

T.C.
BALIKESİR ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
KİMYA EĞİTİMİ ANABİLİM DALI

VİKTORYA MAVİSİNİN PERLİT YÜZEYİNE
ADSORPSİYONU

112646

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Özkan DEMİRBAŞ

T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DOKÜMANTASYON MERKEZİ

Balıkesir, Temmuz-2001

T.C.
BALIKESİR ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
KİMYA EĞİTİMİ ANABİLİM DALI

VİKTORYA MAVİSİNİN PERLİT YÜZEYİNE
ADSORPSİYONU

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Özkan DEMİRBAŞ

Tez Danışmanı : Prof. Dr. Mahir ALKAN

Sınav Tarihi : 12/07/2001

Jüri Üyeleri : Prof. Dr. Mahir ALKAN (Danışman)

Doç. Dr. Ümit ÇAKIR

Yrd. Doç. Dr. Canan NAKİBOĞLU

Balıkesir, Temmuz-2001

ÖZ

**VİKTORYA MAVİSİNİN PERLİT YÜZEYİNE
ADSORPSİYONU**

Özkan DEMİRBAŞ

Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Kimya Eğitimi Anabilim Dalı

(Yüksek Lisans Tezi / Tez Danışmanı : Prof. Dr. Mahir ALKAN)

Balıkesir, 2001

Bu çalışmada genleşmemiş ve genleşmiş perlit örnekleri üzerine sulu çözeltilerden viktorya mavisinin adsorpsiyonu incelenmiştir. Farklı konsantrasyonda, iyon derişiminde, pH'da ve sıcaklıkta sulu çözeltiden viktorya mavisinin giderilmesi için perlitin kullanılması incelendi. Adsorpsiyon işleminde adsorpsiyon dengesine 1 saat içinde ulaşıldı. Viktorya mavisinin adsorpsiyonunda perlit örneklerinin kapasitesinin artan pH ve sıcaklıkla arttığı genleşme ve iyon şiddetiyle azaldığı bulundu. Adsorpsiyon izotermi Langmuir ve Freundlich izotermi aracılığıyla belirlendi. Farklı durumlarda deneysel verilerle hesaplanan adsorpsiyon izotermi ve deneysel verilerin Langmuir adsorpsiyon izotermi ile oldukça iyi bir uyum içinde olduğu saptanmış ve perlit örnekleri için izoterm parametreleri (Q_m ve K) hesaplanmıştır.

Sonuç olarak viktorya mavisini perlit yüzeyine fiziksel olarak adsorplanmıştır.

Giderim verimi (P) ve boyutsuz ayırma faktörü (R) sulu çözeltilerden viktorya mavisinin giderimi için perlitin kullanılabileceğini, fakat genleşmemiş perlitin daha etkili olduğunu göstermiştir.

ANAHTAR SÖZCÜKLER : Adsorpsiyon, adsorpsiyon izotermleri, viktorya mavisi, perlit, boyar madde.



ABSTRACT

ADSORPTION OF VICTORIA BLUE ONTO PERLITE

Özkan DEMİRBAŞ

Balıkesir University, Institute of Science, Department of Chemistry Education

(M. Sc. Thesis / Supervisor : Prof. Dr. Mahir ALKAN)

Balıkesir, 2001

In this study, adsorption of victoria blue from aqueous solutions onto unexpanded and expanded perlite samples has been investigated.

The use of perlite for the removal of victoria blue from aqueous solution at different concentration, ionic strength, pH and temperature has been investigated. Adsorption process is attained within 1h to the adsorption equilibrium. The capacity of perlite samples for the adsorption of victoria blue was found to increase by increasing pH and temperature, and decrease by expansion and ionic strength. The adsorption isotherms are described by means of the Langmuir and Freundlich isotherms. The adsorption isotherm was measured experimentally at different conditions, and the experimental data were correlated reasonably well by the adsorption isotherm of the Langmuir, and the isotherm parameters (Q_m and K) have been calculated for perlite samples as well. It is concluded that victoria blue is physically adsorbed onto the perlite. The removal efficiency (P) and dimensionless separation factor (R) have shown that perlite can be used for removal of victoria blue from aqueous solutions, but unexpanded perlite is more effective.

KEYWORDS: adsorption, adsorption isotherms, victoria blue, perlite, dye.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZ, ANAHTAR SÖZCÜKLER	i
ABSTRACT, KEY WORDS	iii
İÇİNDEKİLER	iv
SEMBOL LİSTESİ	vi
ŞEKİL LİSTESİ	vii
ÇİZELGE LİSTESİ	viii
ÖNSÖZ	x
1. GİRİŞ	1
1.1 Perlit	1
1.1.1 Perlitin Kullanım Alanları	2
1.1.2 Perlitin Teknik Özellikleri	2
1.1.2.1 Gözeneklilik	2
1.1.2.2 Hafiflik	3
1.1.2.3 Isı ve Ses Yalıtıcılık	3
1.1.2.4 Kimyasal İnertlik	3
1.1.2.5 Yanmazlık	3
1.2 Adsorpsiyon	4
1.2.1 Fiziksel ve Kimyasal Adsorpsiyon	4
1.3 Adsorpsiyon İzotermi	6
1.3.1 Langmuir Adsorpsiyon İzotermi	9
1.3.2 Freundlich Adsorpsiyon İzotermi	10
1.4 İzosterik Adsorpsiyon Isısı	11
1.5 Boyar Madde Adsorpsiyonu İle İlgili Çalışmalar	11
1.6 Viktorya Mavisi	12

1.7 Çalışmanın Amacı	13
2. MATERYAL VE YÖNTEM	14
2.1 Perlit Örneklerinin Temini	14
2.2 Perlit Örneklerinin Arındırılması	14
2.3 Mavisi Adsorpsiyonu	17
3. BULGULAR	18
3.1 Viktorya Mavisinin Perlit Yüzeyine Adsorpsiyonu	18
3.1.1 Genleşmenin Etkisi	18
3.1.2 İyon Şiddetinin Etkisi	20
3.1.3 pH'nın Etkisi	25
3.1.4 Sıcaklığın Etkisi	29
4. TARTIŞMA VE SONUÇ	35
4.1.1 Genleşmenin Etkisi	35
4.1.2 İyon Şiddetinin Etkisi	35
4.1.3 pH'nın Etkisi	36
4.1.4 Sıcaklığın Etkisi	36
4.2 İzoterm Analizleri	37
4.2.1 Viktorya Mavisinin Perlit Yüzeyine Adsorpsiyonu İçin İzoterm Analizleri	38
4.3 Adsorpsiyon Isısı	45
4.3.1 Viktorya Mavisinin Adsorpsiyon Isısı	45
4.4 İzoterm Verilerinden Kesikli Çalışan Reaktör Tasarımı	46
4.4.1 Viktorya Mavisinin Kesikli Çalışan Reaktör Tasarımı	47
4.5 Sonuçlar	49
5. KAYNAKÇA	50

SEMBOL LİSTESİ

Simge	Adı	Birimi
T	Mutlak sıcaklık	K
n	Freundlich sabiti	---
K_F	Freundlich sabiti	mol/g
C_0	Adsorbat çözeltisinin başlangıç konsantrasyonu	M
C_e	Adsorbatın denge konsantrasyonu	M
Q_e	Adsorbentın gramı başına adsorplanan adsorbatın mol sayısı	mol/g
k_a	Adsorpsiyon hız sabiti	---
k_d	Desorpsiyon hız sabiti	---
θ	Adsorbat tarafından adsorbent yüzeyinin kaplanan kesri	---
K	Adsorpsiyon denge sabiti	g/mol
Q_m	Adsorbentın tek tabaka kapasitesi	mol/g
R	Boyutsuz ayırma faktörü yada denge parametresi	
R_g	Gaz sabiti	J/mol K
ΔH	Adsorpsiyon ısısı	kJ/mol
V	Sulu çözeltinin hacmi	L
W	Adsorbentın kütlesi	g
KDK	Kasyon değişim kapasitesi	meg/100g

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil Numarası	Adı	Sayfa
Şekil 1.1	Bir yüzey üzerine hidrojenin fiziksel ve kimyasal adsorpsiyonu için potansiyel - enerjisi	5
Şekil 1.2	Adsorpsiyon izotermlerinin 6 karakteristik tipi	7
Şekil 1.3	Viktorya mavisini molekülü	12
Şekil 3.1	Viktorya mavisinin perlit yüzeyine adsorpsiyonunun genişleme ile değişimi	18
Şekil 3.2	Viktorya mavisinin perlit yüzeyine adsorpsiyonunun iyon şiddeti ile değişimi	24
Şekil 3.3	Viktorya mavisinin perlit yüzeyine adsorpsiyonunun pH ile değişimi	29
Şekil 3.4	Viktorya mavisinin perlit yüzeyine adsorpsiyonunun sıcaklık ile değişimi	34
Şekil 4.1	Şekil 3.1'deki verilere ait Langmuir adsorpsiyon izotermi	38
Şekil 4.2	Şekil 3.2'deki verilere ait Langmuir adsorpsiyon izotermi	39
Şekil 4.3	Şekil 3.3'deki verilere ait Langmuir adsorpsiyon izotermi	40
Şekil 4.4	Şekil 3.4'deki verilere ait Langmuir adsorpsiyon izotermi	41
Şekil 4.5	Perlit yüzeyine viktorya mavisini adsorpsiyonu için $-\ln C_e$ 'nin $1/T$ karşı eğrisi	45
Şekil 4.6	Kesikli çalışan reaktör dizaynı	46
Şekil 4.7	Viktorya mavisinin farklı giderim yüzdeleri için çözelti hacminin (V) adsorbentin kütleğine (W) karşı eğrileri	48

ÇİZELGE LİSTESİ

Çizelge Numarası	Adı	Sayfa
Çizelge 1.1	Dünya perlit rezervi	1
Çizelge 1.2	Viktorya mavisinin fiziksel özellikleri	12
Çizelge 2.1	Perlitin bazı fiziksel özellikleri	14
Çizelge 2.2	Perlitin kimyasal bileşimi	15
Çizelge 2.3	Çalışmada kullanılan perlit örneklerinin bazı fizikokimyasal özellikleri	16
Çizelge 3.1	Viktorya mavisinin perlit yüzeyine adsorpsiyonunun genişleme ile değişimine ait veriler	19
Çizelge 3.2	Viktorya mavisinin genişmemiş perlit yüzeyine adsorpsiyonunun iyon şiddeti ile değişimine ait veriler	20
Çizelge 3.3	Viktorya mavisinin genişmiş perlit yüzeyine adsorpsiyonunun iyon şiddeti ile değişimine ait veriler	22
Çizelge 3.4	Viktorya mavisinin genişmemiş perlit yüzeyine adsorpsiyonunun pH ile değişimine ait veriler	25
Çizelge 3.5	Viktorya mavisinin genişmiş perlit yüzeyine adsorpsiyonunun pH ile değişimine ait veriler	27
Çizelge 3.5	Viktorya mavisinin genişmemiş perlit yüzeyine adsorpsiyonunun sıcaklıkla değişimine ait veriler	30
Çizelge 3.7	Viktorya mavisinin genişmiş perlit yüzeyine adsorpsiyonunun sıcaklıkla değişimine ait veriler	32
Çizelge 4.1	Farklı iyon derişimindeki çözeltiler için izoterm sabitleri ve ayrılma faktörleri	42
Çizelge 4.2	Farklı pH'lardaki çözeltiler için izoterm sabitleri ve ayrılma faktörleri	43
Çizelge 4.3	Farklı sıcaklıklar için izoterm sabitleri ve ayrılma faktörleri	44



ÖNSÖZ

Bu çalışmamda bana her açıdan desteğini esirgemeyen, beni eğitmeye çalışan; her sorunumuzla ilgilenip çözüme ulaştıran; çalışmamda karşılaştığım zorluklarda deneyimini ve bilgisini kullanıp beni yönlendiren; gerçek bir bilim adamının bütün özelliklerini taşıyan; örnek aldığım rehberim, danışman hocam Prof.Dr. Mahir ALKAN'a sonsuz minnetimi ve teşekkürlerimi belirtmek isterim.

Çalışmalarım sırasında bilgi ve tecrübelerinden oldukça fazla yararlandığım, bazen bir hoca ama çoğu kez ağabey olarak gördüğüm, danışman hocamın izinde olan; Dr. Mehmet DOĞAN'a en içten teşekkürlerimi sunarım.

Benim bu günlere gelmemde her zaman maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen sevgili annem ve babama, tezimin her aşamasında bana destek olan nişanlım Aygül'e teşekkür etmek bir gönül borcumdur.

Balıkesir, 2001

Özkan DEMİRBAŞ

1. GİRİŞ

1.1 Perlit

Perlit ticari bir isim değildir, fakat silisyum içeren doğal bir volkanik kayaç olarak isimlendirilebilir. Yirminci yüzyılın başlarında araştırmacılar perlit içeren bazı kayaların, diğer volkanik kayalardan farklı olarak, uygun bir sıcaklığa kadar ısıtıldığında hacminin dört ile yirmi kat arttığını gözlemişlerdir[1,2]. Bu genleşme, ham perlit kayası içinde %2 - 6 oranında hapsedilmiş olarak bulunan sudan kaynaklanmaktadır. Ham perlit, 870°C üzerine hızlı bir şekilde ısıtıldığı zaman su moleküllerinin buhar fazına geçmesi ile adeta mısır örneğine benzer bir şekilde patlar ve ham perlite göre daha parlak tanecikler meydana gelir[3].

Dünya perlit rezervleri Çizelge 1.1'de görülmektedir[4,5]. 1946'da İkinci Dünya Savaşı'ndan hemen sonra perlit üretimine başlanmış[6,7] ve o zamandan beri perlit üretimi sürekli olarak artmıştır.

Çizelge 1.1 Dünya perlit rezervi[8]

ÜLKE	Rezerv (x10 ⁶ ton)	Diğer (x10 ⁶ ton)	Toplam(x10 ⁶ ton)
Kuzey Amerika			
A.B.D	200	500	700
Meksika	5	5	10
Toplam	205	505	710
Avrupa			
Türkiye	1000	3000	4000
Yunanistan	100	100	200
Macaristan	5	5	10
İtalya	5	5	10
Sovyetler Birliği	500	1000	1500
Diğer	15	55	70
Toplam	1625	4165	5790
Asya, Afrika, Okyanusya			
Japonya	10	25	35

Çizelge 1.1'in devamı

Yeni Zelanda	10	15	25
Diğer	10	30	40
Toplam	30	70	100
Dünya Toplam			
	1860	4740	6600

1.1.1 Perlitin Kullanım Alanları

Perlit en yaygın olarak; inşaat, ziraat, endüstri ve kimyasal alanlarda kullanılır.

Perlit üstün yalıtım karakteri ve parlak renginden dolayı inşaat alanında duvar yapımında dolgu maddesi olarak, ayrıca duvar izolasyonunda ve kireçli harçla yapılmış olan duvarlardaki çatlakların kapatılmasında yaygın olarak kullanılmaktadır.

Ziraat alanında, topraksız bitki yetiştirme işlemlerinde; endüstride, plastiklerde yüksek performansta dolgu maddesi olarak, çimento sanayiinde katkı maddesi olarak, yüzme havuzları, petrol, su ve jeotermal kuyularının yapımında, aşındırıcı etkisi ile sabun yapımında, temizleyici ve parlatici olarak diş macunları içerisinde; %70'den daha fazla silika içerdiğinden, adsorpsiyon olaylarında ve bir çok ortamda inert olduğu için bir çok proseste mükemmel bir süzme yardımcı maddesi olarak kullanılmaktadır. Ayrıca genleşmiş perlit kimyasal reaksiyonlarda katalizör olarak da kullanılmaktadır[8].

1.1.2 Perlitin Teknik Özellikleri

Bazı uygulama alanlarında, perlitin yalnız bir özelliği önem kazanmakla beraber uygulama alanlarının çoğunda birden fazla özelliğinin etkili olduğu bilinmektedir. Genleştirilmiş perlit, çeşitli uygulama alanlarında istenen şu özelliklere sahiptir[9].

1.1.2.1 Gözeneklilik

Perlite emicilik ve yüzeyde adsorpsiyon özelliği verir. Bu özellik perlit taneciklerindeki boşluk hacminin toplam tanecik hacmine oranının ortalaması olarak tanımlanır.

1.1.2.2 Hafiflik

Hafiflik gözenekliliğin bir sonucu olarak ortaya çıkmakta ve özellikle prefabrik yapı malzemesi ve dolgu malzemelerinde önem taşımaktadır.

1.1.2.3 Isı ve Ses Yalıtıcılık

Isı ve ses yalıtıcılık özelliği, hafiflik gibi gözenekli yapının sonucu olarak belirir ve kendi başına perlit kullanımını özendiren en önemli faktördür.

1.1.2.4 Kimyasal İnerlik

Perlit kararlı kimyasal yapısı ile, kimyasal reaksiyona girmeyen ve suda çözünmeyen bir maddedir. Bu özelliğinden dolayı perlit çeşitli kimyasal maddelerle birlikte, onları etkilemeden kullanılabilmekte, ayrıca fiziksel özellikleriyle de katkıda bulunmaktadır.

1.1.2.5 Yanmazlık

Anorganik bir yapıya sahip olan perlit, özellikle hafiflik ve yalıtıcılıkta kendisine rekabet edebilecek organik kökenli yapay malzemelere oranla yanmazlık üstünlüğüne sahiptir. Yanmazlık özelliği yanında, yüksek sıcaklıklara uzun süre bozulmadan dayanabilme ve ısı yalıtıcılık özelliği bulunduğundan, yangında zarar görmesi istenmeyen önemli yapı elemanlarının korunmasında kullanılır.

1.2 Adsorpsiyon

Maddenin iç kısmına geçen molekülleri belirten **absorpsiyon** teriminden farklı olarak **adsorpsiyon** terimi, yüzeye tutunan molekülü belirtmek için kullanılır[10]. Gaz, buhar ya da sıvı fazında veya herhangi bir çözeltide bulunan çözülmüş maddelere ait molekül, atom veya iyonların katı bir maddenin yüzeyinde tutunması olayına **adsorpsiyon** adı verilmektedir[11]. Adsorpsiyon ve absorpsiyon olaylarının her ikisi birlikte meydana geliyorsa sorpsiyon adı verilir.

