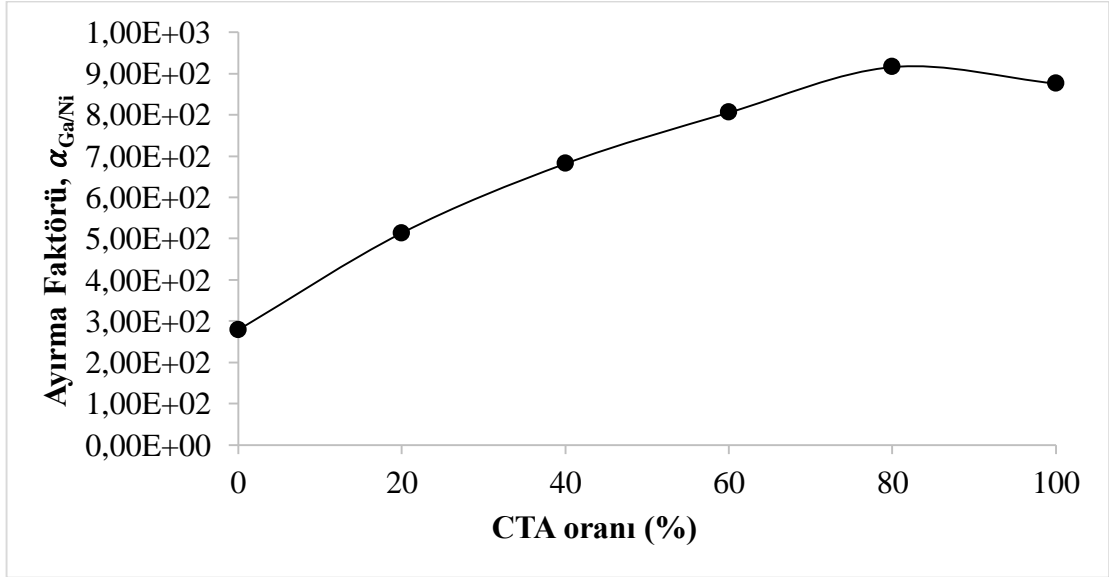
Galyumun başlangıç konsantrasyonu 100 mg/L ila 238.5 mg/L arasında değiştirilerek galyumun kütle akısına etkisi incelenerek elde edilen sonuçlar Şekil 5.8.1'de gösterilmektedir. Grafikten besleme ve sıyırma çözeltilerindeki galyum konsantrasyonlarından elde edilen galyumun kütle akısı değerleri başlangıç konsantrasyonunun artmasıyla galyumun kütle akıları da artmaktadır.



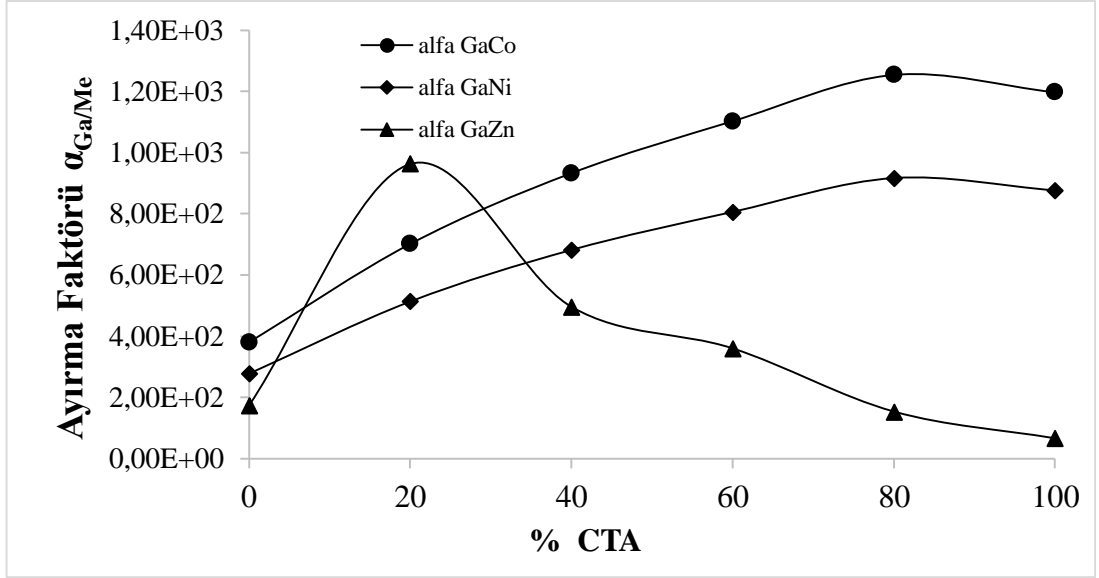
Şekil 5.8.1. CTA yüzdesinin galyumun çinkoya göre ayırma faktörüne etkisi: CTA: 0, 20, 40, 60, 80, 100; [Ekstraktant (TOPO): % 52.0 (w/w); Plastikleştirici (2-NPPE): % 26,3 (w/w); Sıyırma çözeltisi: 80 mL 0.1 M HCl; Besleme çözeltisi: 80 mL (100 mg/L Ga³⁺, 1000 mg/L Zn²⁺, 600 mg/L Co²⁺, 600 mg/L Ni²⁺, 6 M HCl); Besleme ve sıyırma çözeltisinin karıştırma hızı : 700 dev/dak]



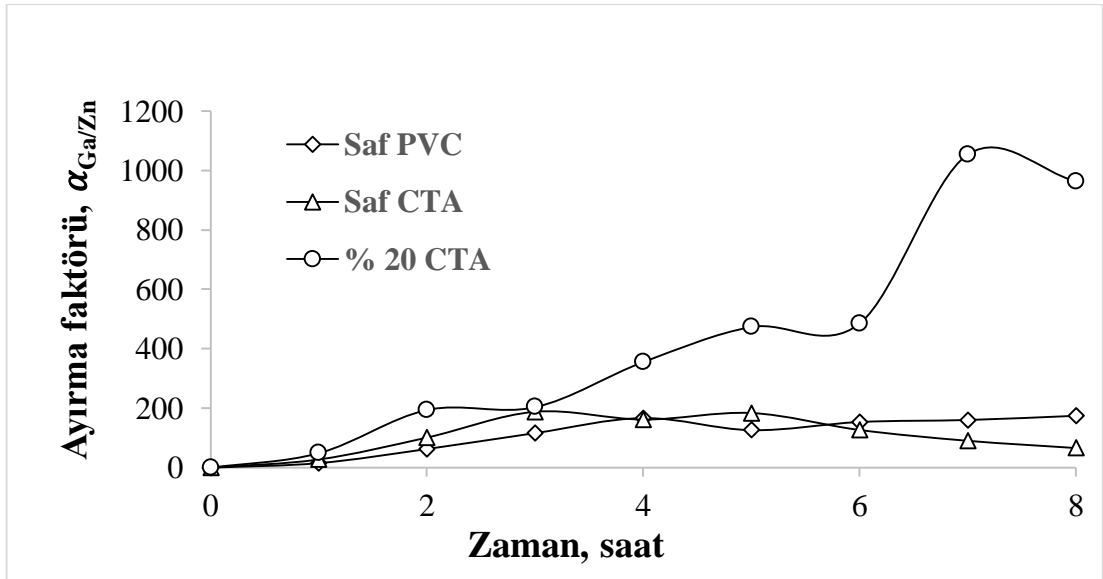
Şekil 5.8.2. CTA yüzdesinin $\alpha_{Ga/Co}$ ayırma faktörüne etkisi : CTA: 0, 20, 40, 60, 80, 100; [Ekstraktant (TOPO): % 51,98 (w/w); Plastikleştirici (2-NPPE): % 26,26 (w/w); Sıyırma çözeltisi: 80 mL 0.1 M HCl; Besleme çözeltisi: 80 mL (100 mg/L Ga^{3+} , 1000 mg/L Zn^{2+} , 600 mg/L Co^{2+} , 600 mg/L Ni^{2+} , 6 M HCl); Besleme ve sıyırma çözeltisinin karıştırma hızı: 700 dev/dak]



