

**DOĞAL ZEOLİT'İN BİYOFİZİKSEL
BİR UYGULAMASI:
BUN (KANDAKİ ÜRE AZOTU)'NUN
TEMİZLENMESİ**

**EROL TAŞAL
YÜKSEK LİSANS TEZİ
FİZİK ANABİLİM DALI
1991**

**DOĞAL ZEOLIT' IN BİYOFİZİKSEL BİR UYGULAMASI: BUN
(Kandaki Üre Azotu)'NUN TEMİZLENMESİ**

EROL TAŞAL

**Anadolu Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Lisansüstü Yönetmeliği Uyarınca
Fizik Anabilim Dalı
Katıhal Fiziki Dalında
YÜKSEK LİSANS TEZİ
Olarak Hazırlanmıştır.**

Danışman: Yrd. Doç. Dr. ERTUĞRUL YÖRÜKOĞULLARI

Ağustos-1991

Erol TAŞAL'ın YÜKSEK LİSANS tezi olarak hazırladığı "DOĞAL ZEOLİT'İN BİYOFİZİKSEL BİR UYGULAMASI: BUN (Kandaki üre azotu)'nun TEMİZLENMESİ" başlıklı bu çalışma, jürimizce lisansüstü yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca değerlendirilerek kabul edilmiştir.

/ /

Üye : Prof. Dr. Muhsin ZOR

Üye : Yrd. Dğ. Dr. Ertuğrul YÖRÜKOĞULLARI

Üye : Yrd. Dğ. Dr. Önder ORHUN

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim kurulunun
gün ve 282-17 sayılı kararıyla onaylanmıştır.

22 AĞUSTOS 1991

Enstitü Müdürü
Prof. Dr. Rüstem KAYA

ÖZET

Zeolitler, alkali ve toprak alkali katyonu taşıyan sulu alümina silikatlar olarak tanımlanır. Zeolitlerin en fazla uygulama alanı bulmuş özelliklerinden birisi iyon değiştiriciliğidir.

Bu çalışmada hemodiyaliz sıvısında bulunan ürenin doğal zeolit (Klinoptilolit) ile regenerasyonu amaçlanmıştır. Üç ayrı parçacık boyutunda hazırlanan doğal zeolit, doğal hali yanında Na^+ , K^+ , Ca^{++} , Mg^{++} ve Li^+ ile modifiye edildikten sonra kullanılmıştır. Zeolitlerin üreyi direkt olarak tutamamaları nedeniyle üre, üreaz enzimi ile hidrolize edilmiş ve NH_4^+ ile $\text{CO}_3^{=}$ ayrıştırılmıştır. Hidrolize edilen bu çözelti zeolit kolonlarından geçirilmiştir. Bu işlem zeolitin üç ayrı parçacık boyutu için tekrarlanmıştır. Zeolitin katyon değişim kapasitesi (KDK) yanında çözeltinin pH' ve akışkanın kolondan geçiş debileri tayin edilmiştir. Deneyler oda sıcaklığında, NH_4^+ tayini Nessler yöntemiyle yapılmıştır.

Yapılan deneyler sonucunda zeolitin NH_4^+ iyonu tutma yüzdesi tek değerli katyonlar için $\text{Na}^+ > \text{K}^+ > \text{Li}^+$ sırasında iki değerli katyonlar için $\text{Mg}^{++} > \text{Ca}^{++}$ sırasında değişmektedir. Bu sıra çift ve tek değerli katyonlar için $\text{Mg}^{++} > \text{Li}^+ > \text{Ca}^{++} > \text{K}^+ > \text{Na}^+$ sırasında olmaktadır.

SUMMARY

Zeolites are widely known as alkali and alkaline earth hydroaluminasilicates. Zeolites are largely used as cation - exchange materials.

In this research work, the urea in hemodialysis liquid was regenerated by using natural zeolite (clinoptilolite). Zeolite was grinded at the different particle sizes. The grinded zeolites were used naturally and (Na^+ , Ca^{++} , K^+ , Mg^{++} , Li^+) modified. Urea is not adsorbed by natural zeolites. So, urea was hydrolyzed by urease enzyme and analysed to the NH_4^+ and CO_3^{--} . Hydrolyzed liquid was passed through the columns that contain zeolites. Besides the cation exchange capacity of zeolite (CEC), pH of the liquid through the columns were determined. Experiments were carried out in the room temperature. The determination of NH_4^+ was made by Nessler method.