Adsorbat molekülü adsorbent yüzeyine zayıf veya kuvvetli bir şekilde tutunabilir. Bu durumda **fiziksel** ve **kimyasal** adsorpsiyondan söz edilebilir.

1.2.1 Fiziksel ve Kimyasal Adsorpsiyon

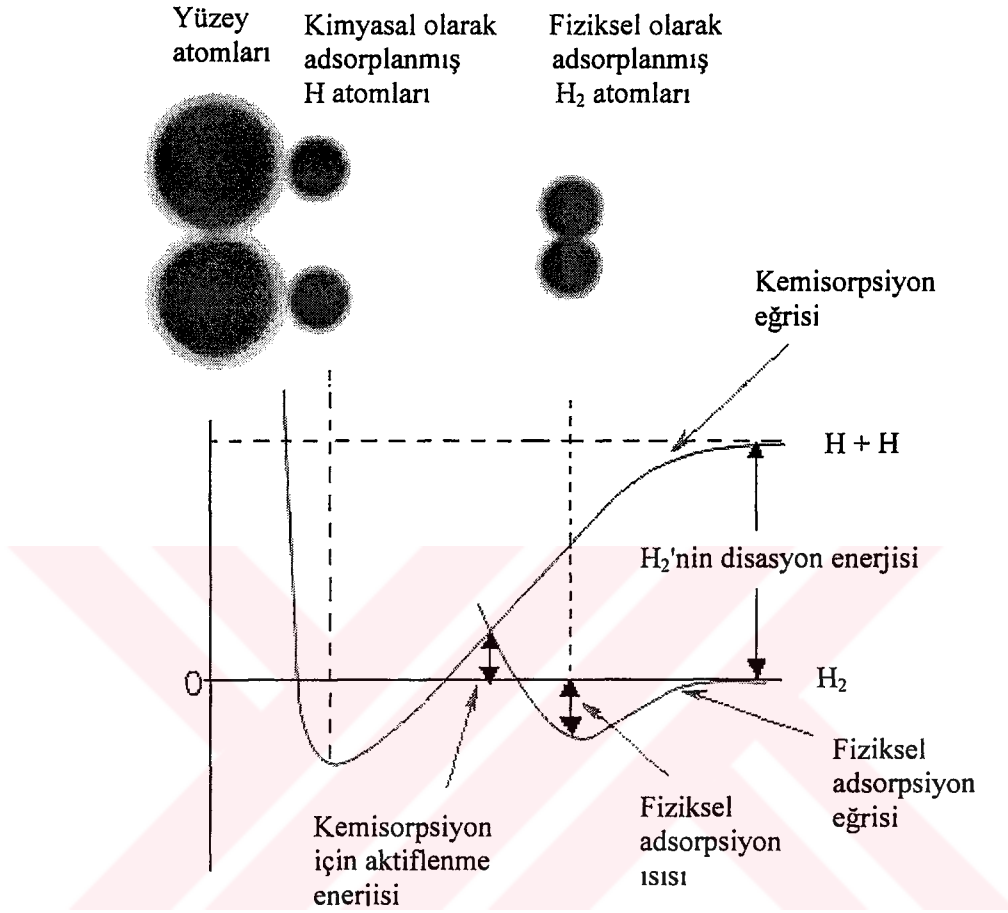
Adsorpsiyon ısısı 60 kJ/mol'ün altında olan etkileşmeler sonundaki tutunmalara fiziksel adsorpsiyon ve adsorpsiyon ısısı 60 kJ/mol'ün üzerinde olan etkileşimler sonundaki tutunmalara ise kimyasal adsorpsiyon denir[10,35].

Fiziksel adsorpsiyonda atom, molekül ya da iyon şeklinde olan adsorplanan tanecikler ile katı yüzeyi arasında uzun mesafeli fakat zayıf olan **Van der Waals** türü çekim kuvvetleri etkindir. Kimyasal adsorpsiyonda ise tanecikler ve yüzey arasında bir kimyasal bağ ve genellikle **kovalent bağ** oluşmaktadır. Tüm fiziksel adsorpsiyonlar ve çoğu kimyasal adsorpsiyonlar ekzotermik olduğu halde hidrojen gazının cam üzerinde tutunması gibi bazı kimyasal adsorpsiyonlar endotermik olabilmektedir. Bu durum hidrojenin cam üzerinde tutunması ve



ayrışması için tepkime entropisinin büyük ölçüde artı işaretli olmasına yol açmaktadır. Kimyasal adsorpsiyon tek tabakalı yani monomoleküler olabildiği halde, fiziksel adsorpsiyon tek tabakalı ya da çok tabakalı olabilmektedir. Ayrıca çoğu fiziksel adsorpsiyonlar tersinir olarak yürütülebildiği halde kimyasal adsorpsiyonlar yürütülemez[11]. Fiziksel adsorpsiyon düşük sıcaklıklarda herhangi bir adsorplayıcı - adsorplanan ikilisine bağlı olarak meydana gelebilir. Kimyasal

adsorpsiyon ikili sistemin türüne ve ikili arasındaki özel bir kimyasal ilgiye bağlıdır. Fiziksel adsorpsiyon oldukça hızlı bir şekilde gerçekleşirken, kimyasal adsorpsiyonun hızı, aktiflenme enerjisine bağlıdır[12].



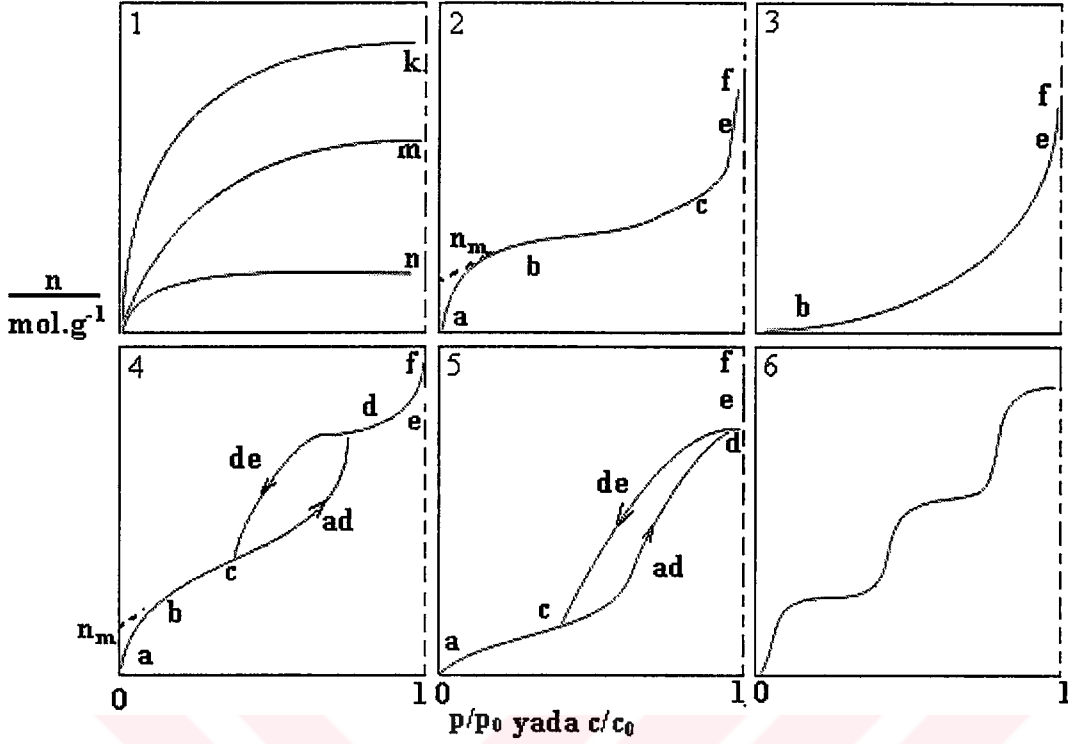
Şekil 1.1 Bir yüzey üzerine hidrojenin fiziksel ve kimyasal adsorpsiyonu için potansiyel - enerjisi[13]

Adsorpsiyon sabit sıcaklık ve sabit basınçta kendiliğinden meydana geldiğinden adsorpsiyon sırasındaki serbest entalpi değişimi (**adsorpsiyon serbest entalpisi**) (ΔG) daima negatiftir. Diğer taraftan, gaz ya da sıvı ortamında daha düzensiz olan tanecikler katı yüzeyinde tutunarak daha düzenli hale geldiğinden dolayı adsorpsiyon sırasındaki entropi değişimi (**adsorpsiyon entropisi** ΔS) de daima eksi işaretlidir. Adsorpsiyon serbest entalpisi ve adsorpsiyon entropisinin daima eksi işaretli olması;

1.3 Adsorpsiyon İzotermi

Genel olarak deneysel adsorpsiyon ölçümlerinin sonuçlarını denge adsorpsiyon izotermi şeklinde ifade etmek mümkündür. Bilinen bir sıcaklıkta dengedeki adsorbat molekülleri tarafından işgal edilen yüzey noktalarının sayısı çözeltinin konsantrasyonuna veya gazın basıncına bağlı olacaktır. Belli bir sıcaklıkta basınçla yada konsantrasyonla yüzey örtülmesinin değişimi adsorpsiyon izotermi olarak adlandırılır[14,15] ve adsorpsiyon izotermi, bir adsorbent yüzeyine adsorplanan bir adsorbat için denge şartlarını tanımlar[16]. Düşük konsantrasyonlarda yada düşük basınçlarda tüm adsorpsiyon izotermi doğrusaldır.

Genel olarak denel yoldan belirlenen adsorpsiyon izotermi Şekil 1.2'de gösterilen 6 tip izoterm eğrisinden birine uyar. Daha çok buhar fazından adsorpsiyon için çizilen bu izotermilerin bazıları çözeltiden adsorpsiyon için de geçerlidir. Şekildeki p/p_0 bağıl denge basıncını, c/c_0 ise bağıl denge derişimini göstermektedir. Buradaki p_0 doygun buhar basıncını c_0 ise doygun çözeltinin derişimini yani çözünürlüğü göstermektedir. Aynı izotermi p/p_0 yerine p denge basıncı ve c/c_0 yerine de c denge derişimi alınarak da çizilebilir. Şekildeki $p/p_0 = 1$ yada $c/c_0 = 1$ değerlerinde adsorplanan madde yığın olarak ayrıldığından izoterm eğrileri dikey olarak yükselmeye başlamaktadırlar. Bu dikey yükselme noktasına gelindiğinde adsorpsiyon tamamlanmış demektir[11].



Şekil 1.2 Adsorpsiyon izotermelerinin 6 karakteristik tipi

1. Monomoleküler yani tek tabakalı adsorpsiyon izotermeleri k ve n eğirilerine benzemektedir. Ayrıca mikrogözenekli katılardaki adsorpsiyon izotermi k eğrisi ve makrogözenekli katılardaki adsorpsiyon izotermi ise n eğrisi ile uyumludur. Adsorplama gücü yüksek olan mikrogözeneklerin yüzeyleri monomoleküler olarak kaplandığında gözenekler tamamıyla dolduğundan adsorpsiyon tamamlanmış olacaktır. Aynı şekilde, adsorplanma gücü düşük olan makrogözeneklerin gözenekleri monomoleküler olarak kaplandığında adsorpsiyon yine tamamlanmış olacaktır. Çözeltilerden adsorpsiyon izotermeleri k, n ve m eğrilerinden birine uyar.

2. Birinci tabakanın adsorpsiyon ısısı, yoğunlaşma ısısından daha büyük olan ve kılcal yoğunlaşmanın az olduğu adsorpsiyon izotermeleri bu eğriye uyar. İzotermin "ab" parçası boyunca tek tabakalı adsorpsiyon, "bc" parçası boyunca, çok tabakalı adsorpsiyon ve kılcal yoğunlaşma gözlenmektedir. İzotermin "b" noktasından sonraki doğrusal kısmının uzantısından " Q_m " tek tabaka kapasitesi belirlenebilir.

"ef" boyunca doygunluk noktasına gelindiğinden dolayı adsorplanan madde sıvı yada katı olarak yığın halde sistemden ayrılır.

3. Birinci tabakanın adsorpsiyon ısısı yoğunlaşma ısısından daha küçük olan ve kılcal yoğunlaşmanın az olduğu gözlenen adsorpsiyon izotermi bu eğriye uyar. Adsorplama gücü çok düşük olan katılar da bu tip izotermlere rastlanmaktadır.

4. Birinci tabakanın adsorpsiyon ısısı yoğunlaşma ısısından daha büyük olan ve kılcal yoğunlaşmanın çok olduğu adsorpsiyon izotermi bu eğriye uyar. Şekil 1.2'den görüldüğü gibi adsorpsiyon ve desorpsiyon izotermi farklı yollar izlemesine **adsorpsiyon histerezi** denir. "ab" parçası boyunca tek tabakalı adsorpsiyon, "bc" parçası boyunca çok tabakalı adsorpsiyon, "cd" parçası boyunca ise kılcal yoğunlaşma gerçekleşmektedir. Kılcal yoğunlaşma tamamlandıktan sonra gözeneklerin ağızlarındaki çukur yüzeyler "de" boyunca dolmakta ve "ef" boyunca adsorplanan madde yığın olarak sistemden ayrılmaktadır. Genellikle mikro ve mezo gözenek içeren katılardaki adsorpsiyon izotermi bu tipe uymaktadır. " Q_m " tek tabaka kapasitesi, izoterm b noktasındaki doğrusal kısımdan bulunabilir.

5. Birinci tabakanın adsorpsiyon ısısı, yoğunlaşma ısısından daha küçük olan ve kılcal yoğunlaşması çok olduğu gözlenen adsorpsiyon izotermi bu eğriye uyar. İzoterm "ac" parçası boyunca yüzey tek yada çok tabakalı olarak kaplandıktan sonra "cd" boyunca kılcal yoğunlaşma meydana gelmektedir. Adsorplanma gücü düşük olan mezo gözenekli katılardaki adsorpsiyon izotermi bu tipe benzemektedir.

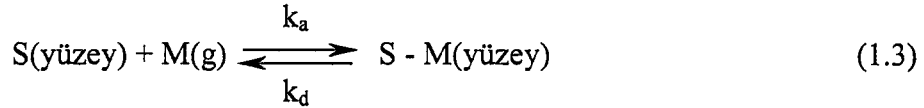
6. Basamaklı olan bu izoterm tipine çok az rastlanmaktadır. Mikro gözenekler yanında farklı boyutlarda mezo gözenek grupları içeren katılardaki adsorpsiyon izotermi bu tipe benzemektedir.

Çözüldüden adsorpsiyonla elde edilen deneysel verileri yorumlamak için sıklıkla kullanılan izoterm Freundlich ve Langmuir izotermidir.

1.3.1 Langmuir Adsorpsiyon İzotermi

Yüzey kimyasındaki çalışmalarından dolayı 1932 yılında Nobel Ödülünü alan Amerikalı bilim adamı Irving Langmuir (1881 - 1957) tarafından 1916 yılında kimyasal adsorpsiyon için çok basit bir izoterm denklemi türetilmiştir[17,18].

Çözeltideki moleküllerin dinamik dengede olduğu farz edilirse aşağıdaki reaksiyon yazılabilir:



Burada k_a ve k_d , sırasıyla adsorpsiyon ve desorpsiyon için hız sabitleridir.

Adsorpsiyonda birbirine ters iki olay düşünülebilir. Adsorbentın alanı A ve adsorbat tarafından kaplanan kesir θ ile gösterilirse, adsorpsiyondan dolayı yüzey örtülmesinin değişim hızı, adsorbat tarafından kaplanmamış kesir $(1 - \theta)$ ve çözeltinin konsantrasyonu (C) ile orantılı olacaktır.

$$\frac{d\theta}{dt} = k_a(1 - \theta)C \quad (1.4)$$

Desorpsiyondan dolayı değişim hızı adsorplanmış kesir (θ) ile orantılı olacağından:

$$\frac{d\theta}{dt} = k_d\theta \quad (1.5)$$

yazılabilir. (1.5) eşitliğine göre, desorpsiyon hızı konsantrasyondan bağımsız, fakat θ 'ya bağlı olacaktır. Dinamik dengede bu iki olayın hızı birbirine eşit olacağından:

$$k_a C_e (1 - \theta) = k_d \theta \quad (1.6)$$

yazılabilir. Burada C_e , çözeltinin denge konsantrasyonudur. Bu eşitlikte;

$$K = k_a / k_d \quad (1.7)$$

yazılır ve düzenlenirse

$$\theta = \frac{KC_e}{1 + KC_e} \quad (1.8)$$

elde edilir. Burada K, adsorpsiyon denge sabitidir. Adsorplayıcının birim kütlesi başına adsorplanan miktar:

$$Q_e = Q_m \theta \quad (1.9)$$

ile verilir. θ 'nın değeri yerine yazılır ve düzenlenirse

$$\frac{C_e}{Q_e} = \frac{1}{Q_m K} + \frac{C_e}{Q_m} \quad (1.10)$$

elde edilir. Burada Q_m , adsorbentin tek tabaka kapasitesidir (mol/g). Bu eşitlik Langmuir eşitliği olarak bilinir. $\frac{C_e}{Q_e}$ 'nin C_e 'ye karşı grafiği, eğimi $\frac{1}{Q_m K}$ ve kayması $\frac{1}{Q_m}$ olan düz bir doğru verecektir[17,18].

1.3.2 Freundlich Adsorpsiyon İzotermi

Freundlich adsorpsiyon izotermi, yüzeyde aynı bağ enerjisinin esas alındığı, yüzey üzerinde tek tabakalı adsorpsiyonun olduğunu farzettiğimiz, Langmuir izoterminden türetilmiş bir denklemdir. Çok düşük basınçta ($K_p \ll 1$) $\theta = K_p$ eşitliği elde edilir. Düşük derişimlerde bütün adsorpsiyonlarda olmasa bile çoğunda doğrusal bir ilişki elde edilir[10,34].