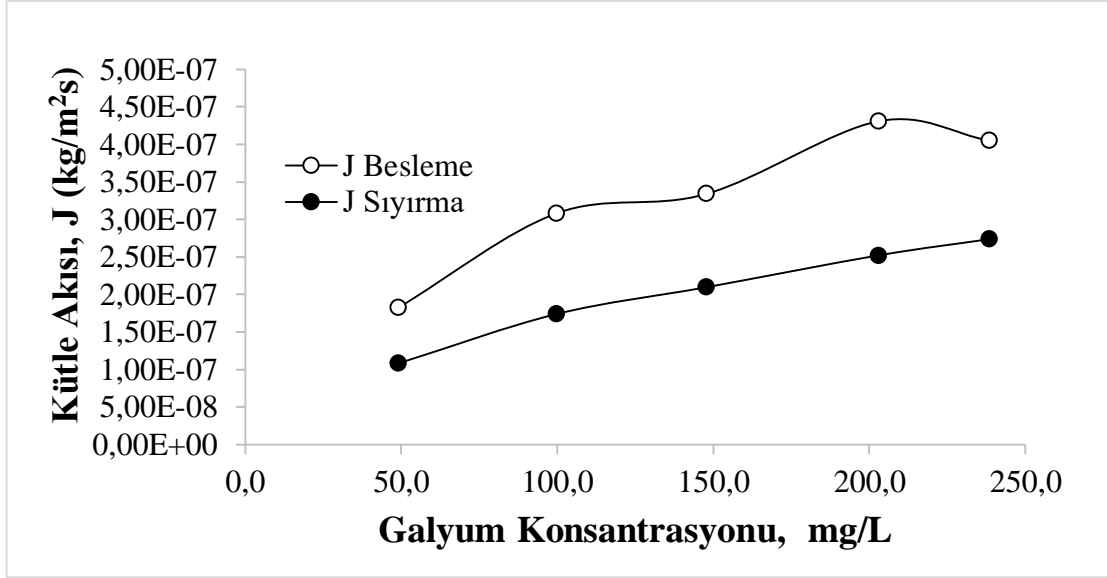
Şekil 5.8.3. CTA yüzdesinin Ga/Ni ayırma faktörüne etkisi : CTA: 0, 20, 40, 60, 80, 100; [Ekstraktant (TOPO): % 52.0 (w/w); Plastikleştirici (2-NPPE): % 26,3 (w/w); Sıyırma çözeltisi: 80 mL 0.1 M HCl; Besleme çözeltisi: 80 mL (100 mg/L Ga^{3+} , 1000 mg/L Zn^{2+} , 600 mg/L Co^{2+} , 600 mg/L Ni^{2+} , 6 M HCl); Besleme ve sıyırma çözeltisinin karıştırma hızı: 700 dev/dak]



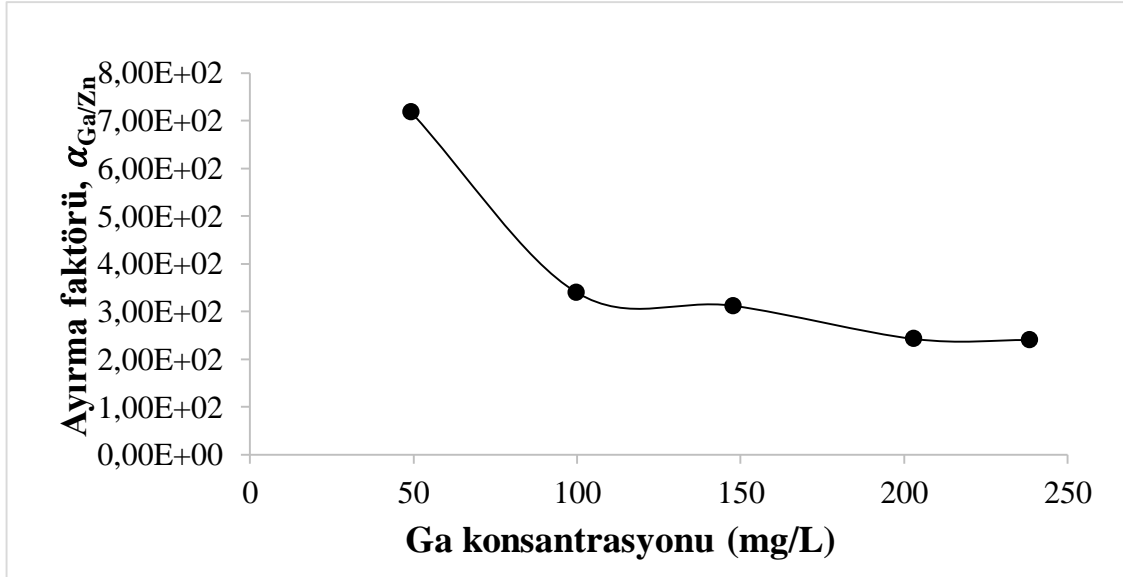
Şekil 5.8.4. CTA yüzdesinin galyumun Zn, Co ve Ni iyonlarının ayırma faktörlerine etkisi : 0, 20, 40, 60, 80, 100; [Ekstraktant (TOPO): % 51,98 (w/w); Plastikleştirici (2-NPPE): % 26,3 (w/w); Sıyırma çözeltisi: 80 mL 0.1 M HCl; Besleme çözeltisi: 80 mL (100 mg/L Ga³⁺, 1000 mg/L Zn²⁺, 600 mg/L Co²⁺, 600 mg/L Ni²⁺, 6 M HCl); Besleme ve sıyırma çözeltisinin karıştırma hızı: 700 dev/dak]