It is found that the adsorption percentages of NH_4^+ of zeolite increase in the order $\text{Na}^+ > \text{K}^+ > \text{Li}^+$ for mono - valency cations and in the order $\text{Mg}^{++} > \text{Ca}^{++}$ for double - valency cations and in the $\text{Mg}^{++} > \text{Li}^+ > \text{Ca}^{++} > \text{K}^+ > \text{Na}^+$ for both mono and double - valency cations.

TEŞEKKÜR

Bu çalışmayı, yüksek lisans tezi olarak bana öneren ve çalışmalarında bilgi ve tecrübeleriyle beni yönlendiren değerli Hocam Sayın Yrd. Doç. Dr. ERTUĞRUL YÖRÜKOĞULLARI'na teşekkür ederim.

Çalışmalarım sırasında gerekli yardımı sağlayan Eskişehir A.Ü.Tıp Fakültesi Üroloji Anabilim Dalı Öğretim Üyesi Sayın Doç.Dr.TURGUT DÖNMEZ'e, kimyasal analizleri yapan Sayın Kimya Mühendisi FATMA SEVERCAN'a tez yazımında yardımcı geçen Sayın İBRAHİM KILIÇ'a teşekkür ederim.

EROL TAŞAL

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZET	iii
SUMMARY.....	iv
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	viii
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	ix
SİMGELER DİZİNİ.....	x
1.GİRİŞ.....	1
2.MATERYAL VE METOD.....	3
2.1.ZEOLİTLER.....	3
2.1.1.Zeolitlerin Tarihçesi.....	3
2.1.2.Zeolitlerin Kimyasal Bileşimleri ve Kristal Yapıları.....	3
2.1.3.Klinoptilolit.....	5
2.1.3.1.Klinoptilolit'in Fiziksel Özellikleri.....	6
2.1.4.Zeolit Yapısında Bulunan Katyonların Önemi.....	6
2.1.5.Zeolitlerde İyon Değişiminin Önemi.....	7
2.1.6.Katyon Değişim Kapasitesi.....	8
2.1.7.Katyon Seçiciliği.....	9
2.1.8.Doğal Zeolitlerde İyon Değişiminin Kullanım Alanları.....	9
2.1.9.Zeolitlerde Üre'nin Ayrılması.....	10
2.2.DİYALİZ.....	12
2.2.1.Diyalizin Tanımı.....	12

2.2.2.Peritoneal Diyaliz.....	12
2.2.3.Hemodiyaliz.....	13
2.2.4.Hemodiyalizin Gelişimi.....	14
2.2.5.Diyaliz Sıvısının Özellikleri.....	14
2.2.6.Hastalarda Yapay Böbrekle Diyaliz.....	17
2.2.7.Ürenin Biyosentezi.....	18
2.2.8.Organizmada Üre Dağılımı.....	18
2.2.9.Kanda Normal Üre Seviyesi.....	18
3.DENEYSEL ÇALIŞMA.....	20
3.1.Kolon Kromatografisi Yöntemi.....	20
3.2.Toplam Katyon Değişim Kapasitesi Tayini.....	21
3.3.pH Tayini.....	21
3.4.Debi Tayini.....	22
3.5.Kandaki Üre Azotu'nun (BUN) Tayini.....	22
3.6.Çözeltilerin Hazırlanması Yöntemi.....	23
3.7.Hemodiyaliz Sıvısının (BUN) (Kandaki Üre Azotu)'nun Temizlenmesi Yöntemi.....	24
3.8.Hemodiyaliz Sıvısındaki BUN (Kandaki Üre Azotu)'nun Çeşitli İyonlarla Rejenerasyonu.....	26
4.DENEY SONUÇLARI.....	28
4.1.Toplam KDK (Katyon Değişim Kapasitesi)	28
4.2.pH	28
4.3.Debi Tayini	29
4.4.Klinoptilolit'in Üre Azotu ve NH_4^+ iyonu	30
5.TARTIŞMA VE SONUÇ.....	37
KAYNAKLAR DİZİNİ.....	39