Dengede adsorbentin gramı başına adsorplanan adsorbatın miktarı Q_e ve adsorbatın konsantrasyonu C_e ile verilirse Freundlich eşitliği aşağıdaki gibi yazılabilir :

$$Q_e = K_F C_e^{1/n} \quad (1.11)$$

Burada K_F ve n , Freundlich sabitleridir. Bu sabitler yukarıdaki eşitliğin her iki tarafının logaritmasının alınması ile tayin edilebilir[19,20].

$$\log Q_e = \log K_F + \frac{1}{n} \log C_e \quad (1.12)$$

$\log Q_e$ 'nin $\log C_e$ 'ye karşı grafiği, eğimi $\frac{1}{n}$ ve kayması $\log K_F$ olan düz bir doğru verecektir.

1.4 İzosterik Adsorpsiyon Isısı

İçinde adsorplanmış halde madde bulunduran çok fazla miktardaki adsorplayıcıda yüzeyin giderek doldurulması halinde birim miktarda adsorplanan madde için açığa çıkan ısıdır. Q_{izo} ile gösterilir[21,22].

Fazla miktarda adsorplayıcı alındığından adsorplanan maddenin derişimi pratikte değişmemekte ve böylece izoster koşullar sağlanmaktadır.

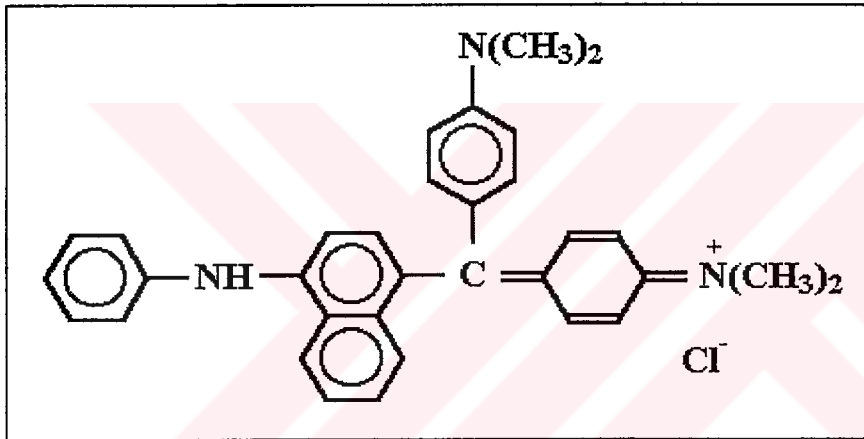
Adsorplayıcı yüzey tek tabaka ile tam olarak örtülünceye kadar gittikçe azalır ve çok tabakalı adsorpsiyon bölgesinde, adsorplananın yoğunlaşma ısısına yakın bir değerde seyrederek[23]. Adsorplanmış gaz ve ya buhar sıvılaşırsa, adsorpsiyon ısısının yoğunlaşma ve ıslanma ısılarının toplamına eşit olması beklenebilir[24].

1.5 Boyar Madde Adsorpsiyonu İle İlgili Çalışmalar

Bazı boyar maddeler biyolojik parçalanmaya karşı kararlıdır ve metal içeren boyar maddeler zehirlidirler[25]. Granül ya da toz halinde bulunan aktif

karbon yaygın olarak kullanılan bir adsorbenttir ve organik moleküllerin adsorpsiyonu için yüksek bir adsorpsiyon kapasitesine sahiptir. Günümüzde aktif karbonun pahalı olması nedeniyle buna alternatif olabilecek daha ucuz adsorbentler üzerinde çalışılmaktadır. Aktif karbon ve uçucu kül ile sulu çözeltilerden fenol ve kresol ve bunların karışımının adsorpsiyonu Kumar ve arkadaşları tarafından incelendi ve incelenen tüm sistem için, Freundlich izoterminin daha uygun olduğu belirlendi[26]. Kharer ve arkadaşları farklı konsantrasyonlardaki ve pH'daki sulu çözeltilerden viktorya mavisinin geri kazanımı için uçucu külün kullanımını incelediler[27]. Potgieter, aktif karbon üzerine Metilen Mavis'i'nin adsorpsiyon kinetiğini incelediler[28].

1.6 Viktorya Mavis'i



Şekil 1.3 Viktorya mavis'i molekülü[29].

Çizelge 1.2 Viktorya mavisinin fiziksel özellikleri[29].

Yaygın ismi	Viktorya mavis'i
Tercih edilen ismi	Viktorya mavis'i 1B
Sınıf	Triarylmethane
Suda çözünürlük	Az
Etanolde çözünürlük	Çözünüyor
Max. Absorpsiyon	619.2 nm
Renk	Mavi
Basit formül	C ₃₃ H ₃₂ N ₃ Cl
Formül ağırlığı	506.1

1.7 Çalışmanın Amacı

Sanayileşmeden dolayı çevrenin bilinçsizce kirletilmesi, giderek artmaya başlamış ve bunun sonucunda kirlenen çevrenin temizlenmesi oldukça masraflı ve kompleks tesisler gerektiren bir durum almıştır. Bu nedenle günümüzde çevrenin yeniden eski halini alması ve atıklardan arıtılması için çalışmalar önem kazanmaya başlamıştır. Çevre kirliliğinde en önemli çalışmalar su kirliliği konusunda yapılmaktadır. Çünkü kullanılabilir ve içilebilir durumdaki su miktarının dünyadaki toplam su kütlesinin ancak %3 gibi küçük bir kesrini oluşturması bu alandaki çalışmaların hızla artmasına sebep olmuştur. Ayrıca hava ve topraktaki kirleticilerinde yağışlarla tekrar içilebilir su kaynaklarına karışması su kirliliğinin gideriminin daha fazla önem kazanmasına sebep olmuştur. Endüstrinin gelişmesiyle fabrika atıkları ve suda çözünen boyar maddelerin kirlilik yaratması sonucu bu maddelerin sudan uzaklaştırılmasına yönelik adsorbent olarak kullanılacak materyallerin arayışında hız kazanmıştır. Daha çok aktif kömür, silikajel, zeolit ve bazı polimerlerin kullanımı oldukça yaygın olmasına karşın ekonomik yönden çok pahalı malzemeler olmaları nedeni ile araştırmalar daha ucuz adsorbentler bulma üzerine yoğunlaşmıştır.

Dünya perlit rezervinin %70'inin Türkiye de olduğu göz önüne alınırsa perlitin ülkemiz açısından önemli bir maden olduğu görülmektedir. Perlit günümüzde çoğunlukla inşaat sektöründe kullanılması nedeniyle bu alandaki çalışmaların odağında olmuştur[30,31]. Adsorbent olarak perlitin kullanılması konusunda çok az sayıda çalışmaya rastlanmaktadır. Antonacci ve arkadaşları bir adsorbent olarak modifiye edilmiş perlitin 1,2,3,4-tetrahidronaftalin, o-diklorobenzen, metilnonilketon ve borneol gibi organik maddelerin gideriminde oldukça etkili olduğunu bulmuşlardır[32,33].

Bu çalışmada viktorya mavisini boyar maddesinin perlit yüzeyine adsorpsiyonu incelenmiştir. Viktorya mavisinin adsorpsiyon kapasitesine genleşmenin, pH'nın, sıcaklığın ve iyon şiddetinin etkileri araştırılmıştır. Deneysel verilerden ilgili izoterm eşitliği belirlenerek izoterm parametreleri ve boyutsuz ayırma faktörü tayin edilmiştir.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

2.1 Perlit Örneklerinin Temini

Çalışmada kullanılan genleşmiş ve genleşmemiş perlit örnekleri Cumaovası Etibank Perlit İşletme Müdürlüğü'nden (Cumaovası, İzmir) temin edilmiştir. Perlitin bazı fiziksel özellikleri Uluatam[4], kimyasal özellikleri ve bazı fizikokimyasal özellikleri Doğan ve arkadaşları tarafından[5,36,37] incelenmiş olup sonuçlar Çizelge 2.1, 2.2 ve 2.3'de verilmektedir.

2.2 Perlit Örneklerinin Arındırılması

Perlit örneklerini safsızlıklardan ayırmak için %1'lik perlit süspansiyonu hazırlanarak 24 saat süre ile oda sıcaklığında mekanik karıştırıcı ile karıştırılmıştır. Daha sonra 1-2 dakika dinlendirilmeye bırakılmış ve bunun ardından dekantasyon işlemi ile orta kısımdaki faz, bir başka kaba aktarılmıştır. Böylece perlit örnekleri dibe çöken safsızlıklardan ayrılmış ve daha sonra su trompu yardımı ile beyaz band süzgeç kağıdından süzölmüş ve 110 °C'de etüvde 24 saat kurutulmuştur. Kurutulmuş örnekler daha sonra 100 mesh'lik elekten elenmiştir[38,39].

Çizelge 2.1 Perlitin bazı fiziksel özellikleri

Parametre	Veri
Renk	Gri, beyaz, siyah
pH	6.6 - 8.0
Yumuşama Noktası	800-1000 °C
Erime Noktası	1315-1390 °C
Özgül Isısı	0.2 kcal/kg°C
Maksimum serbest nem	% 0.5

Çizelge 2.2 Perlitin Kimyasal Bileşimi

Bileşenler	Yüzde miktarlar
SiO ₂	71-75
Al ₂ O ₃	12.5-18
Na ₂ O	2.9-4.0
K ₂ O	4.0-5.0
CaO	0.5-2.0
Fe ₂ O ₃	0.1-1.5
MgO	0.03-0.5
TiO ₂	0.03-0.2
MnO ₂	0.0-0.1
SO ₃	0.0-0.1
FeO	0.0-0.1
Ba	0.0-0.1
PbO	0.0-0.5
Cr	0.0-0.1

Çizelge 2.3 Çalışmada kullanılan perlit örneklerinin bazı fizikokimyasal özellikleri

Örnek	Kısaltma	KDK (meg/100g)	Yoğunluk (g/cm ³)	Spesifik yüzey alanı (m ² /g)	Zeta Potansiyeli (mV)
Genleşmiş, suda saflaştırılmış	EP	33.30	2.24	2.30	-46.8
Genleşmiş, 0.2-M asitle aktive edilmiş	EHP(0.2)	38.20	2.10	----	-47.1
Genleşmiş, 0.4-M asitle aktive edilmiş	EHP(0.4)	43.38	2.04	----	-46.3
Genleşmiş, 0.6-M asitle aktive edilmiş	EHP(0.6)	54.24	1.93	2.33	-44.0
Genleşmemiş, suda saflaştırılmış	UP	25.97	2.30	1.22	-23.5
Genleşmemiş, 0.2-M asitle aktive edilmiş	UHP(0.2)	32.79	2.32	----	-21.8
Genleşmemiş, 0.4-M asitle aktive edilmiş	UHP(0.4)	35.00	2.38	----	-22.0
Genleşmemiş, 0.6-M asitle aktive edilmiş	UHP(0.6)	36.56	2.46	1.99	-21.1

2.3 Viktorya Mavisi Adsorpsiyonu

Adsorpsiyon deneyleri, viktorya mavisi'nin 50 mL sulu çözeltisinin 0.5 g perlit örneği ile farklı sıcaklık, pH ve iyon şiddetinde arzu edilen konsantrasyonlarda 1 saat çalkalanmasıyla gerçekleştirilmiştir. Ön denemeler 1 saatlik bir çalkalama periyodunun viktorya mavisi çözeltilerinin dengeye erişmeleri için yeterli olduğunu gösterdi. Çalkalayıcı su banyosu ile sıcaklık sabit tutulmuştur. Deneylerde viktorya mavisinin 10^{-3} M'luk stok çözeltisi kullanıldı. İyon şiddetinin incelendiği deneylerde çözeltinin iyon şiddeti NaCl ile sabit tutuldu. Genleşmiş ve genleşmemiş perlit örnekleri için viktorya mavisi çözeltilerinin başlangıç konsantrasyonları, 1×10^{-5} - 6×10^{-4} mol/L aralığında değiştirildi. Çözeltinin pH'sı kombine elektrod ile donatılmış bir Orion 520A pH metre kullanılarak NaOH ve HNO₃ özeltileri ile ayarlandı. pH metre her ölçümden önce NBS tamponu ile kalibre edildi. Adsorpsiyon periyodu sonucunda çözelti 3000 rpm'de 15 dakika santrifüj edildi. Daha sonra geri kalan viktorya mavisi çözeltisinin derişimi bir Cary 1E UV-Visible Spektroskopisi ile belirlendi. Ölçümler maksimum absorbansa karşılık gelen 616 nm dalga boyunda alındı. Viktorya mavisinin bulunmadığı kör içeriği her deney serisi için kullanıldı. Adsorplanmış viktorya mavisi derişimi, adsorpsiyondan önceki ve sonraki çözeltilerin derişimlerinden hesaplandı. Herbir deneysel nokta 2 bağımsız adsorpsiyon deneyinin ortalamasıdır.

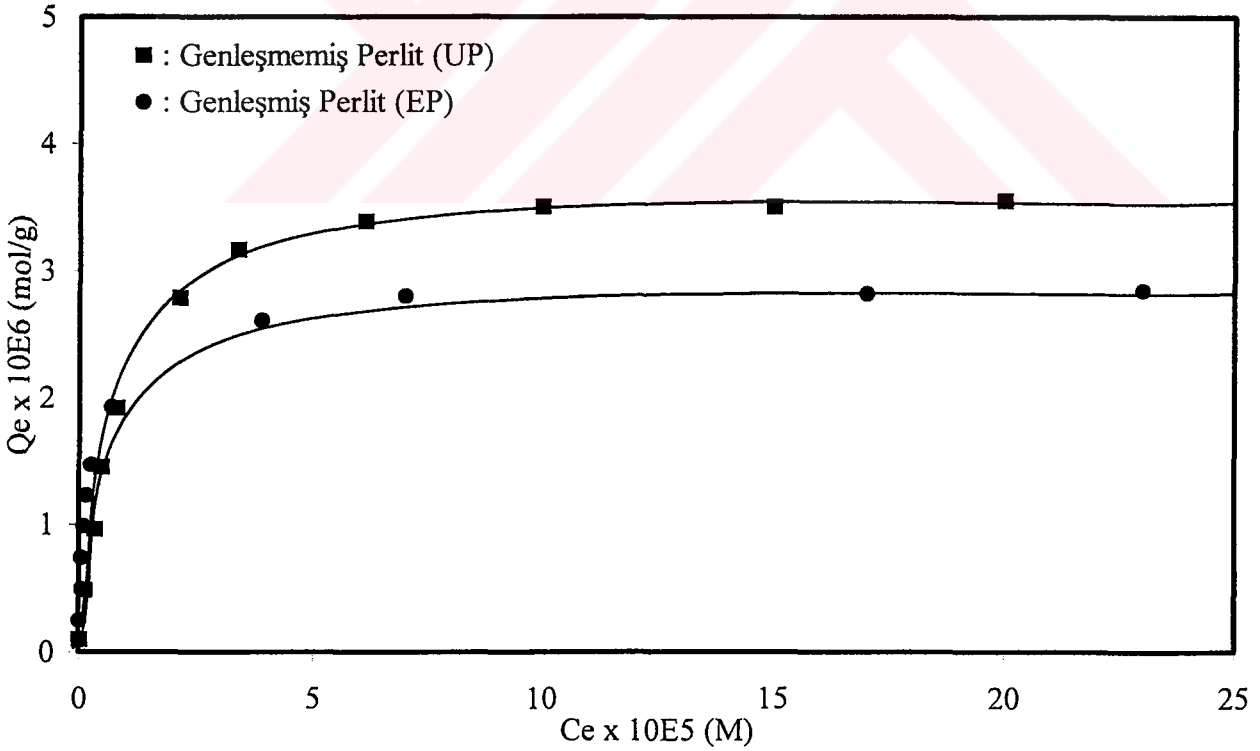
3. BULGULAR

3.1 Viktorya Mavisinin Perlit Yüzeyine Adsorpsiyonu

Perlit örnekleri yüzeyine viktorya mavisinin adsorpsiyonu üzerine genişlemenin, iyon şiddetinin, pH'nın ve sıcaklığın etkileri incelendi.

3.1.1 Genleşmenin Etkisi

Genleşmemiş ve genişmiş perlit örnekleri yüzeyine viktorya mavisinin adsorpsiyonu, çeşitli başlangıç çözelti konsantrasyonlarında 30 °C'de ve pH=6'da incelendi. Elde edilen sonuçlar Çizelge 3.1'de verildi ve Şekil 3.1'de grafik edildi. Genleşme ile perlit örneklerinin adsorpsiyon kapasitesinin azaldığı bulundu.



Şekil 3.1 Viktorya mavisinin perlit yüzeyine adsorpsiyonununun genişleme ile değişimi

Çizelge 3.1 Viktorya mavisinin perlit yüzeyine adsorpsiyonunun genişleme ile değişimine ait veriler

Örnek	$C_0(M) \times 10^{+5}$	pH	t (°C)	$C_e(M) \times 10^5$	$Q_e(\text{mol/g}) \times 10^{+6}$	C_e/Q_e (g/L)
UP	1	6	30	0.0161	0.0983	0.163
	5			0.1117	0.4888	0.228
	10			0.3360	0.9664	0.347
	15			0.4702	1.4529	0.323
	20			0.7942	1.9205	0.413
	30			2.1221	2.7877	0.761
	35			3.3654	3.1634	1.064
	40			6.1265	3.3873	1.808
	45			10.0010	3.5214	2.840
	50			15.2514	3.5001	4.357
EP	1	6	30	0.0042	0.0995	0.042
	2.5			0.0050	0.2494	0.020
	5			0.0417	0.4958	0.084
	7.5			0.0477	0.7452	0.064
	10			0.1021	0.9897	0.103
	12.5			0.1568	1.2343	0.127
	15			0.2568	1.4743	0.174
	20			0.6855	1.9314	0.354
	30			3.8746	2.6125	1.483
	35			7.0000	2.8000	2.500

3.1.2 İyon Şiddetinin Etkisi

Genleşmemiş ve genişmiş perlit örnekleri yüzeyine viktorya mavisinin adsorpsiyonuna iyon şiddetinin etkisi 30 °C'de ve pH=6'da 0.1, 0.2 ve 0.5 M NaCl çözeltileri içerisinde çözülmüş viktorya mavisi çözeltileri kullanılarak incelendi. Elde edilen sonuçlar Çizelge 3.2 ve 3.3'de verilmiş ve Şekil 3.2'de grafik edilmiştir. Şekil 3.2'den de görüldüğü gibi iyon şiddeti ile perlit örneklerinin adsorpsiyon kapasitesinin azaldığı bulunmuştur.