Şekil 5.8.5. CTA yüzdesinin ayırma faktörüne etkisi: CTA: 0, 20, 100; [Ekstraktant (TOPO): % 51,98 (w/w); Plastikleştirici (2-NPPE): % 26,26 (w/w); Sıyırma çözeltisi: 80 mL 0.1 M HCl; Besleme çözeltisi: 80 mL (100 mg/L Ga³⁺, 1000 mg/L Zn²⁺, 600 mg/L Co²⁺, 600 mg/L Ni²⁺, 6 M HCl); Besleme ve sıyırma çözeltisinin karıştırma hızı: 700 dev/dak]



Şekil 5.8.6. Besleme çözeltisi galyum konsantrasyonunun kütle akısına etkisi: (Ga mg/L): 50, 100, 150, 200, 250; [Ekstraktant (TOPO): % 51,98 (w/w); Plastikleştirici (2-NPPE): % 26,26 (w/w); (●)Sıyırma çözeltisi: 80 mL 0.1 M HCl; (○) Besleme çözeltisi: 80 mL (100 mg/L Ga³⁺, 1000 mg/L Zn²⁺, 600 mg/L Co²⁺, 600 mg/L Ni²⁺, 6 M HCl); Besleme ve sıyırma çözeltisinin karıştırma hızı: 700 dev/dak]



Şekil 5.8.7. Besleme çözeltisi galyum konsantrasyonunun ayırma faktörüne etkisi: (Ga mg/L): 50, 100, 150, 200, 250; [Ekstraktant (TOPO): % 51,98 (w/w); Plastikleştirici (2-NPPE): % 26,26 (w/w); Sıyırma çözeltisi: 80 mL 0.1 M HCl; Besleme çözeltisi: 80 mL (100 mg/L Ga³⁺, 1000 mg/L Zn²⁺, 600 mg/L Co²⁺, 600 mg/L Ni²⁺, 6 M HCl); Besleme ve sıyırma çözeltisinin karıştırma hızı: 700 dev/dak]

5.8.2 Başlangıç Galyum Konsantrasyonunun Ayırma Faktörüne Etkisi

Galyumun başlangıç konsantrasyonu 100 mg/L ila 238.5 mg/L arasında değiştirilerek galyumun çinkoya göre ayırma faktörüne göre etkisi incelenerek elde edilen sonuçlar Şekil 5.8.2'de gösterilmektedir. Şekil 5.8.2'den, 100 mg/L Ga galyumun başlangıç konsantrasyonu için, ayırma faktörü ($\alpha_{Ga/Zn}$) 742 değerinden 238.5 mg/L Ga konsantrasyonu için $\alpha_{Ga/Zn} = 240$ değerine düşmektedir.

SONUÇLAR

Galyum, çinko, kobalt ve nikel içeren asidik çözeltilerden galyumun polimer içerikli membranlarla (PİM) galyumun ekstraksiyon hızına ve diğer iyonlardan ayrılmasına etki eden besleme ve sıyırma çözeltilerindeki HCl konsantrasyonu, plastikleştirici konsantrasyonu, ekstraktant (TOPO) konsantrasyonu, baz polimer cinsi (CTA ve PVC) ve CTA oranı ve başlangıç galyum konsantrasyonu gibi parametreler deneysel olarak incelenerek aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

- 1) Asidik çözeltilerden galyumun ekstraktant TOPO ile ekstraksiyonunda en yüksek kütle akısı 6 M HCl besleme çözeltisi ve 0.1 M HCl çözeltisiyle elde edilmiştir.
- 2) Galyumun en yüksek kütle akısı membranda % 58.9 w/w plastikleştirici (2-nitrofenil pentil eter, 2-NPPE) veya 2.52 g 2-NPPE/g (CTA+PVC) konsantrasyonu ile 4.13×10^{-7} kg/m².s olarak elde edilmiştir.
- 3) Trioktil fosfin oksit (TOPO) konsantrasyonu % 10 ila % 52.0 w/w oranında değiştirildiğinde galyumun ekstraksiyon verimi artmakta olup, en uygun ekstraktant (TOPO) konsantrasyonu % 46.0 w/w olarak bulunmuştur.
- 4) Baz polimer (CTA+PVC) bileşimi, CTA'nın kütle kesri olarak 0'dan 1'e arttıkça galyumun kütle akısı da artmaktadır. Her CTA bileşiminde görülen bu fark, membran içerisinde bir galyum birikmesinin olduğunu göstermektedir. Grafikten membranın baz polimer bileşiminin saf PVC membrandan saf CTA membrana doğru gidildiğinde membran içerisindeki birikmenin azaldığını göstermektedir. Galyumun birikmesi saf PVC için % 57.1'den saf CTA için % 9.0'a düştüğünü göstermektedir.
- 5) Galyumun kobalt ve nikel göre ayırma faktörleri CTA oranı saf PVC'den saf CTA'ya doğru artarken artmaktadır. Buna karşılık, galyumun çinkoya göre ayırma faktörü ise % 20 CTA+ % 80 PVC bileşiminde maksimum $\alpha_{Ga/Zn} = 1050$ değerine çıkmakta ve daha sonra ise CTA yüzdesi artarken azalmakta ve saf CTA için en düşük değer olan 90 değerine azalmaktadır. Galyumun kobalt ve nikel göre

ayırma faktörleri 8 saatte sırasıyla $\alpha_{Ga/Co} = 1200$ ve $\alpha_{Ga/Ni} = 876$ olarak bulunmuştur.

6) Galyumun kobalt ve nikelere göre ayırma faktörleri CTA oranı saf PVC'den saf CTA'ya doğru artarken artmaktadır. Buna karşılık, galyumun çinkoya göre ayırma faktörü ise % 20 CTA+ % 80 PVC bileşiminde ise maksimum $\alpha_{Ga/Zn} = 1050$ değerine çıkmakta ve daha sonra ise CTA yüzdesi artarken azalmakta ve saf CTA için en düşük değer olan 90 değerine azalmaktadır.

Galyumun kobalt ve nikelere göre ayırma faktörleri 8 saatte sırasıyla $\alpha_{Ga/Co} = 1200$ ve $\alpha_{Ga/Ni} = 876$ değerlerine sahip olmaktadır.

7) Galyumun başlangıç konsantrasyonu 100 mg/L ila 238.5 mg/L arasında değiştirilerek galyumun çinkoya göre ayırma faktörü; 100 mg/L Ga galyumun başlangıç konsantrasyonu için $\alpha_{Ga/Zn} = 742$ değerinden 238.5 mg/L Ga başlangıç konsantrasyonu için $\alpha_{Ga/Zn} = 240$ değerine düşmektedir.

8) Galyumun başlangıç konsantrasyonu 100 mg/L ila 238.5 mg/L arasında değiştirilerek galyumun kütle akısına etkisi incelenmiş, besleme ve sıyırma çözeltilerindeki galyum konsantrasyonlarından elde edilen galyumun kütle akısı değerleri başlangıç konsantrasyonunun artmasıyla artmaktadır.