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Sekil</u>	<u>Sayfa</u>
2.1.Tetrahedral Yapı.....	4
2.2.Balpetegine benzeyen Zcolit X ve Zeolit A.....	4
2.2.3.Hemodiyaliz.....	14
3.1.50 ml'lik Cam büret deney düzeneği.....	20
4.1.Z-1, Z-2, Z-3'de tutulan üre miktarları.....	36

ÇİZELGELER DİZİNİ

<u>Cizelge</u>	<u>Sayfa</u>
2.1.Klinoptilolit'in bazı özelliklikleri gösterilmiştir	6
2.2.Diyaliz sıvısının normal ve üremik plazma ile karşılaştırılması	16
3.1. Normal ve hasta bir kişide üre miktarları gösterilmektedir.	23
4.1. Hemodiyaliz sıvısının pH'ları	28
4.2. Dencyin, debi tayini sonuçları.	29
4.3. Klinoptilolit'in üre Azotunu ve NH_4^+ iyonunu tutma sonuçları	30
4.4. Klinoptilolit'ten geçtikten sonraki deney sonuçları	31
4.5. Klinoptilolit'ten geçtikten sonra çözeltideki üre miktarları	32
4.6. Klinoptilolit'te tutulan üre miktarları ve klinoptilolit'te ürenin tutlma yüzdesi	33
4.7. Doğal Klinoptilolit'te hemodializ sıvısındaki kandaki üre azotunun temizlenmesi sonuçları	34
4.8. Hemodiyaliz sıvısındaki BUN'un tamamen temizlenmesi sonuçları	35
4.9. Z-1, Z-2, Z-3'de tutulan üre miktarları	36

SİMGELER DİZİNİ

<u>Simgeler</u>	<u>Açıklama</u>
BUN	Kandaki üre azotu
n,M	Katyonun değçerliliği
C	Konsantrasyon
V	Hacim
Z	Ağırlık
Z	Klinoptilolit
KDK	Katyon değışim kapasitesi
% T	Geçirgenlik
A	Numune optik dansite
A ₀	Standart optik dansite
μ	Mikron
mcg	Milicşdeğergram

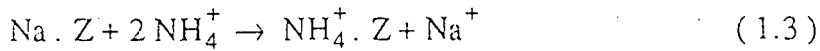
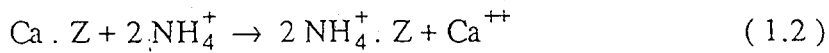
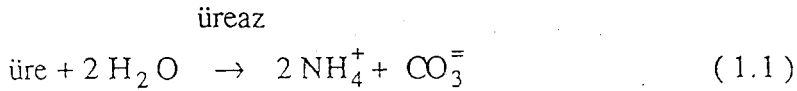
1. GİRİŞ

Zeolitler, alkali ve toprak alkali katyonu taşıyan sulu alümino silikatlar olarak tanımlanır. Yurdumuzda'da geniş yataklar halinde rezervi bulunan doğal zeolitin en önemli özelliklerinden birisi de iyon değiştiriciliğidir.

Çalışmamızda, Doğal Zeolit (Klinoptilolit) kullanarak, kronik böbrek yetmezliği nedeniyle hemodiyalize bağlanan hastaların kanının temizlendikten sonraki atık diyaliz sıvısındaki BUN(Kandaki Üre Azotu)'nun temizlenmesi araştırılmıştır. Bu temizlenen diyaliz sıvısının tekrar kullanılabilirliği gerek ekonomik ve çevre için bir önem teşkil etmektedir.

Hemodiyaliz, kişilerin böbreklerinden geçen kandaki zararlı bileşiklerin ayrılmasıdır (Tekman,1981). Bazı kişilerde, bu zararlı bileşikler böbreklerde tutulamazlar. Hemodiyaliz'le kandaki bu zararlı bileşikler temizlenir.