Çizelge 3.2 Viktorya mavisinin genleşmemiş perlit yüzeyine adsorpsiyonununun iyon şiddeti ile değişimine ait veriler

Örnek	$C_0(M) \times 10^{+5}$	pH	t (°C)	$C_e(M) \times 10^{+5}$	$Q_e(\text{mol/g}) \times 10^{+6}$	C_e/Q_e (g/L)
UP	1	6	30	0.0161	0.0984	0.163
	5			0.1117	0.4888	0.228
	10			0.3360	0.9664	0.347
	15			0.4702	1.4529	0.323
	20			0.7942	1.9205	0.413
	30			2.1221	2.7877	0.761
	35			3.3654	3.1634	1.064
	40			6.1265	3.3873	1.808
	45			10.0010	3.5214	2.840
	50			15.2514	3.5001	4.357
UP (0.1)	5	6	30	0.4021	0.4598	0.874
	10			1.0121	0.8988	1.126
	15			1.7213	1.3279	1.296
	20			2.7011	1.7299	1.561
	30			6.5001	2.3500	2.766
	35			9.0112	2.5989	3.467
	40			12.5022	2.7498	4.547
	45			17.0010	2.7999	6.072

Çizelge 3.2'nin devamı

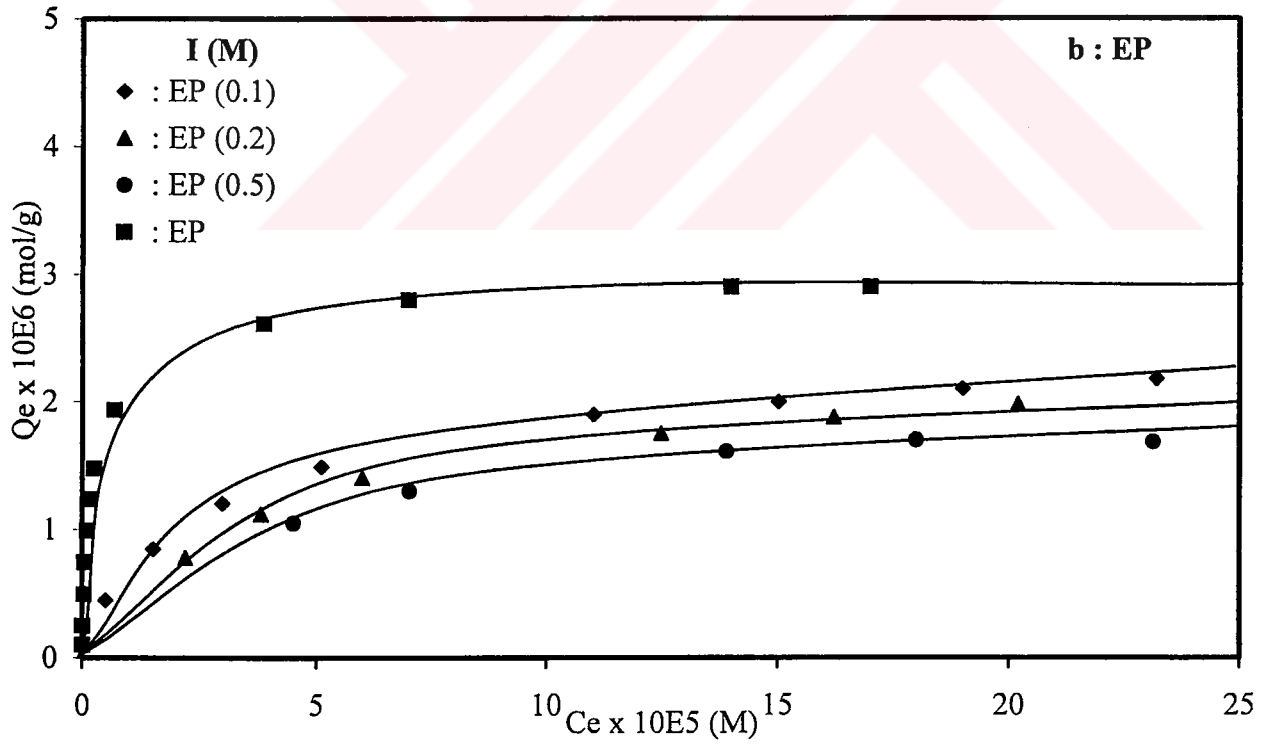
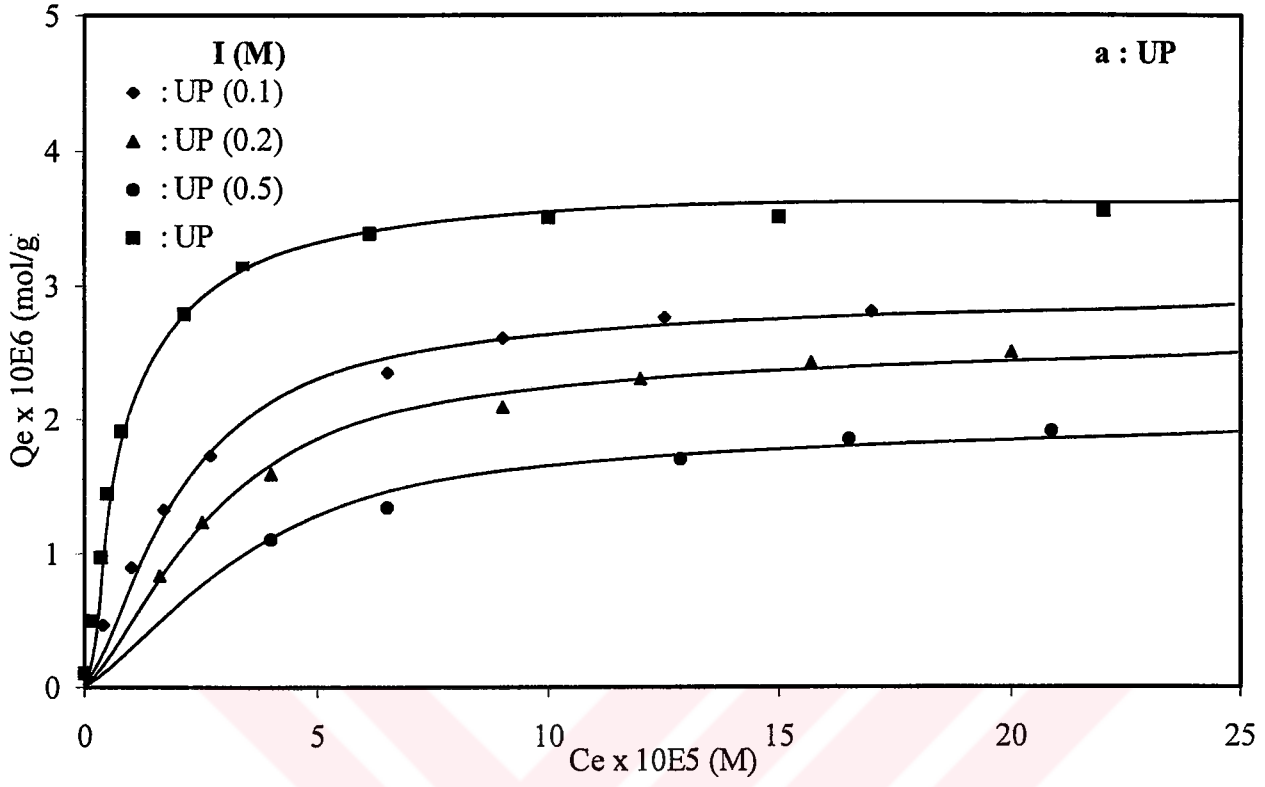
Örnek	$C_0(M) \times 10^{+5}$	pH	t ($^{\circ}C$)	$C_e(M) \times 10^{+5}$	$Q_e(\text{mol/g}) \times 10^{+6}$	C_e/Q_e (g/L)
UP (0.2)	10	6	30	1.6001	0.8400	1.905
	15			2.5111	1.2489	2.011
	20			4.0211	1.5979	2.516
	30			9.1201	2.0880	4.368
	35			12.2110	2.2789	5.358
	40			15.7000	2.4300	6.461
	45			20.1140	2.4886	8.082
UP (0.5)	15	6	30	3.9855	1.1014	3.618
	20			6.4798	1.3520	4.793
	30			12.8745	1.7125	7.518
	35			16.4879	1.8512	8.906
	40			20.8974	1.9103	10.940
	45			25.8754	1.9125	13.530

Çizelge 3.3 Viktorya mavisinin genleşmiş perlit yüzeyine adsorpsiyonunun iyon şiddeti ile değişimine ait veriler

Örnek	$C_0(M) \times 10^{+5}$	pH	t ($^{\circ}C$)	$C_e(M) \times 10^{+5}$	$Q_e(\text{mol/g}) \times 10^{+6}$	C_e/Q_e (g/L)
EP	1	6	30	0.0042	0.0995	0.042
	2.5			0.0050	0.2494	0.020
	5			0.0417	0.4958	0.084
	7.5			0.0477	0.7452	0.064
	10			0.1021	0.9897	0.103
	12.5			0.1568	1.2343	0.127
	15			0.2568	1.4743	0.174
	20			0.6855	1.9314	0.354
	30			3.8746	2.6125	1.483
	35			7.0000	2.8000	2.500
EP (0.1)	5	6	30	0.4991	0.4501	1.109
	10			1.5102	0.8490	1.779
	15			2.9885	1.2011	2.488
	20			5.1112	1.4888	3.432
	30			11.0215	1.8978	5.807
	35			15.0223	1.9977	7.519
	40			19.0012	2.0998	9.048
	45			23.2001	2.1799	10.642
EP (0.2)	10	6	30	2.1978	0.7802	2.817
	15			3.8127	1.1187	3.408
	20			5.9922	1.4007	4.277
	30			12.4879	1.7512	7.131
	35			16.2155	1.8784	8.632
	40			20.2001	1.9799	10.202
	45			25.0124	1.9988	12.514

Çizelge 3.3'ün devamı

Örnek	$C_0(M) \times 10^{+5}$	pH	t ($^{\circ}C$)	$C_e(M) \times 10^{+5}$	$Q_e(\text{mol/g}) \times 10^{+6}$	C_e/Q_e (g/L)
EP (0.5)	15	6	30	4.5127	1.0487	4.303
	20			7.0215	1.2978	5.410
	30			13.8965	1.6103	8.629
	35			17.9925	1.7007	10.579
	40			23.1254	1.6874	13.704
	45			27.8654	1.7134	16.262



Şekil 3.2 Viktorya mavisinin perlit yüzeyine adsorpsiyonunun iyon şiddeti ile değişimi: a) Genleşmemiş , b) Genleşmiş

3.1.3 pH'nın Etkisi

Viktorya mavisinin genleşmemiş ve genleşmiş perlit örnekleri yüzeyine adsorpsiyonu, çeşitli başlangıç çözelti pH'larında ve 30 °C'de incelendi. Elde edilen veriler Çizelge 3.4 ve 3.5'de verildi ve Şekil 3.3'de grafik edildi. Çözelti pH'sının artmasıyla adsorpsiyonun arttığı gözlemlendi.

Çizelge 3.4 Viktorya mavisinin genleşmemiş perlit yüzeyine adsorpsiyonununun pH ile değişimine ait veriler

Örnek	$C_0(M) \times 10^{+5}$	pH	t (°C)	$C_e(M) \times 10^{+5}$	$Q_e(\text{mol/g}) \times 10^{+6}$	C_e/Q_e (g/L)
UP	1	3	30	0.0002	0.0999	0.002
	5			0.0629	0.4937	0.127
	10			0.4011	0.9598	0.417
	15			1.0791	1.3920	0.775
	20			4.2175	1.5782	2.672
	30			11.2456	1.8754	5.996
	35			14.9965	2.0003	7.496
	40			20.2560	1.9744	10.259
	50			29.5690	2.0431	14.472
UP	1	4	30	0.0159	0.0984	0.162
	5			0.1079	0.4892	0.220
	10			0.6045	0.9395	0.643
	15			1.1654	1.3834	0.842
	20			1.8825	1.8117	1.039
	30			6.3012	2.3698	2.658
	35			9.5124	2.5487	3.732
	40			13.8745	2.6125	5.310
	50			23.8965	2.6103	9.154

Çizelge 3.4'ün devamı

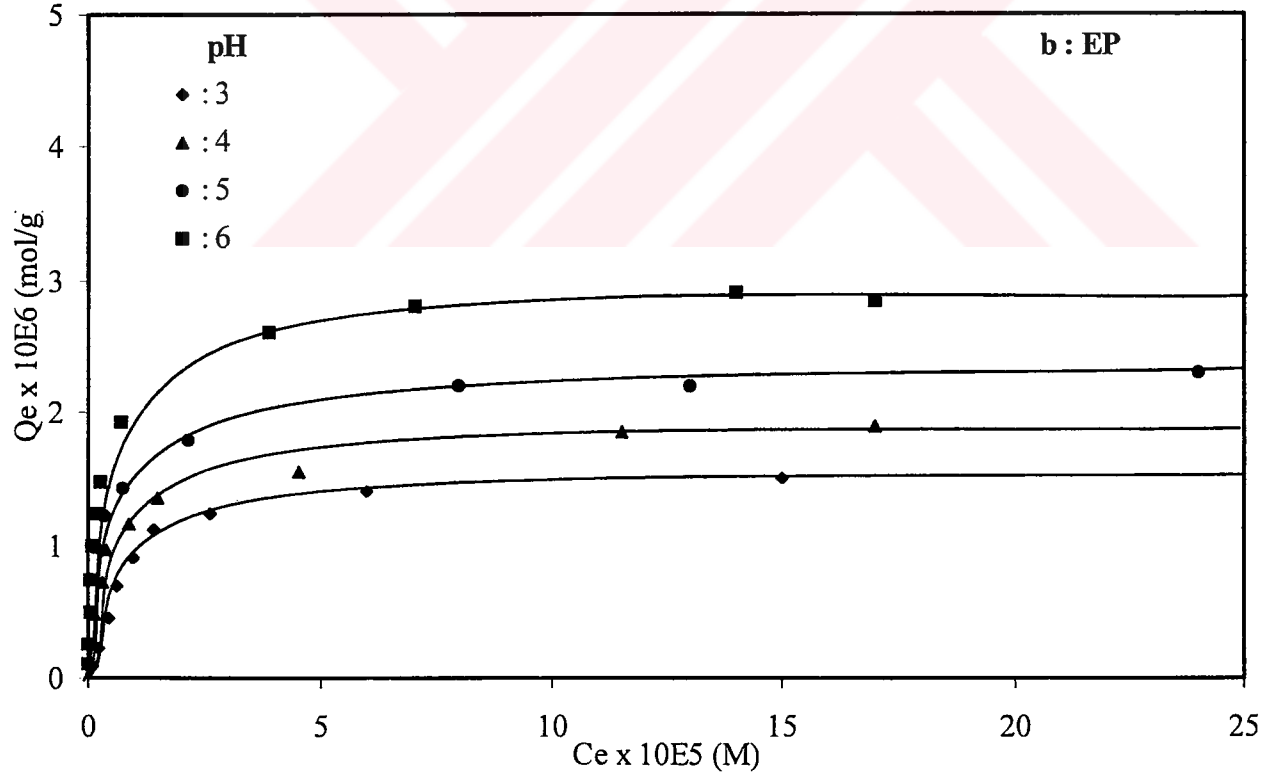
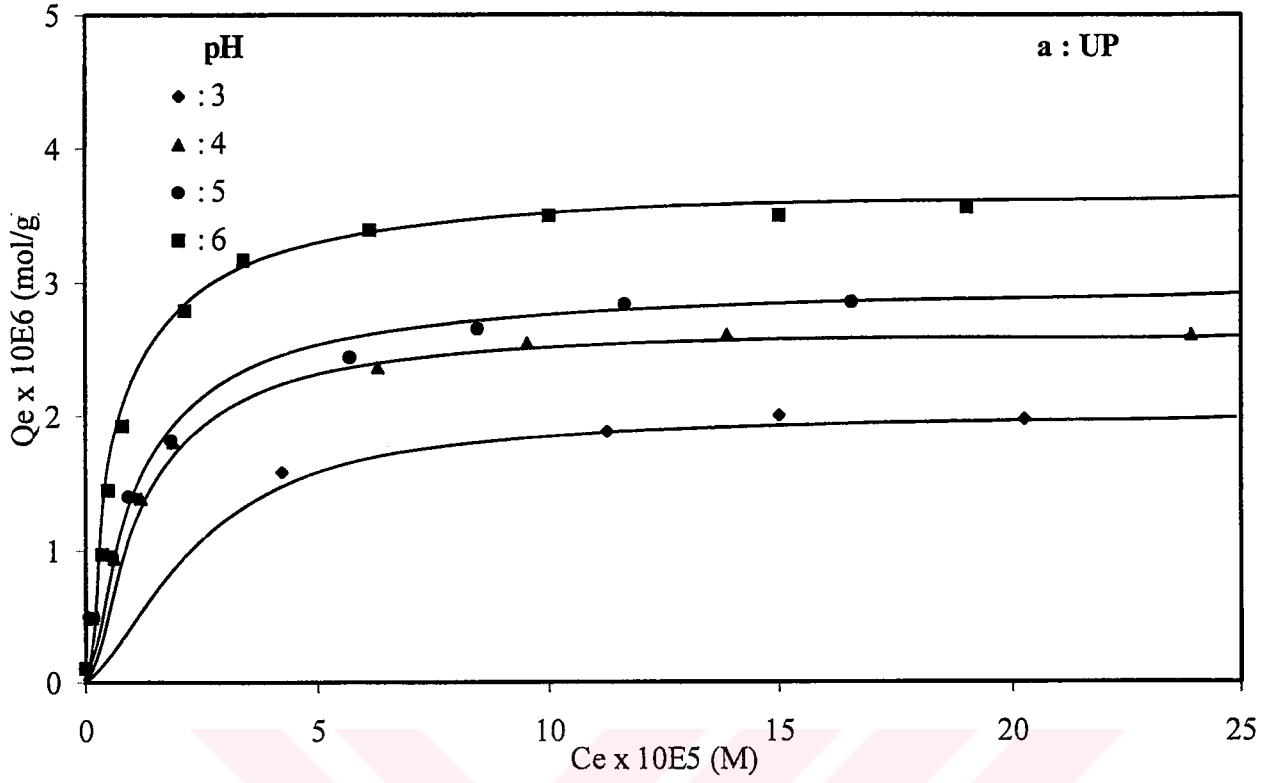
Örnek	$C_0(M) \times 10^{+5}$	pH	t (°C)	$C_e(M) \times 10^{+5}$	$Q_e(\text{mol/g}) \times 10^{+6}$	C_e/Q_e (g/L)
UP	1	5	30	0.0088	0.0991	0.088
	5			0.1792	0.4820	0.371
	10			0.5621	0.9437	0.595
	15			0.9234	1.4076	0.656
	20			1.8334	1.8166	1.009
	30			5.6548	2.4345	2.322
	35			8.4651	2.6534	3.190
	40			11.6548	2.8345	4.111
	45			16.5613	2.8438	5.823
UP	1	6	30	0.0161	0.0983	0.163
	5			0.1117	0.4888	0.228
	10			0.3360	0.9664	0.347
	15			0.4702	1.4529	0.323
	20			0.7942	1.9205	0.413
	30			2.1221	2.7877	0.761
	35			3.3654	3.1634	1.064
	40			6.1265	3.3873	1.808
	45			10.0010	3.5214	2.840
	50			15.2514	3.5001	4.357