ÖNERİLER

- Derişik HCl çözeltilerinden TOPO ile galyumun diğer iyonlardan seçici olarak ekstraksiyon mekanizması PİM şartlarında incelenmelidir.
- Ekstraksiyona sıcaklığın etkisi de incelenmelidir.
- TOPO dışında diğer ekstraktant türlerinin galyumun ekstraksiyon hızına ve seçiciliğine etkisi incelenmelidir.
- Galyumun ekstraksiyonuna iyonik sıvıların etkisi incelenebilir.
- Ekstraksiyon mekanizmasının matematiksel modellenmesi yapılabilir.

KAYNAKLAR

- [1] LI, N.N., US. Patent 3416194, Nov. 12, 1968.
- [2] fujinawa, k., akiyama, m., shono, a., imaishi, n, hozawa, m., “ Application of supported liquid membrane to a hydrometallurgical process of gallium and indium”, Kagaku Kogaku Ronbunshu, 15 , 381-387,(1989).
- [3] Teramoto, M., Kariya, A., Yomeyama, T., Ohnishi, N., Matsuyama, H., Miyake, Y., “Separation Of Gallium And Separation Indium By Supported Liquid Membrane Containing 2-Bromodecanoic Acid As Carrier: Desing Of Supported Liquid Membrane Module Based On Batch Permeation Experiments,” Hydrometallurgy, 33, 1-15,(1993).
- [4] De Schepper, A., “Liquid Liquid Extraction Of Gallium By Tri-N-Butyl Phosphate”, Hydrometallurgy, 4, 285-290, (1979).
- [5] Jiang, H., Olsen, T.M., Torma, A.E., Socorro,P.E., “Sulfuric Acid Leaching Of A Gallium And Germanium Ore” Metal 42, 785-787,(1988).
- [6] Gutierrez, B., Pozos, C., Coca, J.,“ Solvent Extraction of Gallium from Hydrochloric Acid Solution by Amberlite LA -2, ” J. Chem. Tech. Biotechnol, 61, 241-245,(1994).
- [7] Kondo. K., Yano, K., Matsumoto, M., “Synergistic Extraction of Gallium (III) with 2-Ethyl- Hexylphosphonic Acid Mono-2-Ethylhexyl ester in the Presence of oxine Derivatives,.” Journal of Chemical Engineering Japan , 29(5), 836-841,(1996).
- [8] Nishihama, S., Hirai, T. And Komazawa, L. “Recovery of Gallium and Indium from Simulated Zinc Refinery Residve by liquid-liquid Extraction”, Ind. Eng. Chem. Res. 38, 1032-1039, (1999).
- [9] Carvalho, M., Cristina,K., Neto, M., Nobrega, W.A., Medeiros, A.J., “Recovery of Gallium and Indium from Aluminum Industry Residuves” Separation Science and Technology, 35, 57-67, (2000).
- [10] Sato, T., Oishi,H., “Solvent Extraction of Gallium (III) from Sodium Hydroxide solution by Alkylated Hydroxyquinoline,” Hydrometallurgy,16,315-324,(1986).
- [11] Bauer, D., Pescher-Cluzeou, Y., “Liquid-liquid Extraction of Aluminum and Gallium with 5-Substituted 8-Hydroxyquinolines,” Hydrometallurgy,18, 243-253 ,(1987).
- [12] Gefvert, D.L., “Dioxime Kinetic Enhancer for Solvent Extraction of Gallium from Basic Aqueous Solutions There of,” US Patent 4,855,114 Aug.8,1989.
- [13] Purvada, G.V.K., Chandrasehar, P.R., “Solvent Extraction of Gallium from an Indian Bayer Process Liquor Using Kelex 100”, Minerals Engng.,9,1049-1058,(1996).
- [14] Purvada, G.V.K., “Liquid-liquid Extraction of Gallium from Bayer Process Liquor Using Kelex 100 in the presence of Surfactants” Hydrometallurgy 52, 9-19 ,(1999).

- [15] Shono, A., Akiba, I., Imaishi, N., Fujinova, K., Hozawa, M., "Application of Liquid Surfactant Membrane to a Hydrometallurgical process of gallium and Indium Extraction from Black Ore", *Kagaku Ronbunshu*, 15, 526-532, (1989).
- [16] Kirgios, I., Schungerl, K., Degener, W., Process for separating and concentrating gallium from an aqueous solution containing gallium, together with aluminum, zinc and copper, US Patent, 5, 326,441, July 5, 1994.
- [17] Sato, M., Tsukada, T. and Hozawa M., "Effect of Coexisting Aluminum on Solvent Extraction of Gallium from Mixed Aqueous Solutions with 2-Bromodecanoic Acid", *J. Chem. Eng. Jpn.*, 30(2), 210-214, (1997).
- [18] Cotton, F. A. and Wilkinson, G., *Advanced Inorganic Chemistry*, 4th Ed., 326-351, Wiley, New York, 1980.
- [19] Sheka, I. A., Clans, I. S. and Mityureva, T. T., *The Chemistry of Gallium*, Elsevier, Amsterdam, 1966.
- [20] Greenwood, N.N., "The Chemistry of gallium" in *Advanced in Inorganic Chemistry and Radiochemistry* (Ed. Emeleus, H.J. and Sharpe, A.G.), Vol. 5, 91-134, Academic Press Inc., New York, 1963.
- [21] Wilder, J., Loreth, M.J., Katrak, F.E. and Agawal, J.C., "Gallium" in *Encyclopedia of Chemical Processing and Design* (Ed. McKetta), Vol. 24, 79-92, pp., 1986.
- [22] Calbrandson, R.A., "Minor Elements in Phosphorates of the Phosphoria Formation", *Geochem. Cosmechem. Acta*, 30, 1966.
- [23] Wright, J.H. and Roffman, H.K., "Coal Ash- A Potential Mineral Source", *Proceedings of the Institute of Environmental Sciences 22nd Annual Meeting*, Philadelphia, April 26-28, pp. 163-173, 1976.
- [24] Klein, D.H., et al., "Pathways of Thirty-Seven Trace Elements through Coal-Fired Power Plants", *Environ. Sci. Technol.*, 9(10), 973-979, 1975.
- [25] *Alumina Process Feasibility Study and Preliminary Plant Design; Task 2 Report: Comparison of Two Processes*, Kaiser Engineers, Prepared for U.S. Bureau of Mines, Contact No. J0265048, 1979.
- [26] *Sekizinci Beş Yıllık Kalkınma Planı, Madencilik Özel İhtisas Komisyonu Raporu*, DPT: 2622-ÖİK: 633, Ankara, 2001.
- [27] Kolthoff, I.M. and Elwing, P.J., *Treatise on Analytical Chemistry*, Part II, 13-17, Interscience Publishers, New York-London, 1961.
- [28] Hillebrand, W.F., Landell, G.E.F., Bright, H.A. and Hoffman, J.I., "Gallium" in *Applied Inorganic Analysis*, 2nd ed., Chap. 28, Wiley, New York, 1953.
- [29] Gastinger, E., *Z. Anal. Chem.*, 140, 244, (1953).