Doğal Zeolit Klinoptilolit, direkt olarak üreyi tutamamaktadır. Üre'yi üreaz enzimiyle reaksiyona soktuğumuzda, yapısı açısından hidrolize olarak amonyum (NH_4^+) ve (CO_3^-) iyonuna dönüşür (Sherman, 1981). Bu hidrolize olmuş bileşiği Klinoptilolit'ten geçirdiğimiz zaman klinoptilolit'in iyon değiştirme özelliğiyle NH_4^+ iyonlarını tutar. Bu reaksiyonlar;



olmaktadır (Sherman, 1981).

Bu alışmada, Klinoptilolit'e tekdeğerli ve çift değerli iyonlar yüklenir. Hemodiyaliz sıvısındaki NH_4^+ iyonuyla değişimi yaptırarak BUN'un hemodiyaliz sıvısından temizlenmesi sağlanmış olacaktır.

Kronik böbrek yetmezliği çeken Türkiye'de 20000 hasta bulunmaktadır. Bu hastalar, haftada üç defa dört ile altı saat bu makinaya bağlanarak hayatlarını devam ettirmektedir. Bu seanslar hastaya maddi ve manevi külfetlere neden olmaktadır. Biz bu çalışmamızla hemodiyaliz sıvısını temizleyerek tekrar tekrar kullanılabilirliğini araştırılmıştır. Ayrıca bu diyaliz sıvısı hastanenin kanalizasyonuna akıtılmakta olup canlılara zarar verebilmektedir. İnsan ve evre sağlığı için hemodiyaliz sıvısının temizlenmesi tavsiye edilebilir. Atık diyaliz sıvısı, insan ve canlılarda metabolizmada bozukluklara neden olmaktadır (Gözükara,1989).

3. MATERYEL VE METOD

2.1. ZEOLİTLER

2.1.1. Zeolitlerin Tarihçesi

İlk zeoliti 1756 yılında, İsveç'li Mineralog Fredrich Cronstedt tarafından bulunmuştur. Bu kristal ısıtıldığı zaman yapılarında bulunan suyun kaynamasından dolayı Cronstedt bu kristale Zeolit yani Yunanca "Kaynayan Taş" olarak isimlendirmiştir.

1925 yılında, suyu uçurulmuş zeolitlerin küçük organik molekülleri adsorpladıklarını ancak büyük molekülleri içlerine kabul etmediklerini Weigel ve Steinhoff buldular. Zeolitleri molekülleri büyüklüklerine göre ayırma özelliklerinden dolayı 1932'de McBain tarafından "Moleküler elek" olarak isimlendirilmiştir.

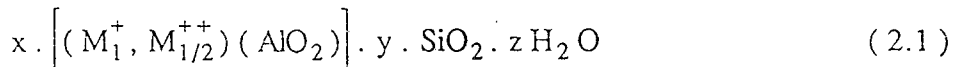
Zeolitler üzerindeki ilk deneysel çalışma, 1857'de A. Domour'un dehidrasyon (Su atma) tersinirliğini incelemesidir. E. Eichorn 1858'de zeolitlerin ilk iyon değişme özelliklerini incelemiştir. G. Friedel 1896 yılında susuz (dehydrate) zeolitler üzerinde gazların, alkolün ve bazı maddelerin adsorplandığını göstermiştir.

x - ışınları tekniği kullanılarak zeolitlerin yapı analizi L. Pauling ve W. H. Taylor tarafından 1930'da ve çalışma arkadaşlarıyla 1933'de yapılmıştır. Bu çalışmalarla zeolit yapı aydınlatılmıştır (Dyer, 1988).

2.1.2. Zeolitlerin Kimyasal Bileşimleri ve Kristal Yapıları

Zeolitler, alkali ve toprakalkali elementlerin kristal yapıya sahip, sulu alüminyum silikatlarıdır.

Genel olarak kimyasal formülleri şöyledir:

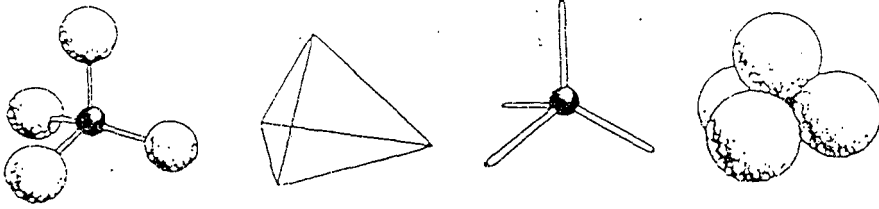


Bu formülde;

x = 2 olup;

n ise M kationunun değerliğini göstermektedir.