Çizelge 3.5 Viktorya mavisinin genişmiş perlit yüzeyine adsorpsiyonunun pH ile değişimine ait veriler

Örnek	$C_0(M) \times 10^{+5}$	pH	t (°C)	$C_e(M) \times 10^{+5}$	$Q_e(\text{mol/g}) \times 10^{+6}$	C_e/Q_e (g/L)
EP	1	3	30	0.0814	0.0918	0.886
	2.5			0.1991	0.2300	0.865
	5			0.4410	0.4559	0.967
	7.5			0.6234	0.6876	0.906
	10			0.9319	0.9068	1.027
	12.5			1.3925	1.1107	1.253
	15			2.6145	1.2385	2.110
	20			5.9865	1.4013	4.271
	30			14.9856	1.5014	9.980
EP	5	4	30	0.1484	0.4851	0.306
	7.5			0.2965	0.7203	0.411
	10			0.3777	0.9622	0.392
	12.5			0.8853	1.1614	0.762
	15			1.4715	1.3528	1.087
	20			4.5104	1.5489	2.911
	30			11.5264	1.8473	6.239
EP	10	5	30	0.1654	0.9834	0.168
	12.5			0.3545	1.2145	0.291
	15			0.7421	1.4257	0.520
	20			2.1254	1.7874	1.189
	30			7.9865	2.2013	3.628
	35			13.0010	2.1990	5.912

Çizelge 3.5'in devamı

Örnek	$C_0(M) \times 10^{+5}$	pH	t ($^{\circ}C$)	$C_e(M) \times 10^{+5}$	$Q_e(\text{mol/g}) \times 10^{+6}$	C_e/Q_e (g/L)
EP	1	6	30	0.0042	0.0995	0.042
	2.5			0.0050	0.2494	0.020
	5			0.0417	0.4958	0.084
	7.5			0.0477	0.7452	0.064
	10			0.1021	0.9897	0.103
	12.5			0.1568	1.2343	0.127
	15			0.2568	1.4743	0.174
	20			0.6855	1.9314	0.354
	30			3.8746	2.6125	1.483
	35			7.0000	2.8000	2.500



Şekil 3.3 Viktorya mavisinin perlit yüzeyine adsorpsiyonunun pH ile değişimi :
a) Genleşmemiş, b) Genleşmiş

3.1.4 Sıcaklığın Etkisi

Viktorya mavisinin genleşmemiş ve genişmiş perlit örnekleri yüzeyine adsorpsiyonuna sıcaklığın etkisi 30, 40, 50, 60 °C'de ve pH=6'da incelendi. Elde edilen veriler Çizelge 3.6 ve Çizelge 3.7'de verildi ve Şekil 3.4'de grafik edildi. Artan sıcaklıkla viktorya mavisinin adsorpsiyonunun arttığı bulundu.

Çizelge 3.6 Viktorya mavisinin genleşmemiş perlit yüzeyine adsorpsiyonunun sıcaklıkla değişimine ait veriler

Örnek	$C_0(M) \times 10^{+5}$	pH	t (°C)	$C_e(M) \times 10^{+5}$	$Q_e(\text{mol/g}) \times 10^{+6}$	C_e/Q_e (g/L)
UP	1	6	30	0.0161	0.0983	0.163
	5			0.1117	0.4888	0.228
	10			0.3360	0.9664	0.347
	15			0.4702	1.4529	0.323
	20			0.7942	1.9205	0.413
	30			2.1221	2.7877	0.761
	35			3.3654	3.1634	1.064
	40			6.1265	3.3873	1.808
	45			10.0010	3.5214	2.840
	50			15.2514	3.5001	4.357
UP	1	6	40	0.0142	0.0985	0.144
	5			0.0600	0.4939	0.121
	10			0.3056	0.9694	0.315
	15			0.5654	1.4434	0.392
	20			0.7895	1.9210	0.411
	30			2.0125	2.7987	0.719
	35			3.9987	3.1003	1.289
	40			6,5103	3.3489	1.943
	50			13.9889	3.6011	3.884

Çizelge 3.6'ün devamı

Örnek	$C_0(M) \times 10^{+5}$	pH	t ($^{\circ}C$)	$C_e(M) \times 10^{+5}$	$Q_e(\text{mol/g}) \times 10^{+6}$	C_e/Q_e (g/L)
UP	1	6	50	0.0075	0.0992	0.075
	5			0.0293	0.4970	0.059
	10			0.1524	0.9847	0.154
	15			0.4841	1.4515	0.333
	20			0.7895	1.9210	0.411
	30			1.8745	2.8125	0.666
	35			3.2154	3.1784	1.012
	40			5.6525	3.4347	1645
	45			9.0010	3.5999	2.500
	55			18.1330	3.6867	4.919
UP	30	6	60	1.8745	2.8125	0.667
	35			3.2824	3.1717	1.035
	40			4.6834	3.5317	1.326
	45			7.0011	3.7999	1.842
	50			9.0001	4.1000	2.195
	55			13.0020	4.1980	3.097

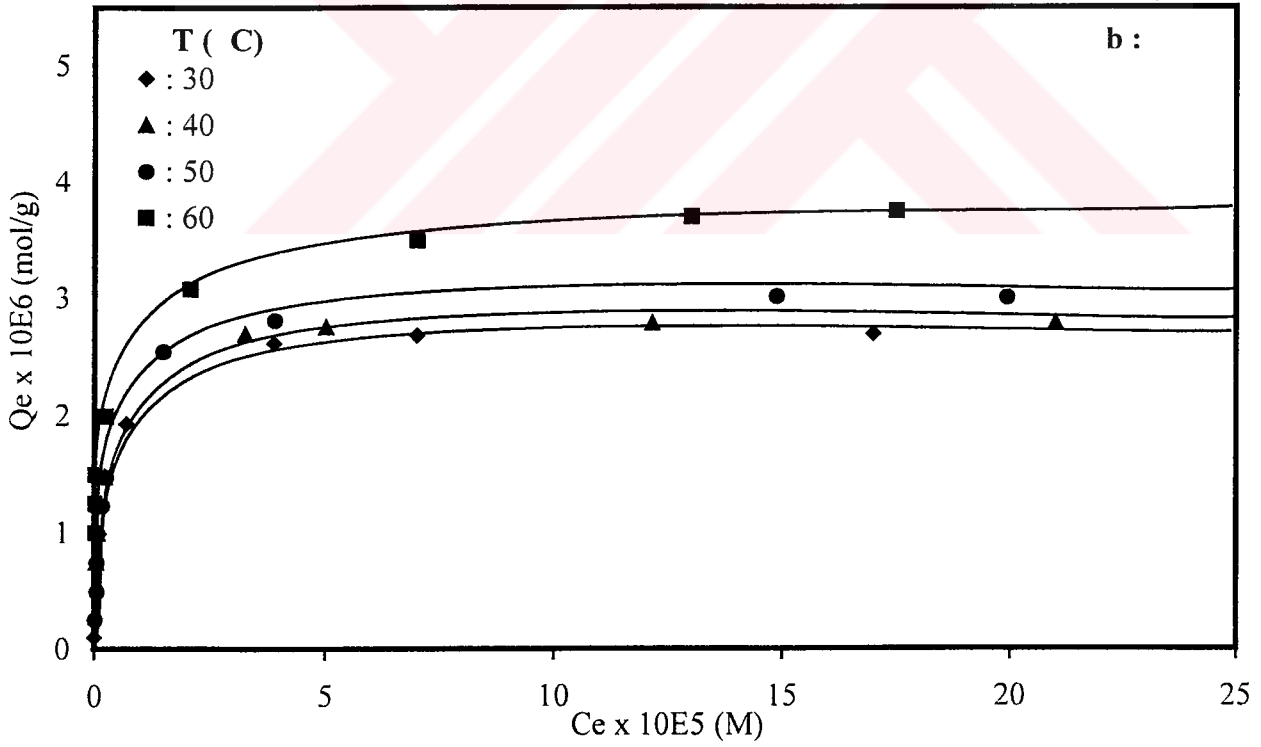
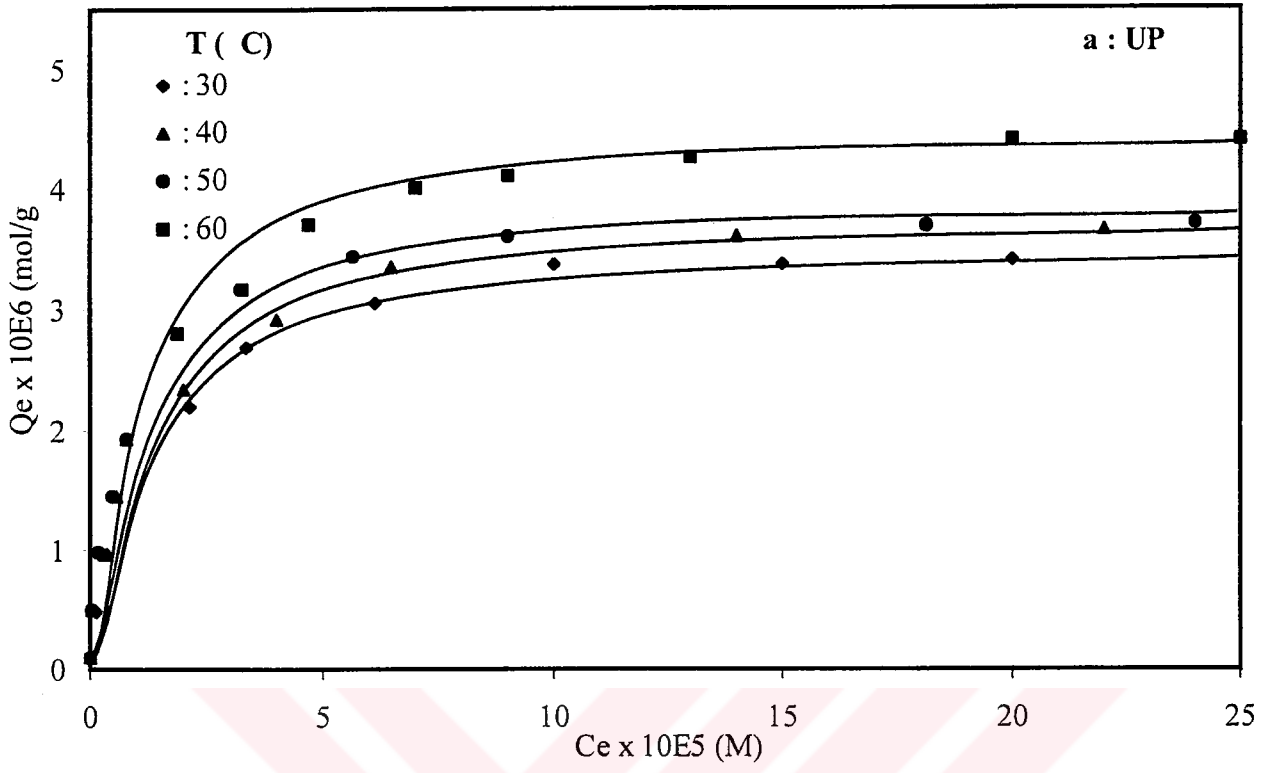
Çizelge 3.7 Viktorya mavisinin genleşmiş perlit yüzeyine adsorpsiyonunun sıcaklıkla değişimine ait veriler

Örnek	$C_0(M) \times 10^{+5}$	pH	t ($^{\circ}C$)	$C_e(M) \times 10^{+5}$	$Q_e(\text{mol/g}) \times 10^{+6}$	C_e/Q_e (g/L)
EP	1	6	30	0.0042	0.0995	0.042
	2.5			0.0050	0.2494	0.020
	5			0.0417	0.4958	0.084
	7.5			0.0477	0.7452	0.064
	10			0.1021	0.9897	0.103
	12.5			0.1568	1.2343	0.127
	15			0.2568	1.4743	0.174
	20			0.6855	1.9314	0.354
	30			3.8746	2.6125	1.483
	35			7.0000	2.8000	2.500
EP	7.5	6	40	0.0447	0.7455	0.060
	10			0.0697	0.9930	0.070
	12.5			0.0904	1.2409	0.073
	15			0.2235	1.4776	0.151
	30			3.9990	2.5000	1.598
	40			12.1452	2.7854	4.360
EP	2.5	6	50	0.0077	0.2492	0.004
	5			0.0560	0.4944	0.004
	7.5			0.0575	0.7442	0.005
	10			0.0683	0.9931	0.005
	12.5			0.1745	1.2325	0.005
	15			0.2511	1.4748	0.006
	20			0.9324	1.9067	0.028
	30			3.8964	2.6103	0.257
	45			14.8795	3.0120	4.940
	50			19.9290	3.0071	6.640

Çizelge 3.7'in devamı

Örnek	$C_0(M) \times 10^{+5}$	pH	t ($^{\circ}C$)	$C_e(M) \times 10^{+5}$	$Q_e(\text{mol/g}) \times 10^{+6}$	C_e/Q_e (g/L)
EP	5	6	60	0.0053	0.4994	0.011
	7.5			0,0057	0.7494	0.008
	10			0.0044	0.9996	0.004
	12.5			0.0042	1.2498	0.003
	15			0.0045	1.4995	0.003
	20			0.0556	1.9944	0.028
	30			1.6118	2.8388	0.568
	50			13.0000	3.7000	3.514
	55			17,5000	3,7500	4.666





Şekil 3.4 Viktoria Blue 1B'nin perlit yüzeyine adsorpsiyonunun sıcaklıkla değişimi :

a) Genleşmemiş, b) Genleşmiş

4. TARTIŞMA VE SONUÇ

4.1.1 Genleşmenin Etkisi

Genleşmemiş ve genleşmiş perlit örneklerinin Infrared spektrumu, hidroksil gruplarının miktarının genleşmemiş perlitten genleşmiş perlitin üretimi sırasında azaldığını göstermektedir[5,40].

Şekil 3.1 genleşmemiş ve genleşmiş perlit perlit örnekleri üzerine viktorya mavisinin adsorpsiyon izotermelerini göstermektedir. Şekil 3.1'den görüldüğü gibi, genleşmemiş perlit için viktorya mavisinin adsorplanmış miktarı, genleşmiş perlit için olandan daha büyüktür. Genleşme ile adsorpsiyon miktarındaki azalma, kalsinasyon süresince meydana gelen birkaç olayın sonucu olabilir; i) hidroksil gruplarının miktarındaki azalma[5], ii) örneği ısıtmadan dolayı mikro gözeneklerin çoğunun yok olması[5].

Genleşmiş perlit, genleşmemiş perlitten daha büyük katyon değişim kapasitesine, zeta potansiyeline ve spesifik yüzey alanına sahip olmasına rağmen perlitin genleşmesi sırasında, adsorpsiyon için esas etkili noktalar olan hidroksil gruplarının miktarındaki azalmanın, adsorpsiyon kapasitesinde bir azalmaya sebep olduğu düşünülmüştür[5].

4.1.2 İyon Şiddetinin Etkisi

İyon şiddeti OH^- , H_3O^+ ve spesifik olarak adsorplanmış iyonların aktiflik katsayılarını etkiler. Şekil 3.2'de görüldüğü gibi çözeltinin iyon şiddetindeki artma perlit yüzeyinde viktorya mavisi moleküllerinin adsorpsiyonunda azalmaya sebep olmuştur. Bu $\text{pH} = 3-6$ aralığında sıfır yük noktasına sahip olmayan perlit yüzeyinin negatif yükünün artan iyonik şiddetle azaldığını gösterir[5,37].