- [30] DE Schepper, A., "Liquid- liquid extraction of gallium by tri-n-butyl phosphate", *Hydrometallurgy*, 4, 285-290.(1979).
- [31] Pesic, B., Zhou, T., *Jom*, 40, 24-26, 1998.
- [32] Nachtrieb, N.H., Fryxell, R.E., *J. Am. Chem. Soc.*, 71, 4035, (1949).
- [33] Ato, S., *Sci. Papers Inst. Chem. Research (Tokyo)*, 24, 162, (1934).
- [34] Ato, S., *Sci. Papers Inst. Chem. Research (Tokyo)*, 29, 71, (1936).
- [35] Klement, R. and Sandmann, H., *Z. Anal. Chem.*, 145, 325, (1955).
- [36] Blasius, E. and Negwer, M., *Z. Anal. Chem.*, 143, 257, (1954).
- [37] Kraus, K.A., Nelson, F., Smith and G.W., *J. Phys. Chem.*, 58, 11, (1954).
- [38] Aoyagi, I., *Nagoya Kogyo Gijutsu Shikensho Hokoku*, 5, 28, (1956).
- [39] Slama, O. and Landenbauer, I.M., *Mikrochim. Acta*, 1328, (1956).
- [40] Beja, M., "Method of Extraction Gallium Oxide from Aluminous Substances", U.S. Patent 2 574 008, November 6, (1951).
- [41] Hudson, L. K., "Gallium as a By-Product of Alumina Manufacture", *J. Met.*, 17(9), 948-951, (1965).
- [42] Snyder, H.C., U.S. Patent 3 856 920, 19574.
- [43] DE LA Breteque P., "Gallium and Gallium Compounds", *Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology*, 2nd Ed., Vol. 10, 311-328, Wiley, New York, 1966.
- [44] DE LA Breteque, P., "Method of Recovering Gallium from an Alkaline Aluminate", U.S. Patent, 2 793 179, May 21, 1957.
- [45] Dorin, R., Frazer, E.J., "The Electrodeposition of Gallium from Synthetic Bayer-Process Liquors", *J.Appl. Electrochemistry*, 18, 134-141, (1988).
- [46] *Proceedings of the Fourth International Ash Utilization Symposium*, Published by Energy Research and Development Administration, St. Louis, March 24-25, Morgantown, West Virginia, (1976).
- [47] Powell, A. R., Lever, F. M. and Walpole, R. E., "The Extraction and Refining of Germanium and Gallium", *J. Appl. Chem.*, 1, 541-551, (1951).
- [48] Greber, J.F., "Gallium and Gallium Compounds", *Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry*, Vol. A. 12, pp. 163-167, (1987).
- [49] RLj – Roskill's Letters From Japan (2007): Gallium: Prices Rise by 23 % in January. – RLJ Number 366, February 2007; London

- [50] Wehiua, P., 2003. "Study on The Effect of Multiple Factors on RO and NF Membranes' Performance and Rejection Efficiency", Thesis of Doctorate.
- [51] Loiacono, O., Drioli, E., and Molinari, R., "Metal Ion Separation and Concentration with Supported Liquid Membranes", *J. Membrane Sci.*, 28, 123-138, (1986).
- [52] Chiarizia, R., Horwitz, E., Pickert, P.G., Hodgson, K.N., "Application of Supported Liquid Membranes for Removal of Uranium From Groundwater", *Sep. Sci. Tech.*, 25, 1571-1585, (1990).
- [53] Danesi, P.R., *Sep. Sci. Technol.* 19, 857, (1984).
- [54] Cussler, E. L., and Evans, D. F., "How to Design Liquid Membrane Separations", *Sep. Purif. Methods*, 3(2), 399-421, (1974).
- [55] Danesi, P.R., Chiarizia, R., Castagnola, A., *J. Memb. Sci.* 14, 161, (1983).
- [56] Way, J.D., Noble, R.D., Flynn, T.M., Sloan, E.D., *J. Memb. Sci.* 12, 239, (1982).
- [57] Molinari, R., Drioli, E., Pantano, G., *Sep. Sci. Technol.* 24, 1015, (1989).
- [58] E. Drioli, O. Loiacono, R. Molinari, G. Pantano, *Chem. Eng. Sec.*, april 25-30, 1989.
- [59] Marr, R., and Kopp, A., "Liquid Membrane Technology-a Survey of Phenomena, Mechanisms and Models", *Inter. Chem. Eng.*, 22, 44-60, (1982).
- [60] Winston HO, W.S. and Sirkar, K.K., "Applications", *Membrane Handbook*, Vol. 38, 701-717, (1992).
- [61] Matulevicius, E.S., Li, N.N., *Facilitated Transport Through Liquid Membranes*, *Sep. Purif. Methods*, 4(1), 73-96, (1975).
- [62] Sastre, A., Kumar, A., Shukla, J.P and Singh, R.K., *Improved techniques in liquid membrane separations: an overview*, *Sep. Purif. Meth.* 27 (2) 213-298. (1998).
- [63] Gyves, J. and Miguel, E. R. D. S., *Metal ion separations by supported liquid membranes*, *Ind. Eng. Chem. Res.* 38 (6) 2182-2202. (1999).
- [64] Nghiem, L.D., Mornane, P., Potter, I.D., Perera, J, M, Cattrall, R.W. and Kolev, S.D., *Extraction and transport of metal ions and small organic compounds using polymer inclusion membranes (PIMs)*, *J. Membr. Sci.*, 281, 7-41. (2006).
- [65] CHAN, R.P., LI, N.N., *Separation of Phenol from Wastewater by the Liquid Membrane Technique*, *Sep. Sci.*, 9(6), 505-519, 1974.
- [66] Cox, M., 2004. *Solvent extraction in hydrometallurgy*, in: J. Rydberg, et al. (Eds.), *Solvent Extraction Principles and Practice*, Marcel Dekker, Inc., New York.