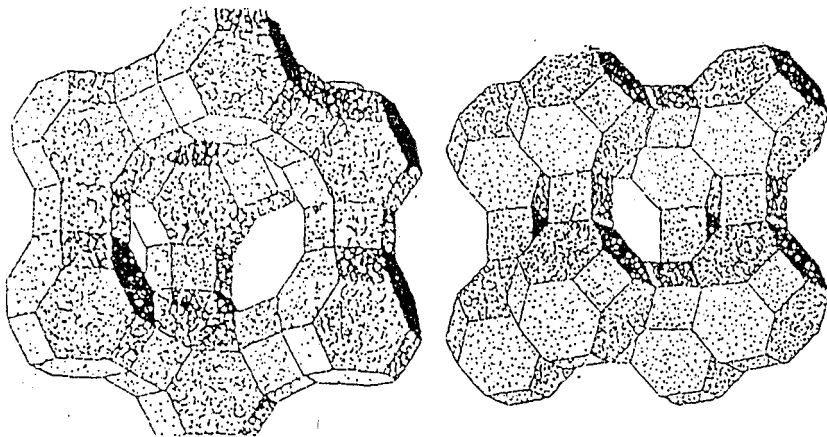
Hemangi bir zeolit kristalinin en küçük yapı birimi SiO_4 yada AlO_4 dört yüzlüdür. Bu dört yüzlünün merkezinde oksijenden daha küçük olan silisyum yada alüminyum iyonu ve köşelerinde oksijen iyonları bulunur. (Şekil 2.1.)



Şekil 2.1. Tetrahedral Yapı

Silisyum iyonu +4, alüminyum iyonu +3 ve oksijen -2 değerliğinde olduğundan bir silisyum iyonu kendini çevreleyen dört oksijen iyonunun ancak -4 değerliğini karşılar. Böylece her bir oksijen iyonunda -1 değerliği kalır. Başka bir silisyum iyonuyla birleşebilir.

Dört yüzlülerin uzayda değişik biçimde ve birleşmeleri sonucu zeolitın bal peteğine benzer gözenek kanalları içeren kristal yapısı oluşur. (Şekil 2.2)



Şekil 2.2. Bal peteğine benzeyen Zeolit X ve Zeolit A

Bâlî peteğine benzeyen dört yüzlülerin oluşturduğu alümina silikat temel yapısında Na^+ , K^+ , Ca^{++} katyonlarının yer aldığı boşluklar daha büyük olup tüm boşlukları, dolduramadıklarından kolaylıkla yer değiştirebilirler. Tek yüklü katyonlar Na^+ , K^+ , ...v.b. daha zayıf elektriksel kuvvetlerle bağlı olduklarından çift yüklü Ca^{++} iyonuna göre daha hareketlidirler.

Bir çok zeolitlerin temel kristal yapısı, dört yüzcülilerin birleşmesinden oluşmuş basit dört yüzcülilerin üç yönlü bağlanmasıyla şekillenir. Bu çok yüzcülilerin birbirine bağlanma şekli çok değişik olabilir. Bu bağlanma zeolitlerin kanal özelliklerini belirler. Kanallar bir, iki veya üç yönde birbiriyle ilişkili olabilir.

4 veya 6 çok yüzcülilerin birleşmesinden oluşan tek veya çift sıralı halkaların birbirine bağlanmasıyla kübik yapı hegzagonal prizma ortaya çıkar.

Birçok zeolitin kanalı genişlikleri birkaç angstrom (Å^0) boyutundaki moleküllerin geçmesine uygundur. Zeolitlerin kristal yapısında moleküllerin barınabileceği boşluk miktarı toplam hacmin % 20 - 50 olabilir. Bu nedenle zeolitlerin bir çoğu ticari adsorbent olarak kullanılırlar. Zeolitlerin gözenek boyutları kristal yapılarına ve içerdikleri katyonlara bağlıdır. Çoğu zeolitte kristal yapı Si-O-Al atomlarının meydana getirdiği halkalarla bağlanmış gözeneklerden oluşur.