4.1.3 pH'nın Etkisi

Viktorya mavisi için perlitin adsorpsiyon kapasitesine pH'nın etkisini incelemek için, deneyler farklı başlangıç çözelti pH'sı değerleri (3 - 6) kullanılarak yapıldı. Sonuçlar Şekil 3.3'de gösterilmektedir. Perlit üzerine viktorya mavisinin adsorplanmış miktarının yüksek pH'da daha yüksek olduğu görülmektedir. Perlit örneklerinin sıfır yük noktasına sahip olmadıkları incelenen tüm pH aralığında (3 - 6) negatif zeta potansiyeli sergiledikleri gösterilmiştir[36].



Boyar madde çözeltisinin pH'sı yükseldikçe, daha negatif yüklü hale gelecek olan perlit yüzeyi üzerine, boyar madde katyonlarının tutunması çok daha kolay meydana gelebilir[42]. Bu durumda



yazılabilir.

4.1.4 Sıcaklığın Etkisi

Adsorpsiyon izotermi üzerine sıcaklığın etkisi her iki perlit örneği için 30, 40, 50 ve 60 °C'de bir seri izotermilerin elde edilmesiyle incelendi ve Şekil 3.4'de gösterildi. Sonuçlar viktorya mavisi için genleşmemiş ve genleşmiş perlitin adsorpsiyon kapasitesinin sıcaklıktaki artış ile arttığını göstermektedir. Artan sıcaklıkla perlit örnekleri üzerinde viktorya mavisinin adsorplanmış miktarının artması, sıcaklıkla büyük boyar madde iyonlarının hareketindeki artmanın bir sonucu olabilir. Bundan başka, artan sıcaklık boyar maddelerin daha iç kısımlara nüfuz etmelerine imkan veren perlitin iç yapısında bir şişme etkisi yaratabilir. Moleküllerin artan sayısı, yüzeydeki aktif noktalar ile bir etkileşim için yeterli enerji de sağlayabilir.

4.2 İzoterm Analizleri

Denge adsorpsiyon izotermi, adsorpsiyon sistemlerinin dizaynında esas öneme sahiptir. Birkaç izoterm eşitliği mevcut olmakla beraber bu çalışmada en yaygın olarak kullanılan Langmuir ve Freundlich eşitlikleri seçilmiştir.

Langmuir izotermi, belirli sayıda özdeş noktalar içeren bir yüzeydeki tek tabaka adsorpsiyonu için geçerlidir ve izoterm, adsorpsiyon enerjisinin sabit olduğunu ve yüzey düzleminde adsorplanan moleküllerin hareketsiz olduğunu kabul eder.

İzotermin şekli, bir adsorpsiyon sisteminin uygun olup olmadığını belirlemek amacıyla kullanılabilir. McKay ve arkadaşları tarafından açıklanan boyutsuz ayırma faktörü yada denge parametresi R'ye göre Langmuir izoterminin özelliklerini açıklamak mümkündür[41].

$$R = \frac{1}{1 + KC_e} \quad (4.3)$$

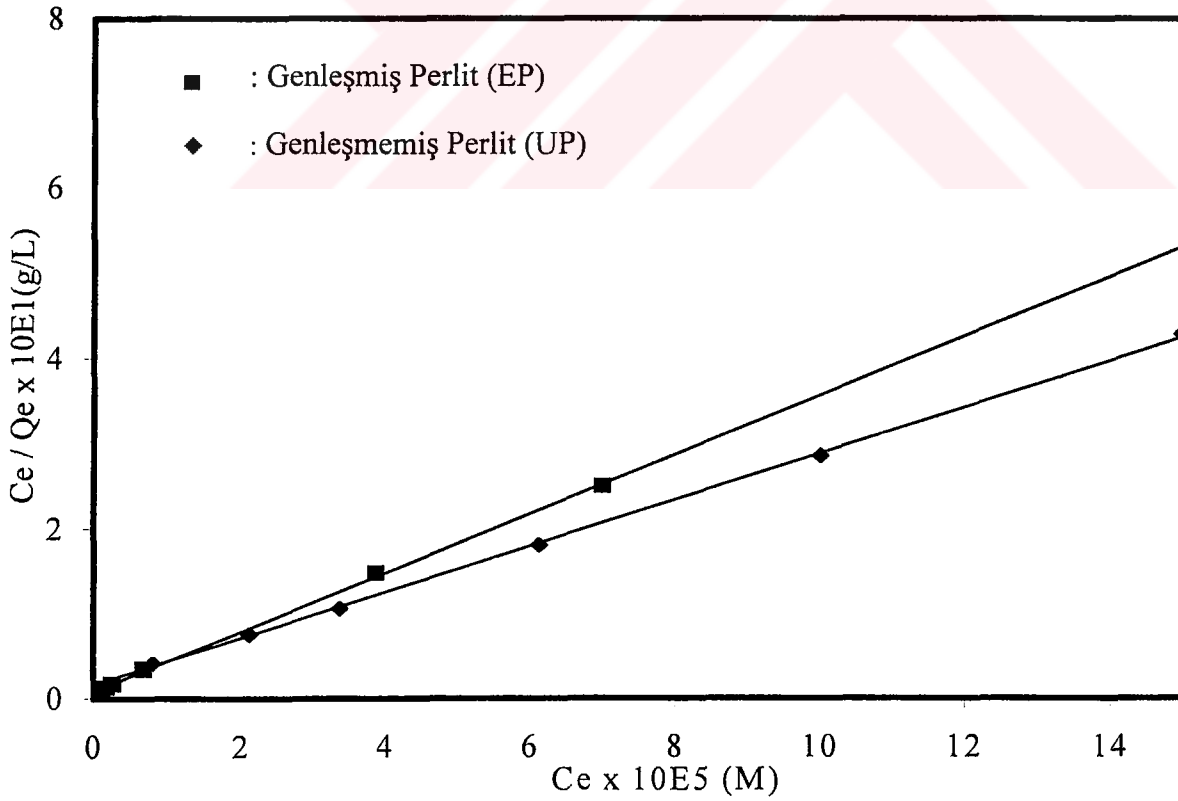
Burada R, Langmuir sabitinin (K) bir fonksiyonudur. R değerlerine göre, izotermin şekli açıklanabilir.

<u>R değeri</u>	<u>Adsorpsiyon Tipi</u>
R > 1.0	Uygun değil
R = 1.0	Çizgisel
0 < R < 1.0	Uygun
R = 0	Tersinmez

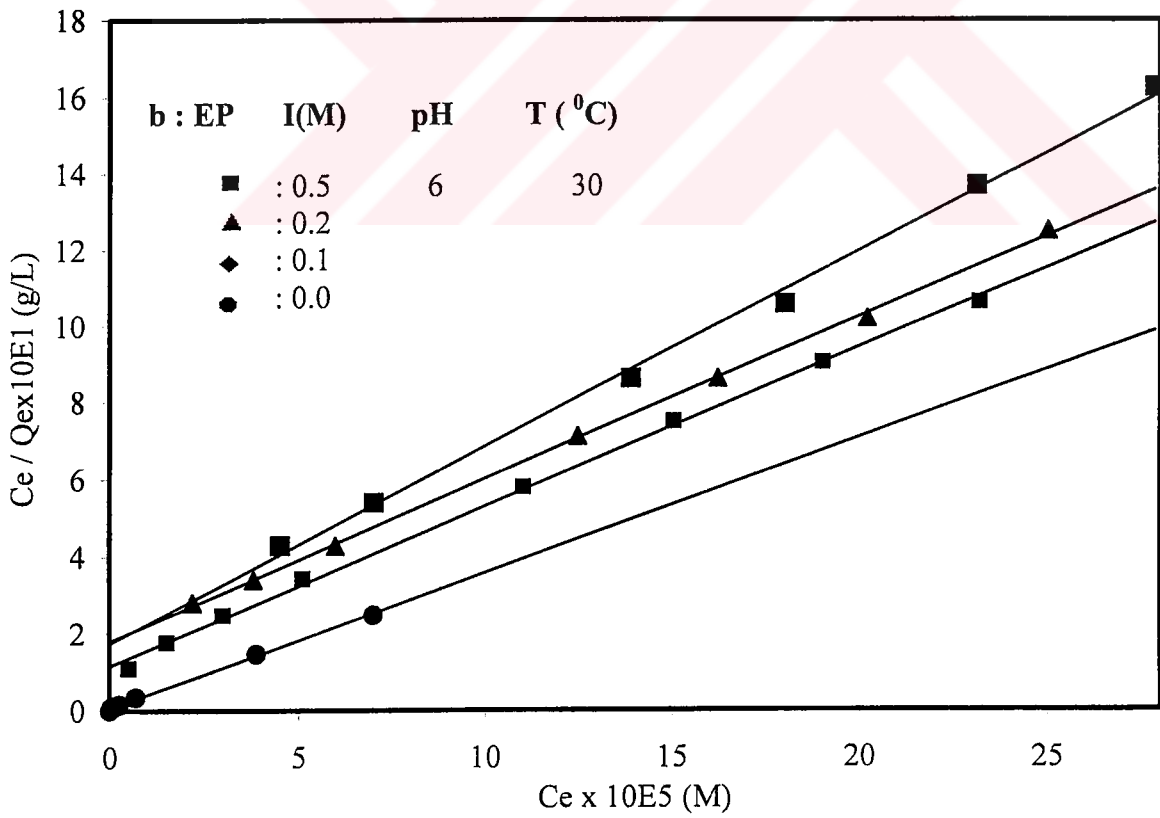
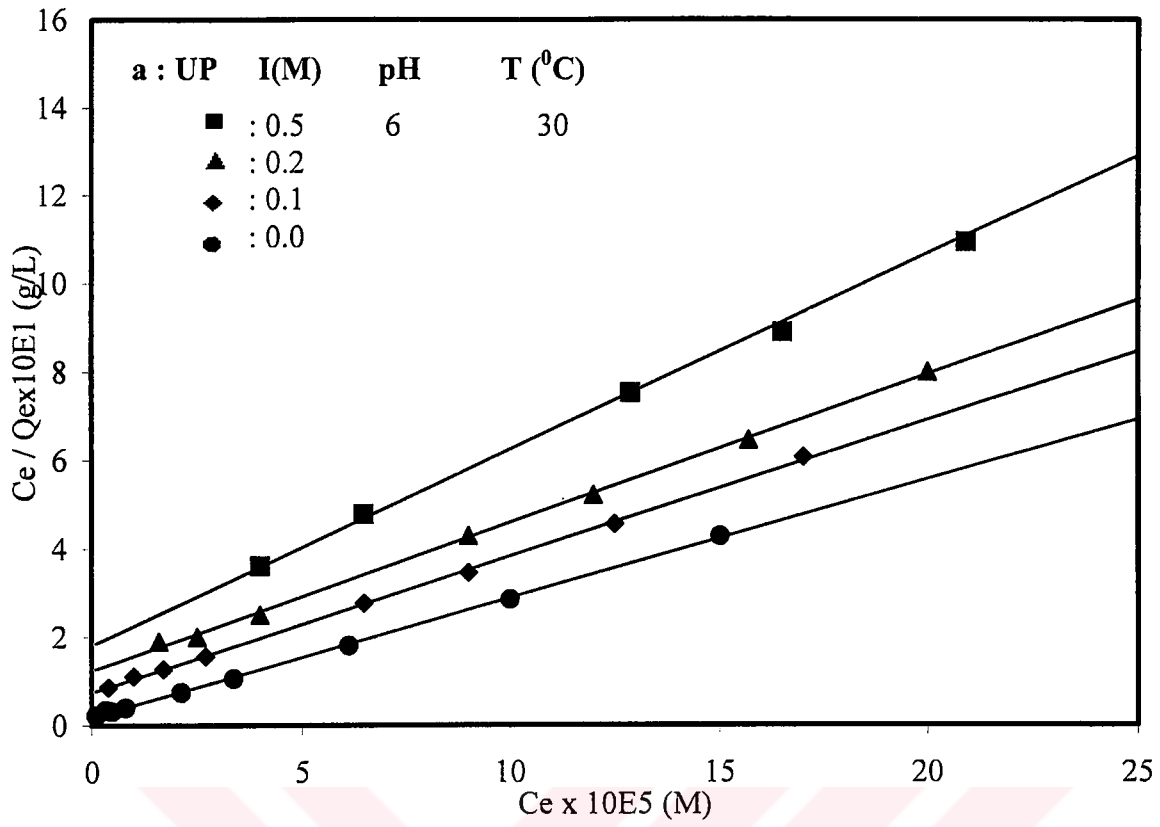
4.2.1 Viktorya Mavisinin Perlit Yüzeyine Adsorpsiyonu İçin İzoterm Analizi

Adsorpsiyon izoterm verileri, deneysel adsorpsiyon sonuçlarının Langmuir ve Freundlich eşitliklerinde kullanılmasıyla elde edildi ve sonuçlar Çizelge 4.1-4.3'de verildi. Veriler, en küçük kareler metodundan hesaplandı ve ilgili korelasyon sabitleri (r değerleri) aynı tablolarda verilmiştir. Tablolarda görüldüğü gibi, çok iyi uyum gösteren r değerlerinin tümünün 0.99'dan daha yüksek olması nedeniyle Langmuir eşitliği, adsorpsiyon prosesini çok iyi temsil eder. Şekil 3.1 - 3.4'deki verilerin kullanılmasıyla Langmuir izotermine göre elde edilmiş olan doğrular Şekil 4.1 - 4.4'de verildi. Langmuir izoterminin deneysel verilerle çok iyi uyum göstermesi, perlit yüzeyindeki aktif noktaların homojen dağılımından dolayı olabilir. Çünkü Langmuir eşitliği, yüzeyin homojen olduğunu kabul eder[25,42].

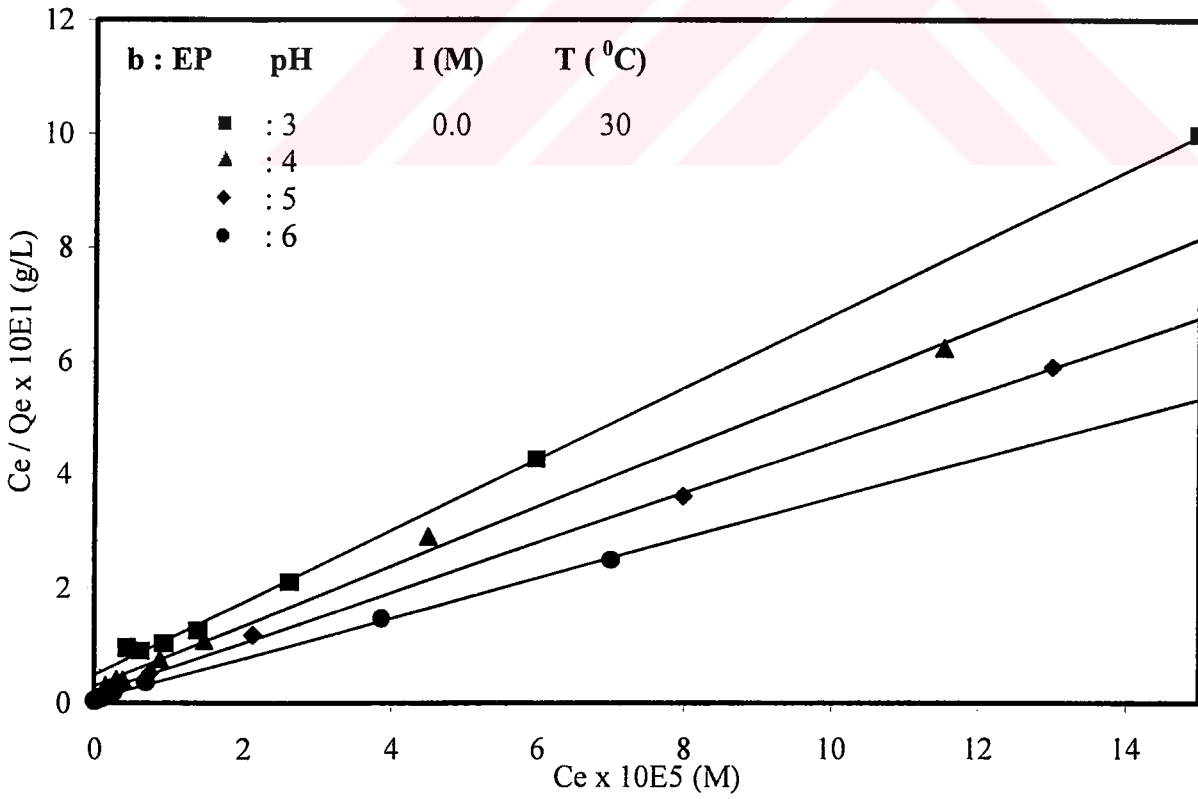
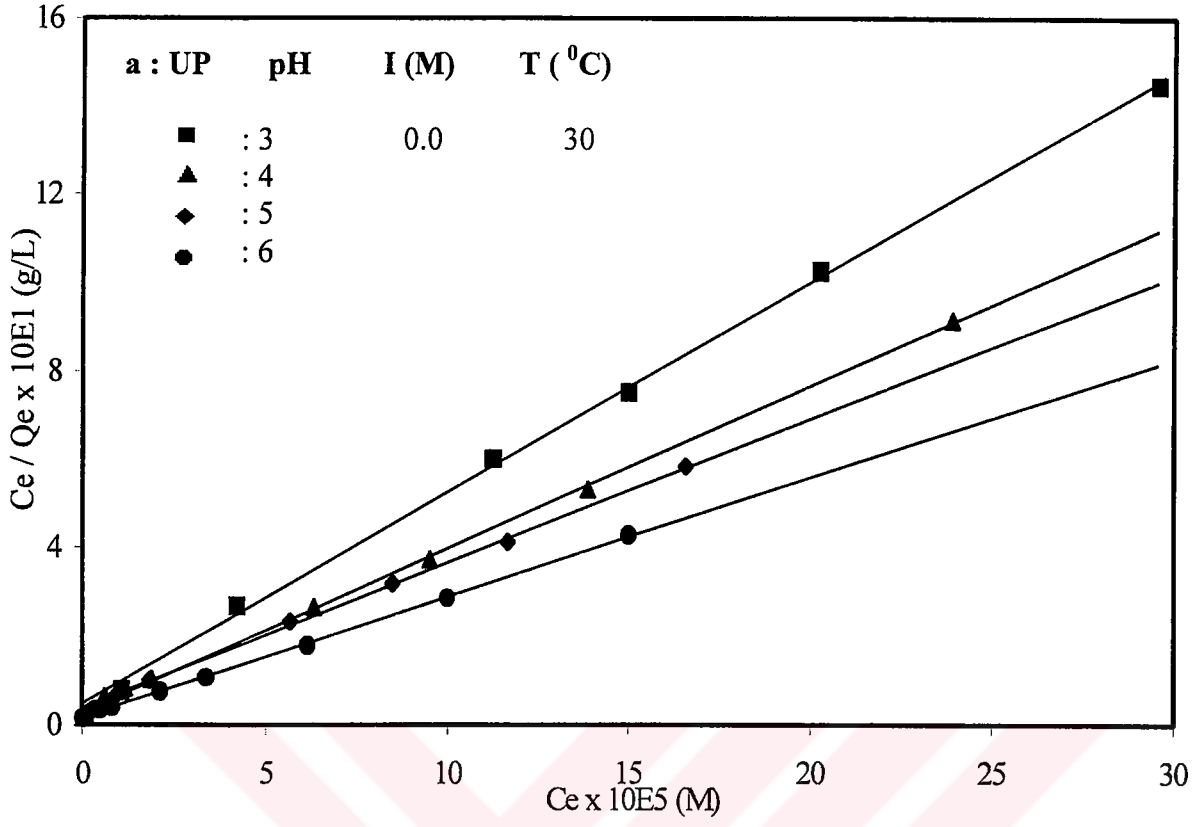
Elde edilen R değerleri (Çizelge 4.1 - 4.3) $0 < R < 1.0$ şartını sağladığından viktorya mavisini adsorpsiyonu için perlitin uygun bir adsorbent olduğu söylenebilir.