- [67] Stevens, G.W., Perera, J.M., F. Grieser, Interfacial aspects of metal ion extraction in liquid-liquid systems, *Rev. Chem. Eng.* 17 (2) 87–110. (2001).
- [68] Stevens, G.W., Perera, J.M. and F. Grieser, Metal ion extraction, *Curr. Opin. Colloid Interf. Sci.* 2 (6) 629–634, (1997).
- [69] Wang, L., Paimin, R., Catrall, R. W., Wei, S. and Kolev, S. D., 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, (2000).
- [70] Argiropoulos, G., Catrall, R. W., Hamilton, I. C., Kolev, S. D. and Paimin, R., The study of a membrane for extracting gold(III) from hydrochloric acid solutions, *J. Membr. Sci.*, 138(2), 279–285, (1998).
- [71] Fontas, C., Tayeb, R., Tingry, S., Hidalgo, M. and Seta, P., Transport of platinum(IV) through supported liquid membrane (SLM) and 98 polymeric plasticized membrane (PPM), *J. Membr. Sci.*, 263 (1–2), 96–102, (2005).
- [72] Walkowiak, W., Bartsch, R. A., Kozłowski, C., Gega, J., Charewicz, W. A. and Amiri-Eliasi, B., Separation and removal of metal ionic species by polymer inclusion membranes, *J. Radioanal. Nucl. Chem.*, 246(3), 643–650, (2000).
- [73] Kolev, S. D., Catrall, R. W., Paimin, R., Potter, I. D. and Sakai, Y., Theoretical and experimental study of palladium(II) extraction into Aliquat 336/PVC membranes, *Anal. Chim. Acta*, 413, 241–246, (2000).
- [74] Scindia, Y. M., Pandey, A. K. and Reddy, A. V. R., Coupled-diffusion transport of Cr(VI) across anion-exchange membranes prepared by physical and chemical immobilization methods, *J. Membr. Sci.*, 249(1/2), 143–15, (2005).
- [75] Xu, J. Y., Wang, L. J., Shen, W., Paimin, P. and Wang, X. G., The influence of the interior structure of Aliquat 336/PVC membranes to their extraction behavior, *Sep. Sci. Technol.*, 39(15), 3527–3539, (2004).
- [76] White, K. M., Smith, B. D., Duggan, P. J., Sheahan, S. L. and Tyndall, E. M., Mechanism of facilitated saccharide transport through plasticized cellulose triacetate membranes, *J. Membr. Sci.*, 194(2), 165–175, (2001).
- [77] Riggs, J. A. and Smith, B. D., Facilitated transport of small carbohydrates through plasticized cellulose triacetate membranes. Evidence for fixed-site jumping transport mechanism, *J. Am. Chem. Soc.*, 119(11), 2765–2766, (1997).
- [78] Munro, T. A. and Smith, B. D., Facilitated transport of amino acids by fixed-site jumping, *Chem. Commun.*, 22, 2167–2168, (1997).
- [79] Matsumoto, M., Takagi, T. and Kondo, K., Separation of lactic acid using polymeric membrane containing a mobile carrier, *J. Ferment. Bioeng.*, 85(5), 483–487, (1998).

- [80] Walkowiak, W., Bartsch, R. A., Kozłowski, C., Gega, J., Charewicz, W. A. and Amiri-Eliasi, B., Separation and removal of metal ionic species by polymer inclusion membranes, *J. Radioanal. Nucl. Chem.*, 246(3), 643–650, (2000).
- [81] Kozłowski, C. A., and Walkowiak, W., Removal of chromium(VI) from aqueous solutions by polymer inclusion membranes, *Water Res.*, 36(19), 4870–4876, (2002).
- [82] Kozłowski, C. A., Ulewicz, M. and Walkowiak, W., Separation of zinc and cadmium ions from aqueous chloride solutions by ion flotation and liquid membranes, *Fizykochemiczne Problemy Mineralurgii*, 34, 141–151, (2000).
- [83] Hayashita, T., Heavy metal ion separation by functional polymeric membranes, in: A. Bartsch Richard, J.D. Way (Eds.), *Chemical Separations with Liquid Membranes*, American Chemical Society, Washington, DC, 1996.
- [84] Kozłowski, C. A., and Walkowiak, W., Removal of chromium(VI) from aqueous solutions by polymer inclusion membranes, *Water Res.*, 36(19), 4870–4876. (2002).
- [85] Wionczyk, B., Apostoluk, W., Prochaska, K. and Kozłowski, C.A., Properties of 4-(1-n-tridecyl)pyridine N-oxide in the extraction and polymer inclusion membrane transport of Cr(VI), *Anal. Chim. Acta*, 428(1), 89–101, (2001).
- [86] Lamb, J. D., Nazarenko, A. Y., Uenishi, J. C. and Tsukube, H., Silver(I) ionselective transport across polymer inclusion membranes containing new pyridino- and bipyridino-podands, *Anal. Chim. Acta*, 373(2/3), 167–173, (1998).
- [87] Gyves, J., Hernandez-Andaluz, A. M. and Miguel, E. R. D. S., LIX(R)-loaded polymer inclusion membrane for copper(II) transport. 2.99 Optimization of the efficiency factors (permeability, selectivity, and stability) for LIX(R) 84-I, *J. Membr. Sci.*, 268(2), 142–149, (2006).
- [88] Aguilar, J. C., Sanchez-Castellanos, M., Rodriguez de San Miguel, E. and Gyves, J., 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, (2001).
- [89] Sugiura, M., Kikkawa, M. and Urita, S., Carrier-mediated transport of rare earth ions through cellulose triacetate membranes, *J. Membr. Sci.*, 42(1/2), 47–55, (1989).
- [90] Bromberg, L., Levin, G. and Kedem, O., Transport of metals through gelled supported liquid membranes containing carrier, *J. Membr. Sci.*, 71(1/2), 41–50, (1992).
- [91] Ulewicz, M., Walkowiak, W., Gega, J. and Pospiech, B., Zinc(II) selective removal from other transition metal ions by solvent extraction and transport through polymer inclusion membranes with D2EHPA, *ARS Sep. Acta*, 2, 47–55. (2003).

- [92] Salazar-Alvarez, G., Bautista-Flores, A. N., San Miguel, E. R., Muhammed, M. and Gyves, J., Transport characterisation of a PIM system used for the extraction of Pb(II) using D2EHPA as carrier, *J. Membr. Sci.*, 250(1/2), 247–257, (2005).
- [93] Resina, M., Macanas, J., Gyves, J. and Munoz, M., Zn(II), Cd(II) and Cu(II) separation through organic–inorganic hybrid membranes containing di-(2-ethylhexyl) phosphoric acid or di-(2-ethylhexyl) dithiophosphoric acid as a carrier, *J. Membr. Sci.*, 268 (1), 57–64, (2006).
- [94] Tayeb, R., Fontas, C., Dhahbi, M., Tingry, S. and Seta, P., Cd(II) transport across supported liquid membranes (SLM) and polymeric plasticized membranes (PPM) mediated by Lasalocid A, *Sep. Purif. Technol.*, 42 (2), 189–193, (2005).
- [95] Lee, S. C., Lamb, J. D., Cho, M. H., Rhee, C. H. and Kim, J. S., A lipophilic acyclic polyether dicarboxylic acid as Pb²⁺ carrier in polymer inclusion and bulk liquid membranes, *Sep. Sci. Technol.*, 35(5), 767–778, (2000).
- [96] Paugam, M. F. and Buffle, J., Comparison of carrier-facilitated copper(II) ion transport mechanisms in a supported liquid membrane and in a plasticized cellulose triacetate membrane, *J. Membr. Sci.*, 147(2), 207–215, (1998).
- [97] Bloch, R., Finkelstein, A., Kedem, O. and Vofsi, D., Metal-ion separation by dialysis through solvent membranes, *Ind. Eng. Chem. Prod. Res. Dev.*, 6(2), 231–237, (1967).
- [98] Matsuoka, H., Aizawa, M. and Suzuki, S., Uphill transport of uranium across a liquid membrane, *J. Membr. Sci.*, 7(1), 11–19, (1980).
- [99] Bloch, R., Hydrometallurgical separations by solvent membranes, in: J.E. Flinn (Ed.), *Membrane Science and Technology*, Plenum Press, New York, pp. 171–187, (1970).
- [100] Ballinas, M. D., De San Miguel, E. R., Rodriguez, M. T. D., Silva, O., Munoz, M. and Gyves, J., Arsenic(V) removal with polymer inclusion membranes from sulfuric acid media using DBBP as carrier, *Environ. Sci. Technol.*, 38(3), 886–891, (2004).
- [101] Rais, J., Mason, C. V. and Abney, K. D., Use of PVC plasticized membranes for uptake of radioactive cesium and strontium, *Sep. Sci. Technol.*, 32(5), 951–969, (1997).
- [102] Kusumocahyo, S. P., Kanamori, T., Sumaru, K., Aomatsu, S., Matsuyama, H., Teramoto, M. and Shinbo, T., Development of polymer inclusion membranes based on cellulose triacetate: carrier-mediated transport of cerium(III), *J. Membr. Sci.*, 244(1/2), 251–257, (2004).
- [103] Lamb, J. D. and Nazarenko, A. Y., Lead(II) ion sorption and transport using polymer inclusion membranes containing tri-octylphosphine oxide, *J. Membr. Sci.*, 134(2), 255–259, (1997).