Bu halkaların çoğu geçit "pencere" olarak adlandırılır. Pencere boyutu halkalardaki atom sayısı ile orantılıdır. Pencere 4-12 Å^0 arasında oksijen iyonu ve eşit sayıda alüminyum ve silisyum içerirler (Dyer, 1988).

2.1.3. Klinoptilolit

Deneylerde kullanılan Klinoptilolit'in bazı kimyasal ve mineralojik özellikleri Çizelge 2.1.'de gösterilmiştir.

Çizelge 2.1'de klinoptilot'in bazı özellikleri gösterilmiştir.

Kimyasal Bileşimi:	$(\text{Na, K})_6 (\text{Al}_6 \text{Si}_3\text{O}_{72}) \cdot 20 \text{H}_2 \text{O}$
Kristal yapısı:	Monoklinik
C_2 / m	
$a = 17.62$	
$b = 17.91$	
$c = 7.39 (\text{Å})^0$	$\beta = 116^0 16'$

Isıttığımızda 450^0C 'ye kadar kristal yapı bozulmaz. Yapıda $(\text{Na} + \text{K}) > \text{Ca}$ 'dan fazladır.

2.1.3.1. Klinoptilotit'in Fiziksel Özellikleri

Klinoptilotit'in kristal boşluğu yaklaşık % 39'dur. Isıya dayanımı yüksektir. Gözenek boyutları $(4.4 - 7.2)$ $(4.1 - 4.7)$ 'dir. $\text{Si} / \text{Al} > 4$ 'ten büyüktür. Klinoptilotitler tek değerli katyonları içerirler $(\text{Na} > \text{K})$. Ayrıca Klinoptilotit SiO_2 bakımından zengin olup ısıl olarak daha karardır. Isıl kararlılığı SiO_2 içermesinden ziyade katyonun tipine bağlı olduğu görülür (Gottard, 1985)

2.1.4. Zeolit Yapısında Bulunan Katyonların Önemi

Zeolitlerin kristal yapılarında bulunan her AlO_4 , dört yüzlüsü yapıya +1 yük getirir. Bu yükün katyonlar tarafından dengelenmesi gerekir. Katyonlar şu bakımdan önemlidir.

- Zeolit gözeneklerinde bulunan katyonlar başka iyonları içeren çözeltilerle temasa getirilmeleri durumunda bu katyonlarla yer

değiştirebilirler. Bu yöntemde bir zeolitin değişik katyonlar içeren türlerini hazırlamak mümkündür. Bu tür zeolitlere modifiye edilmiş zeolit adı verilir. Çözelti olarak çeşitli toprak alkali ve alkali katyon içeren tuz çözeltileri yanında değişik normalitelerdeki asit çözeltileri kullanılır.

- Sulu ortamda hareket edebilen katyonlar zeolitlerin içerdiği su ısıtılarak uçurulduğu zeolitin gözenek ve kanallarında belirli yerleri seçer ve sabit durumu geçebilirler. Katyonlarca seçilen bu yerler zeolitin pencerelerine yakınsa zeolitin pencere boyutu bir parça azaltılmış olur. Böylece katyon değiştirilmesiyle bir zeolitin etkin pencere boyutu değiştirilebilir.

Böylece katyon değiştirmeyle aynı zeolitin değişik pencere boyutlarında ve dolayısıyla değişik molekül özellikleri hazırlanabilir.

- Zeolit gözeneklerinde bulunan katyonların türü, sayısı ve yerleri gözenek içindeki elektrik yükü dağılımını etkiler bu nedenle katyon değiştirme yoluyla zeolitin adsorpsiya özellikleri ve katalitik etkileri değiştirilebilir (Dyer, 1988).