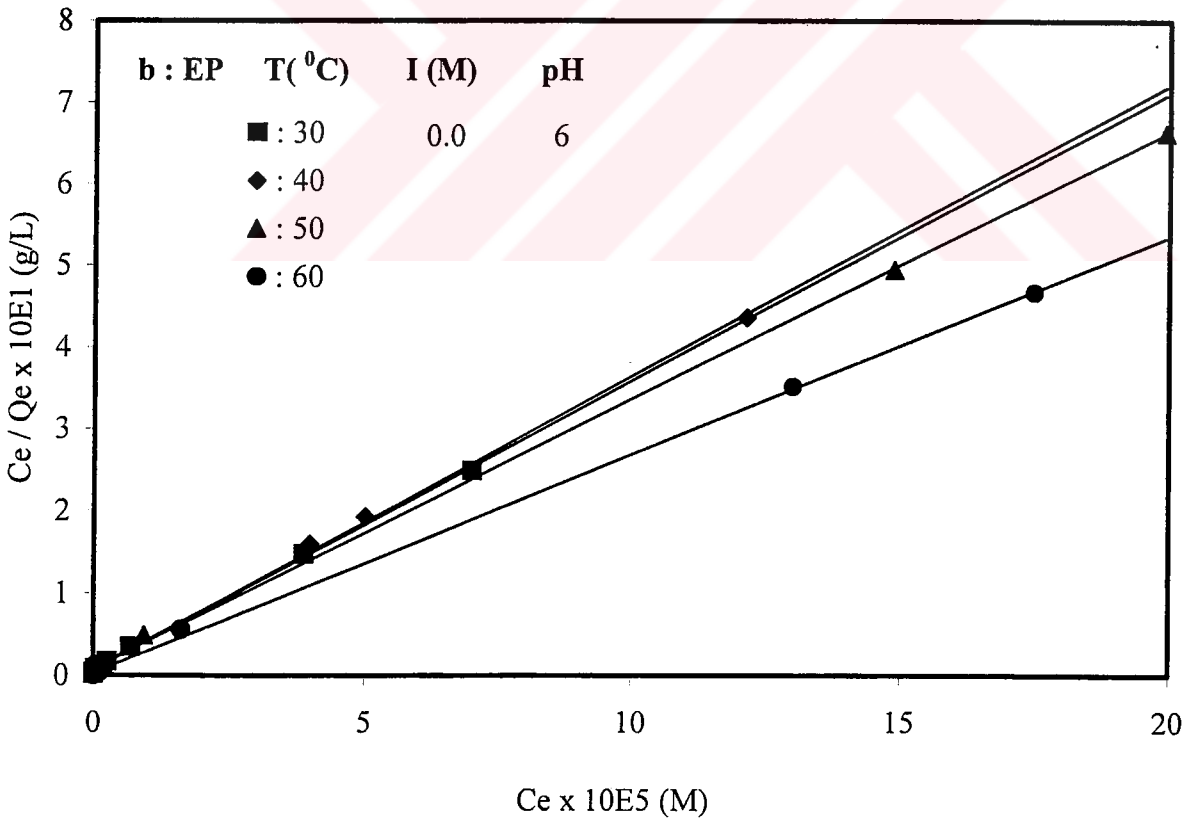
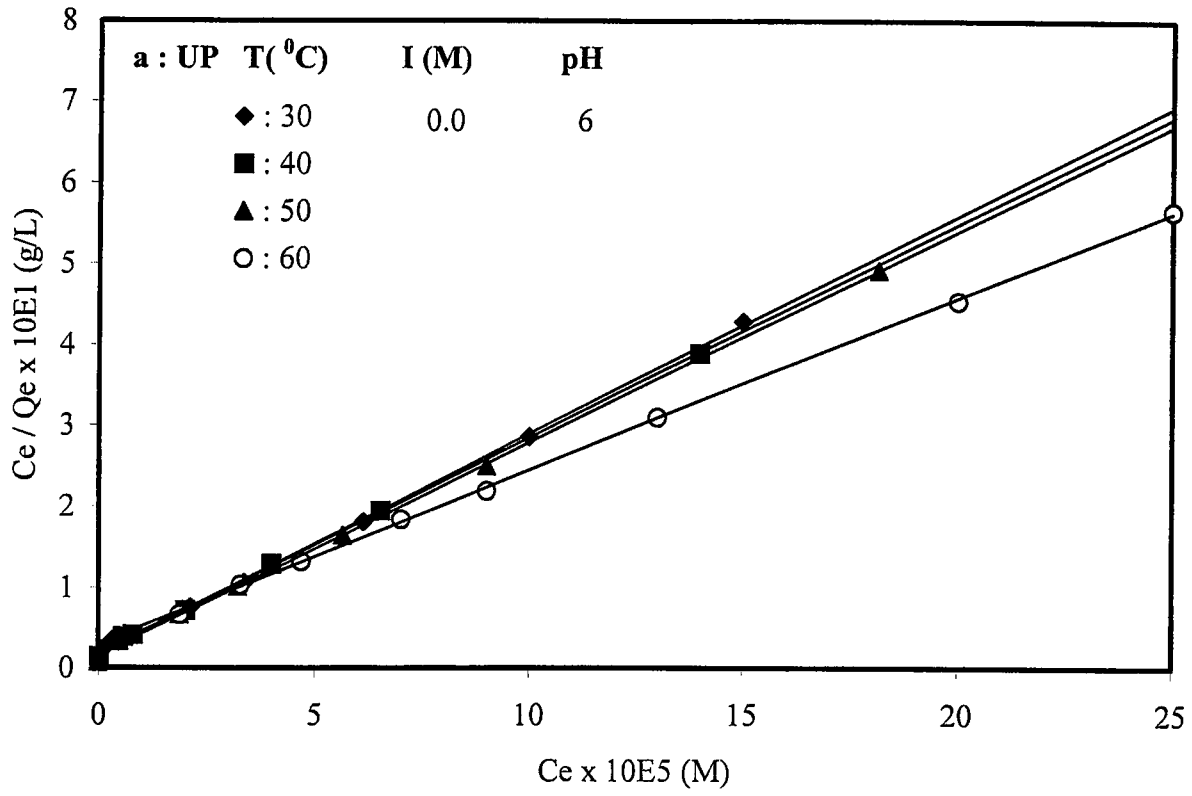
Şekil 4.1 Şekil 3.1'deki verilere ait Langmuir adsorpsiyon izotermi



Şekil 4.2 Şekil 3.2'deki verilere ait Langmuir adsorpsiyon izotermleri



Şekil 4.3 Şekil 3.3'deki verilere ait Langmuir adsorpsiyon izotermi



Şekil 4.4 Şekil 3.4'deki verilere ait Langmuir adsorpsiyon izotermi

Çizelge 4.1 Farklı iyon derişimlerdeki çözeltiler için izoterm sabitleri ve ayrılma faktörleri

Örnek	pH	Sıcaklık (°C)	Langmuir İzotermi		Freundlich İzotermi			% P	R	
			$Q_m \times 10^6$ (mol g ⁻¹)	$K \times 10^{-4}$ (L mol ⁻¹)	r	n	$K_F \times 10^3$			r
UP	6	30	3.683	1.546	0.999	0.563	5.240	0.907	98.39-69.50	0.815-0.043
UP (0,1)	6	30	3.238	0.413	0.999	0.501	13.600	0.944	91.95-62.22	0.864-0.124
UP (0,2)	6	30	2.578	0.315	0.999	0.434	18.272	0.946	83.99-55.30	0.669-0.136
UP (0,5)	6	30	2.252	0.245	0.998	0.320	27.220	0.964	73.43-42.49	0.505-0.136
EP	6	30	2.836	4.371	0.999	0.502	1.590	0.899	99.58-80.00	0.978-0.026
EP (0,1)	6	30	2.410	0.356	0.998	0.414	26.070	0.967	90.01-48.44	0.849-0.108
EP (0,2)	6	30	2.364	0.234	0.999	0.395	33.404	0.956	78.02-44.40	0.660-0.145
EP (0,5)	6	30	1.952	0.292	0.997	0.294	34.106	0.921	69.91-38.07	0.431-0.109

Çizelge 4.2 Farklı pH'lardaki çözelti için izoterm sabitleri ve ayrılma faktörleri

Örnek	pH	Sıcaklık (°C)	Langmuir İzotermi		Freundlich İzotermi			% P	R	
			$Q_m \times 10^6$ (mol g ⁻¹)	$K \times 10^{-4}$ (L mol ⁻¹)	r	n	$K_F \times 10^3$			r
UP	3	30	2.052	1.873	0.998	0.264	9.068	0.977	99.98-40.86	0.999-0.017
UP	4	30	2.714	1.264	0.999	0.471	10,629	0.922	98.41-52.20	0.980-0.032
UP	5	30	3.004	1.031	0.997	0.469	8.756	0.965	99.12-63.19	0.991-0.055
UP	6	30	3.683	1.546	0.999	0.563	5.240	0.907	98.39-69.50	0.815-0.043
EP	3	30	1.606	1.056	0.998	0.633	21,050	0.833	91.86-50.04	0.920-0.059
EP	4	30	1.905	1.812	0.997	0.317	0.844	0.886	97.03-61.57	0.788-0.045
EP	5	30	2.268	2.755	0.998	0.192	0.141	0.974	98.34-62.85	0.686-0.027
EP	6	30	2.836	4.371	0.999	0.502	1.590	0.899	99.58-80.00	0.978-0.026

Çizelge 4.3 Farklı sıcaklıklar için izoterm sabitleri ve ayrılma faktörleri

Örnek	pH	Sıcaklık (°C)	Langmuir İzotermi		Freundlich İzotermi			% P	R	
			$Q_m \times 10^6$ (mol g ⁻¹)	$K \times 10^{-4}$ (L mol ⁻¹)	r	n	$K_F \times 10^5$			r
UP	6	30	3.683	1.546	0.999	0.563	5.240	0.907	98.39-69.50	0.815-0.043
UP	6	40	3.762	1.407	0.999	0.551	4.487	0.915	98.58-72.04	0.980-0.048
UP	6	50	3.816	1.609	0.999	0.506	2.982	0.930	99.25-67.03	0.985-0.028
UP	6	60	4.248	1.961	0.992	0.340	0.781	0.919	93.75-76.36	0.883-0.098
EP	6	30	2.836	4.371	0.999	0.502	1.590	0.899	99.58-80.00	0.978-0.026
EP	6	40	2.812	4.721	0.999	0.228	0.743	0.942	99.40-69.65	0.827-0.017
EP	6	50	3.042	4.987	0.999	0.333	0.213	0.885	99.95-60.14	0.996-0.014
EP	6	60	3.762	6.976	0.999	0.143	0.010	0.941	99.89-68.18	0.984-0.018

4.3 Adsorpsiyon Isısı

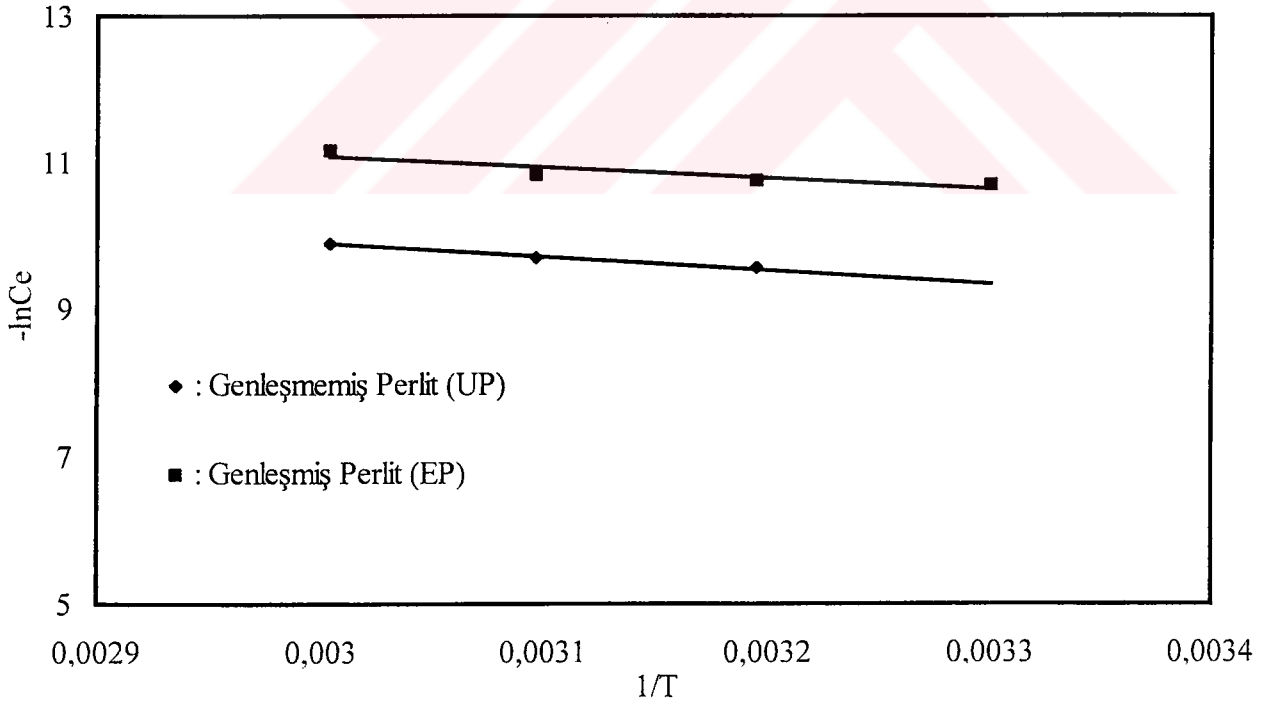
Çeşitli sıcaklıklardaki adsorpsiyon verilerinden, örtülme kesrinin ($\theta=Q_e/Q_m$) bir fonksiyonu olarak adsorpsiyon ısısı (ΔH), aşağıdaki eşitlikten belirlenebilir[43].

$$\frac{\Delta H}{R_g} = \left[\frac{d(\ln C_e)}{d(1/T)} \right]_{\theta} \quad (4.4)$$

Burada R_g gaz sabitidir.

4.3.1 Viktorya Mavisinin Adsorpsiyon Isısı

Langmuir eşitliğinden 0.5'lik yüzey örtülme kesrinde C_e 'nin değeri $1/K$ 'ya eşittir. Şekil 4.5'de görüldüğü gibi, ΔH 'ın değerleri $-\ln C_e$ 'nin $1/T$ 'ye karşı grafiğinden genişmemiş perlit için +14.569 kJ/mol ve genişmiş perlit için +12.080 kJ/mol olarak hesaplandı. Elde edilen sonuçlar viktorya mavisini ile perlit arasındaki etkileşimin fiziksel etkileşim olduğunu göstermektedir[44,45].