- [104] Gherrou, A., Kerdjoudj, H., Molinari, R. and Seta, P., Preparation and characterization of polymeric plasticized membranes (PPM) embedding a crown ether carrier application to copper ions transport, *Mater. Sci.Eng. C*, 25 (4), 436–443, (2005).
- [105] Gherrou, A., Kerdjoudj, H., Molinari, R., Seta, P. and Drioli, E., Fixed sites plasticized cellulose triacetate membranes containing crown ethers for silver(I), copper(II) and gold(III) ions transport, *J. Membr. Sci.* 228(2), 149–157, (2004).
- [106] Sugiura, M., Coupled-ion transport through a solvent polymeric membrane, *J. Colloid Interf. Sci.* 81(2), 385–389, (1981).
- [107] Kim, J. S., Kim, K. S., Ko, J. W. Kim, E. T., Yu, S. H., Cho, M. H., Kwon, S. G. and Lee, E. H., Selective transport of cesium ion in polymeric CTA membrane containing calixcrown ethers, *Talanta*, 52(6), 1143–1148, (2000).
- [108] Kim, J. S., Kim, K. S., Cho, S. H., Lee, E. H., Kim, J. Y., Kwon, S. G., and Lee, E. H., Permeation of silver ion through polymeric CTA membrane containing acyclic polyether bearing amide and amine endgroup, *Bull. Kor. Chem. Soc.*, 22(10), 1076–1080, (2001).
- [109] Levitskaia, T. G., Lamb, J. D., Fox, K. L. and Moyer, B. A., Selective carrier-mediated cesium transport through polymer inclusion membranes by calix[4]arene-crown-6 carriers from complex aqueous mixtures, *Radiochim. Acta*, 90(1), 43–52, (2002).
- [110] Nazarenko, A. Y. and Lamb, J. D., Selective transport of lead(II) and strontium(II) through a crown ether-based polymer inclusion membrane containing dialkyl-naphthalenesulfonic acid, *J. Inclusion Phenom.*, 29(3/4), 247–258, (1997).
- [111] Aguilar, J. C., Sanchez-Castellanos, M., Rodriguez de San Miguel, E. and Gyves, J., 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, (2001).
- [112] Walkowiak, W., Bartsch, R. A., Kozłowski, C., Gega, J., Charewicz, W. A. and Amiri-Eliasi, B., Separation and removal of metal ionic species by polymer inclusion membranes, *J. Radioanal. Nucl. Chem.*, 246(3), 643–650, (2000).
- [113] Mohapatra, P. K., Pathak, P. N., Kelkar, A. and Manchanda, V. K., Novel polymer inclusion membrane containing a macrocyclic ionophore for selective removal of strontium from nuclear waste solution, *New J.Chem.*, 28(8), 1004–1009, (2004).

- [114] Lacan, P., Guizard, C., Gall, P., Wettling, D. and Cot, L., Facilitated transport of ions through fixed-site carrier membranes derived from hybrid organic–inorganic materials, *J. Membr. Sci.*, 100(2), 99–109, (1995).
- [115] Levitskaia, T. G., Macdonald, D. M., Lamb, J. D. and Moyer B. A., Prediction of the carrier-mediated cation flux through polymer inclusion membranes via fundamental thermodynamic quantities: complexation study of bis(dodecyloxy)calix[4]arene-crown-6 with alkali metal cations, *Phys. Chem. Chem. Phys.*, 2(7), 1481–1491, (2000).
- [116] Lee, S. C., Lamb, J. D., Cho, M. H., Rhee, C. H. and Kim, J. S., A lipophilic acyclic polyether dicarboxylic acid as Pb²⁺ carrier in polymer inclusion and bulk liquid membranes, *Sep. Sci. Technol.*, 35(5), 767–778, (2000).
- [117] Kim, J. S., Yu, S. H., Cho, M. H., Shon, O. J., Rim, J. A., Yang, S. H., Lee, J. K. and Lee, S. J., Calix[4]azacrown ethers in polymeric CTA membrane, *Bull. Kor. Chem. Soc.*, 22 (5), 519–522, (2001).
- [118] Ulewicz, M., Kozłowski, C. A. and Walkowiak, W., Removal of Zn (II), Cd(II) and Cu(II) ions by polymer inclusion membrane with sidearmed diphospha-16-crown-6 ethers, *Fizykochemiczne Problemy Mineralurgii*, 38, 131–138, (2004).
- [119] Kozłowski CA and Walkowiak W, Applicability of liquid membranes in chromium(VI) transport with amines as ion carriers. *J Membr Sci*266:143-150, (2005).
- [120] Kim, J. S., Lee, S. H., Yu, S. H., Yu, M. H., Cho, M. H., Kim, D. W., Kwon, S. G. and Lee, E. H., Calix[6]arene bearing carboxylic acid and amide groups in polymeric CTA membrane, *Bull. Kor. Chem. Soc.*, 23(8), 1085–1088, (2002).
- [121] Arena, G., Contino, A., Magri, A., Sciotto, D. and Lamb, J. D., Selective transport of cesium and strontium ions through polymer inclusion membranes containing calixarenes as carriers, *Supramol. Chem.*, 10(1), 5–15, (1999).
- [122] Sugiura, M., Effect of polyoxyethylene n-alkyl ethers on carriermediated transport of lanthanide ions through cellulose triacetate membranes, *Sep. Sci. Technol.*, 27(2), 269–276, (1992).
- [123] Sugiura, M., Transport of lanthanide ions through cellulose triacetate membranes containing hinokitiol and flavonol as carriers, *Sep. Sci. Technol.*, 25(11/12), 1189–1199, (1990).