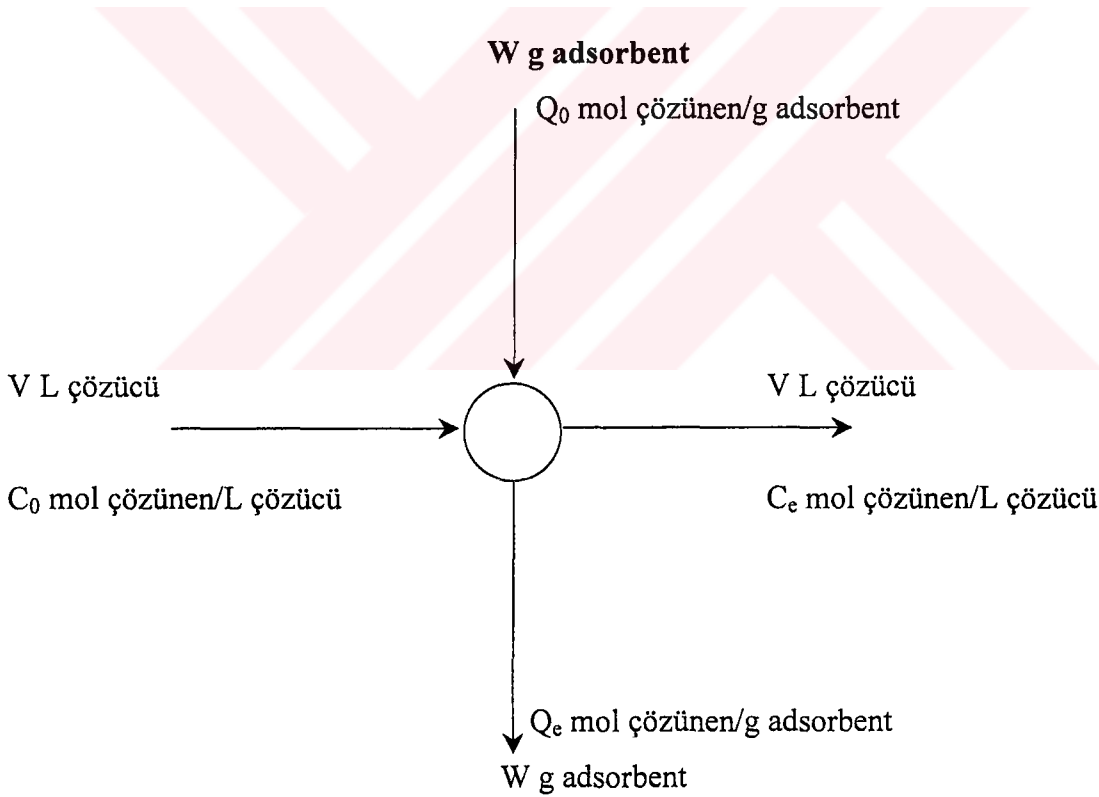


Şekil 4.5 Perlit yüzeyine viktorya mavisini adsorpsiyonu için $-\ln C_e$ 'nin $1/T$ 'ye karşı Eğrisi

4.4 İzoterm Verilerinden Kesikli Çalışan Reaktör Tasarımı

Kesikli çalışan reaktör sistemlerinin dizaynını belirlemede, adsorpsiyon izotermi kullanılmaktadır[25] ve sistemin basit bir dizaynı Şekil 4.6'da verilmektedir. Çözelti hacmi V ve adsorbatın başlangıç derişimi C_0 ise işlem sırasında, W g perlit çözeltiye ilave edildiğinde, çözeltinin derişimi C_0 'dan C_e 'ye azalacaktır. Sıvı çözülden uzaklaştırılan adsorbatın derişimi, katı tarafından adsorplanmış olan adsorbatın derişimine eşit olacaktır. Buna göre eşitlik şöyle verilebilir:

$$V(C_0 - C_e) = W(Q_e - Q_0) = WQ_e \quad (4.5)$$



Şekil 4.6 Kesikli Çalışan Reaktör Dizaynı

Genleşmemiş ve genişmiş perlit örnekleri yüzeyine viktorya mavisi adsorpsiyonu için Langmuir izoterminin uygun olduğu ifade edildi. Sonuç olarak

Langmuir izotermine ait eşitliğindeki Q_e 'nin (4.5) denkleminde yerine konulması ve düzenlenmesi ile,

$$\frac{W}{V} = \frac{C_0 - C_e}{Q_e} \equiv \frac{C_0 - C_e}{\left(\frac{Q_m K C_e}{1 + K C_e} \right)} \quad (4.6)$$

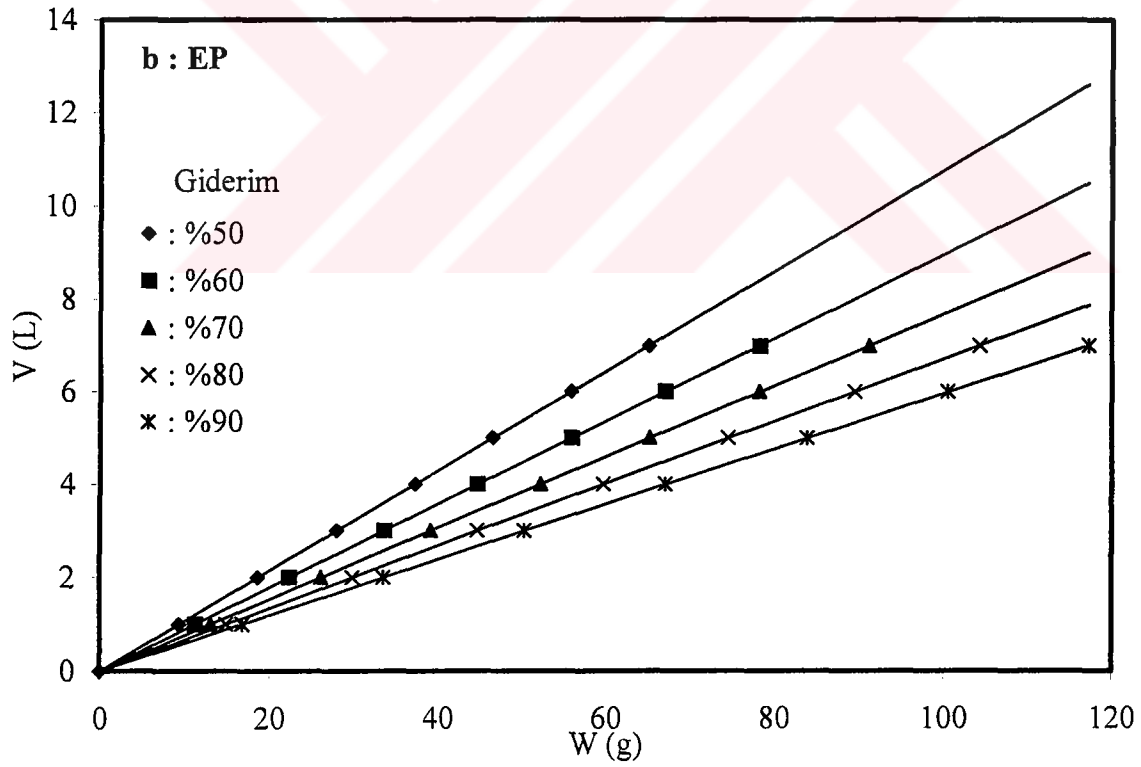
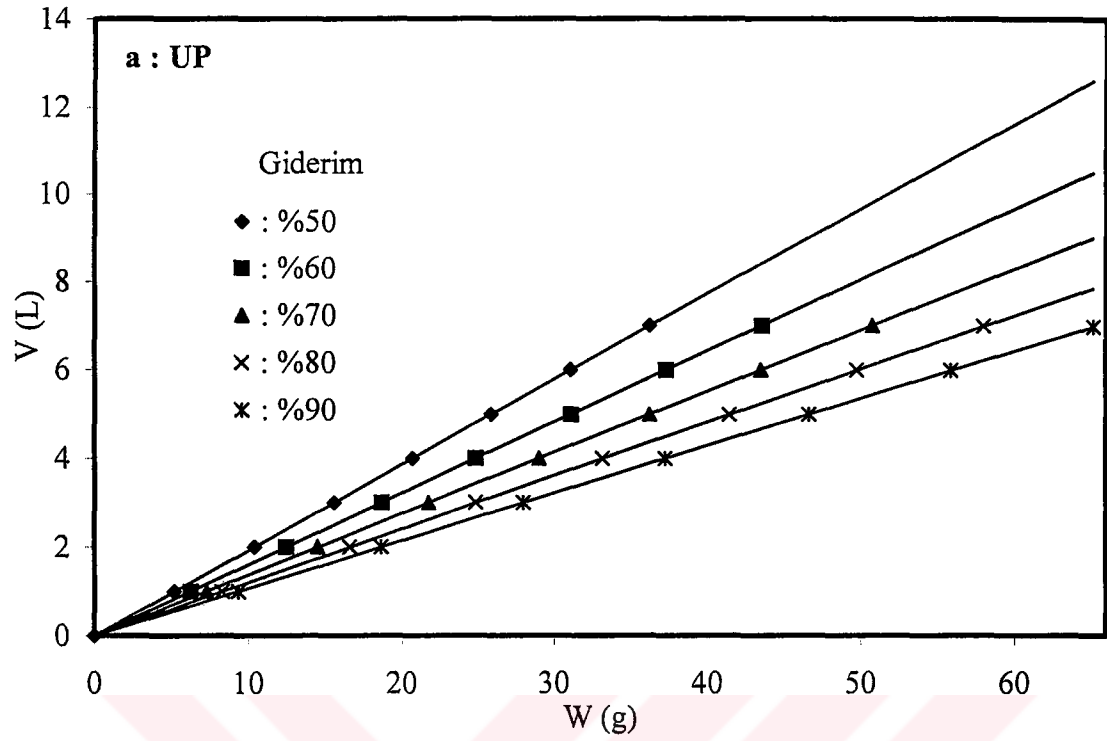
eşitliği elde edilir.

4.4.1 Viktorya Mavisinin Kesikli Çalışan Reaktör Tasarımı

Genleşmemiş ve genişmiş perlit yüzeyinde viktorya mavisinin adsorpsiyonu için (4.4) eşitliğinden elde edilmiş olan veriler Çizelge 4.4'de verilmiş ve Şekil 4.7'de grafik edilmiştir. Grafikler, pH=6'da 30⁰C'de ve başlangıç konsantrasyonunun 1x10⁻⁴ mol/L olması durumunda, adsorbentin farklı kütlelerinin kullanılmasıyla viktorya mavisinin içeriğini %50-90 aralığında azaltmak için ilave edilmesi gereken çözeltinin miktarını göstermektedir.

Çizelge 4.4 Viktorya mavisi içeriğini %50-90 oranında gidermek için hesaplanan W/V oranları

	% Giderim	50	60	70	80	90
Genleşmemiş Perlit	W/V	5.17	6.21	7.24	8.28	9,31
	% Giderim	50	60	70	80	90
Genleşmiş Perlit	W/V	9.30	11.17	13.03	14.90	16.75



Şekil 4.7 Viktorya mavisinin farklı giderim yüzdeleri için çözelti hacminin (V) adsorbentin kütlesine (W) karşı eğrileri: a) Genleşmemiş, b) Genleşmiş

4.5 SONUÇLAR

Bu çalışmada elde edilen sonuçlar şöyle özetlenebilir.

1. Deneysel verilerin, Langmuir adsorpsiyon izotermi ile oldukça iyi bir uyum içinde olduğu saptanmış ve izoterm parametreleri (Q_m ve K) hesaplandı.
2. Her iki perlit örneği için viktorya mavisinin adsorplanmış miktarının genleşme ile azaldığı bulundu.
3. Her iki perlit örneği için viktorya mavisinin adsorplanmış miktarının artan iyon şiddeti ile azaldığı bulundu.
4. Her iki perlit örneği için viktorya mavisinin adsorplanmış miktarının artan pH ile arttığı bulundu.
5. Her iki perlit örneği için viktorya mavisinin adsorplanmış miktarının artan sıcaklık ile arttığı bulundu.
6. Boyutsuz ayırma faktörü (R), perlitin sulu çözeltilerden viktorya mavisinin giderimi için kullanılabileceğini, fakat genleşmemiş perlitin daha etkili olduğunu gösterdi.
7. Genleşmemiş ve genleşmiş perlit örneklerinin ΔH değerleri sırasıyla +14.569 kJ/mol ve +12.080 kJ/mol olarak hesaplandı.

5. KAYNAKÇA

- [1] Bolen, P.W. Perlite. *American Ceramice Society Bulletin*, 70(5), 879-880 (1991).
- [2] Bolen, P.W. Perlite. *American Ceramice Society Bulletin*, 72(6), 111-112 (1993).
- [3] Ananonymous. Perlite: Origine and characteristics (typical chemical and physical properties of Perlite). *Technical Data Sheet*, Perlite Institute Inc.; New York, 1(1974).
- [4] Uluatam, S.S., *Journal AWWA*, June, 70 (1991).
- [5] Doğan, M., M.Sc. Thesis, University of Balıkesir Faculty of Science and Literature, Balıkesir, Turkey(1997), (in Turkish).
- [6] Holroyd, B. Perlite. *American Ceramice Society Bulletin*, 74 (6), 143-144 (1995).
- [7] Meisinger, C.A. Perlite. *Mineral Facts and Problems*, 781-792 (1980).
- [8] Chesterman, C.W. Perlite. *Industrial Minerals and Rocks*, Fourth Edition; AIME and Pet.: New York, 927-934 (1975).
- [9] Öztürk, A.E., Bazı boyar maddelerin sulu çözeltilerinden perlit yüzeyine adsorpsiyonu, M. Sc. Tezi, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum, (1989).
- [10] Huner, J.R., "Introduction to Modern Colloid Science", p.165, Oxford University Press, New York, USA (1999).
- [11] Sarıkaya , Y., Fizikokimya, ss. 633-653, Gazi Büro Kitabevi, Ankara, (1997).
- [12] Yörükoğulları, E., Doğal Zeolitlerde Fiziksel Adsorpsiyon Uygulamaları, Anadolu Üniversitesi Yayınları,ss.1-30, Eskişehir, (1997).
- [13] Laidler, J., Meiser, J.H., "Physical Chemistry", pp. 847-849, Houghton Mifflin Company, New York, USA (1999).
- [14] Allen, S.J., McKay, G., and Khader, K.Y.H., *J. Chem. Tech. Biotechnol*, 45, 291 (1989).
- [15] Hiemenz, P.C., and Rajagopalan, R., Principles of Colloid and Surface

- Chemistry, 405-456, Marcel Dekker, USA., New York, (1997).
- [16] Langmuir, I., *J. American Chemical Society*, 38, 2221-2295 (1916).
- [17] Rubin, A.J., and Mercer, D.L., in "Adsorption of Inorganic Solid-Liquid Interfaces" (M.A. Anderson and A.J. Rubin, Eds.), pp. 295-348, Ann Arbor, MI, 1981.
- [18] House, J.E., *Principles of Chemical Kinetics*, Wm. C. Brown Publishers, Dubuque, USA., 117-118 (1997).
- [19] Doğan, M., Alkan, M., and Onganer, Y., "Adsorption of methylene blue from aqueous solution onto Perlite" , *Water, Air, and Soil Pollution* 120: 229-248, 2000.
- [20] Doğan, M., Sulu Ortamda Perlit'in Yüzey Yükünün ve Adsorpsiyon Özelliklerinin İncelenmesi, Doktora Tezi, Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Balıkesir, 1-30, 2001.
- [21] Eastoe, J., Dalton, J.S., *Advances in Colloid and Interface Science*, 85 :110-114, (2000).
- [22] Treyball, R.E., *Mass-Transfer Operations*, McGraw. Hill, Tokyo, 1981.
- [23] Hartman, R.J., *Colloid Chemistry*, Sir İsaac Pitman and Sons, pp.145-155, London, 1948.
- [24] Greeg, S.J., and Sing, K.S.W., *Adsorption, Surface Area and Porosity*, Academic Press, London, 1982.
- [25] McKay, G., Otterburn, M.S., and Agar, A.J., *Water, Air, and Soil Pollution* 24, 307, 1985.
- [26] Kumar, S., Upadhyay, S.N., and Upadhyay, Y.D., *J. Chem. Thec. Biotechnol*, 37, 281 (1987).
- [27] Kharer, S.K., Panday, K.K., Srivastava, R.M., and Singh, V.N., *J. Chem. Tech. Biotechnol*, 38, 99 (1987).
- [27] Potgieter, J.M., *Colloids and Surface*, 50, 393 (1990).
- [29] Lillie, R. D., *Williams & Wilkins*, Baltimore, MD., U.S.A., (2001).
- [30] Erdem, E., Effect of various additives on the hydration of perlite-gypsum plaster and perlite-portland cement pastes. *Tr. J. of Chemistry*, 21, 209-214 (1997).
- [31] Akin-Öktem, G., Tinçer, T., Preparation and characterization of perlite-filled high-density polyethylenes. II. Thermal and flow properties. *Journal*

- of *Applied Polymer Science*, 54, 1115-1122(1994)
- [32] Antonacci, G., Goretti, G., Lagana, A., and Petronio, B.M., *Annali di Chimica*, 66, 477 (1976).
- [33] Conti, F., Goretti, G., Lagana, A., and Petronio B.M., *Annali di Chimica*, 68, 783 (1978).
- [34] Daniş, Ü., Gürses, A., Canpolat, N., "Removal of some azo dyes from wastewater using pac as adsorbent", Proceedings of 1st International Workshop on Environmental Quality and Environmental Engineering in the Middle East Region, pp. 565-566, Selçuk University, Konya, 1998.
- [35] Ross, S. and Oliver, J.P., *On Physical Adsorption*, New York, pp.35-40 1964.
- [36] Doğan, M., Alkan, M., and Çakır, Ü., *Colloid Interface Sci.*, 192, 114 (1997).
- [37] Doğan, M., Alkan, M., and Onganer, Y., *Water, Air and Soil Pollution*, 120, 229-239 (2000).
- [38] Çakır, Ü., and Tez, Z., *Doğa-Türk Kimya Dergisi*, 16, 59 (1992).
- [39] Çakır, Ü., Organik bileşiklerle modifiye edilmiş kil minerallerinde değişik karakterli organik maddelerin sorpsiyonunun incelenmesi, Ph. D. Thesis, Dicle Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Diyarbakır, (1991).
- [40] Karakaş, R., Ph.D. Thesis, University of Ege Faculty of Science and Literature, İzmir, Turkey (1996), (in English).
- [41] McKay, G., Poots, V.J.P., *J. Chem. Tech. Biotechnol*, 30, 279-292 (1980).
- [42] Gonzales-Pradas, E., Villifranca-Sanchez, M., Valverde-Garcia, A., and Socias-Viciano, M., *J. Chem. Tech. Biotechnol*, 42,105 (1988).
- [43] Gonzales-Pradas, E., Villifranca-Sanchez, M., and Socias-Viciano, M., *J. Chem. Tech. Biotechnol*, 39,19 (1987).
- [44] Attard, G., and Barnes, C., *Surfaces*. 1-36, Oxford Science Publications, England, Oxford, (1998).
- [45] Gürses, A., Bayrakçeken, S., and Gülaboğlu, M.Ş., *Colloids and Surface*, 64, 7 (1992).