- [124] Sugiura, M., Kikkawa, M. and Urita, S., Carrier-mediated transport of rare earth ions through cellulose triacetate membranes, *J. Membr. Sci.*, 42(1/2), 47–55, (1989).
- [125] Sugiura, M., Effect of quaternary ammonium salts on carrier-mediated transport of lanthanide ions through cellulose triacetate membranes, *Sep. Sci. Technol.*, 28(7), 1453–1463, (1993).
- [126] Sugiura, M. and Yamaguchi, T., Coupled transport of picrate anion through liquid membranes supported by a microporous polymer film, *J. Colloid Interf. Sci.*, 96(2), 454–459, (1983).
- [127] S.Rehman, G.Akhtar, M.A.Chaudry, K.Ali, N.Ullah, Transport of Ag Through tri-n-dodecylaminesupported liquid membranes, *J.Mem.Sci.*389, 287-293, (2012)
- [128] Harbuck,D.D., Marrison, J.W., Davidson, C.F., *Liht Metals*, ed. P.G. Campell (Warrendale, PA:TMO,1998),pp.993-989, 1998.
- [129] Judin, V.P., Bautista, R.G., *Met. Trans. B*, 17B, 259-265, (1996).
- [130] Kumbasar, R.A., Tutkun, O., “Separation and concentration of gallium from acidic Leach solutions containing various metal ions by emulsion type of liquid membranes using TOPO as mobile carrier”, *Hydrometallurgy*, 75, 111-121, 2004.
- [131] Ahmed, İ.M.,İsmail, Z.,H, Hamed,. M.M, Extraction and separation of Ga (III) from hydrochloric acid solution by Cyanex-921 in sulfonated kerosene, *J. Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, (2018).
- [132] G. R. Anpilogova, S.O. Bondareva, and Yu. İ. Murinov, Galyum (III) Extraction from Hydrochloric Acid Solutions With Diacylated Diothylenetriamine Hydrochloride, *Russian Journal of General Chemistry*, Vol. 88, No 7, pp. 1478-1483, (2018).
- [133] Ahmed.I.M, El-Nadi.Y.A, El-Nefny.N.E, Extraction of gallium (III) from hydrochloric acid by Cyanex 923 and Cyanex 925, *Hydrometallurgy*,131-132, 24-28, (2013).
- [134] Bautista.R.Gö Gallium metal recovery. *JOMö* 41 (6): 30-31ö (1989).
- [135] J.C. Aguilar, M. Sanchez-Castellanos, E. Rodriguez de San Miguel, de Gyves “Cd (II) and Pb (II) extraction and transport modeling in SLM and PIM systems using Kelex 100 as carrier”, *J. Mem. Sci.*190,107-118, (2001)
- [136] O.Kebiche-Senhadji, S.Tingry, P.Seta, M.Benamor , Selective extraction of Cr(VI) over metallic species by polymer inclusion membrane using anion (Aliquat 336) as carrier, *Desalination* 258, 59-65,(2010).

- [137] E.R.San Miguel, A.V. Garduno-Garcia, J.C.Aguilar, Josefina de Gyves, Gold(III) Transport through Polymer Inclusion Membranes: Efficiency Factors and Pertraction Mechanism Using Kelex 100 as Carrier, *Ind. Eng. Chem. Res.* 46, 2861-2869, (2007).
- [138] L.D. Nghiem, P.Mornane, I.D. Potter, J.M. Perera, R.W.Catrrall, S.D. Kolev "Extraction and transport of metal ions and small organic compounds using polymer inclusion membranes" *J.Mem.Sci*, 281, 7-41, (2006).
- [139] Baczynska, M.,Regal-Rosocka,M., Nowicki, M.,Wisniewski, M., Effect of the structure of polymer inclusion membranes on Zn(II) transport from chloride aqueous solution, *J. Applied Plimer Sci*, 132(30):42319, (2015).
- [140] C.A.Kozlowski, W.Walkowiak, Applicability of liquid membranes in chromium(VI) transport with amines as ion carriers, *J.Mem.Sci* 266, 143-150, (2005).
- [141] Konczyk.J, Kozlowski C, Walkowiak.W, Removal of chromium(III) from acidic aqueous solution by polymer inclusion membranes with D2EHPA and Aliquat 336, *Desalination* 263, 211-216,(2010).
- [142] Gherasim.C-V, Critea.M, Grigoras.C-V, Bourceanu.G, New Polymer Inclusion Membrane, *Digest Journal of Nanomaterials and Biostructures*, Vol. 6, No 4, 1507-1516, (2011).
- [143] Sato. T., Nakamura.T,Ishikawa.S, Liquid-liquid extraction of gallium (III) from hydrochloric acid solutions by organophosphorus compounds and high-molecular weight amines, *Solvent Extr.Ion Exchange*, 2: 201-202, (1984).
- [144] Kirgios.I, Schugerl.K, Degener.W, Process for separating and concentrating gallium from an aqueous solution containing gallium, together with aluminium, zinc and copper. U.S. Patent 5,326,441, July 5, 1994.
- [145] Fujinawa.K, Akiyama.m, Shono.A, Imaishi.N, Hozawa.M, Application of supported liquid membrane to hydrometallurgical process of gallium and indium, *Kagaku Kogaku Ronbunshu*, 15(2): 381-387, (1989).
- [146] Li.Y-H, Wang.D-M, Hsien.T-Y, Chan. K-Y, Lai.J-Y, Polymer Inclusion Membranes with Strip Dispersion, *J.W*,9,399, (2017).

YÜKSEK LİSANS TEZİNDEN YAYINLANAN MAKALELER

1. K.K Kaparova, Z.B İsmoilova, Extraction of Gallium ions from ions of zinc using membranes, Известия вузов Кыргызстана, 74-79, 2, 2019.
2. V. Sarikaya, O. Tutkun, K. Kaparova, Seperation of chromium and nikel ions by supported liquid membranes using TOA as carrier, Manas Journal of Engineering, 1-6, V7, 2019.

ÖZGEÇMİŞ

Adı ve soyadı	Kurmancan KAPAROVA
Uyruğu	Kırgız
Doğum yılı	22. 07. 1992
Cep Numarası	+996703920762
E-mail	Kaparovakurmanzan@gmail.com

Eğitim

Ünvan	Yer	Yıl
Yüksek Lisans	Kırgızistan-Türkiye Manas Üniversitesi, Fen Bilimler Enstitüsü, Kimya Mühendisliği Anabilim Dalı	2016-2019
Lisans	Kırgızistan-Türkiye Manas Üniversitesi, Кыргыз- Түрк, Mühendislik Fakültesi, Kimya Mühendisliği Bölümü	2016
Okul	B. SOLTONOEV Tegirmenti, Çüy	2010

Yabancı Dil

-
- Türkçe
 - Rusça
-