2.1.5. Zeolitlerde İyon Değişiminin Önemi

Zeolitlerde, iyon değişimi, bir çözelti yada eriyikteki iyonlarla, zeolitin kendi alümino silikat yapısındaki katyonların yer değişimi olarak tanımlanır. Endüstride, iyon değişimi oldukça çok uygulama alanı bulunmaktadır. İyon değişimi ile zeolitin yapısına giren katyonlar, zeolitlerin moleküler elek özelliklerini büyük çapta değiştirirler. Bu nedenle iyon değişimi yoluyla zeolit yapısının değiştirilmesi konusunda çok sayıda araştırmalar yapılmaktadır. Bu işlem, periyodik cetveldeki elementlerin katyonlarının zeolit yapısına girmesi şeklinde gerçekleştirilmektedir (Dyer, 1988)

Zeolitlerin katyon değişim özellikleri ilk kez Eichorn tarafından 1858'de gözlenmiştir (Eichorn, 1858). Son yıllarda Barrer ve Sherry gibi

ünlü bir çok araştırmacı da bu konuda çalışmaktadır (Barrer, 1978; Breck, 1959). Zeolitin dört yüzlü yapısına zayıf bağlı olan değişbilir katyonları başka bir iyon içeren çözelti ile zeolitin yıkanması sonucu, çözeltideki iyonlarla yer değiştirmektedir. Zeolitler, gram başına 3 - 4 milieşdeğer grama kadar katyon değişim kapasitesine sahip oldukları için, çok iyi bir iyon değiştiricilerdir. İyon değişim kapasitesi, örgüdeki silisyum ve alüminyumun yer değiştirmesi ile sıkı ilişkilidir. Bu yer değişim arttıkça, yük dengesi bozulur ve elektriksel nötrlük için gerekli alkali ve toprakalkali katyon sayısında artar. Katyon değişimi:

- Katyon türlerinin (büyüklük, yük v.b.) doğasına,
- Sıcaklığa,
- Çözeltideki katyon konsantrasyonuna,
- Zeolitin yapısına bağlıdır.

Bazı zeolit türlerinde, katyonlar yapıya sıkı bağlarla bağlanabilirler. Çözeltideki katyon büyüklüğü, zeolitin yapısındaki boşluklara giden kanallardan geçecek kadar küçük değilse, bu katyonlar örgüye giremezler, yani katyon eleme işlemi meydana gelir.

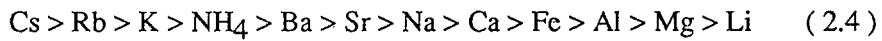
2.1.6. Katyon Değişim Kapasitesi:

Zeolit'in temel yapısı olan silikat dörtyüzlülerde, dört değerlikli Si yerine üç değerlikli Al 'un yerleşmesi, negatif yükün oluşumuna neden olur. Hareketli katyonlar ve pozitif iyonların belli sayısı yapıya girerek negatif yükü nötrleştirir. Bu hareketli katyonlar van Der Walls kuvvetleri ile zayıf bağlı olduklarından, çözeltideki katyonlarla kolayca yer değiştirirler. Katyon değişim işlemi, çözeltideki iyonların, kristal yapıdaki iyonlarla yer değiştirmesiyle oluşur. Bu işlem yalnızca yüzeyde değil, zeolit parçacığının her yerinde meydana gelir. Katyon değişim kapasitesi (KDK) zeolitin birim hacminde veya ağırlığındaki değişim yapabilecek katyonların sayısı olur ve zeolitin önemli bir karakteristiğidir (Simmens, 1984; Mumpton, 1986).

2.1.7. Katyon Seçiciliği

Zeolit bazı iyonları tercih eder yada bu iyonlar için seçicidir, bazıları içinde daha az seçici olmaktadır. Seçicilik, katyonun büyüklük ve yüküne, zeolitin kristal yapısına ve katyon değişim bölgelerinin dağılımına bağlıdır. Zeolitin bir iyonu tutması, bir diğerini serbest bırakması şeklindeki katyon değişim olayında zeolitin seçiciliği görece bir olaydır.

Klinoptilolit'te katyon seçicilik dizilişi aşağıdaki gibidir (Ames,1960):



Klinoptilolit daha büyük katyonları tercih etmektedir.

NH_4^+ gibi büyük katyonlar için seçiciliğin büyük oluşu, kentsel ve tarımsal atık sulardan bu iyonun uzaklaştırılması şeklinde iyon değişim işleminin geliştirilmesine yol açmıştır (Ames, 1967; Mercer,1970).

2.1.8. Doğal Zeolitlerde İyon Değişiminin Kullanım Alanları

Doğal zeolitlerin günümüzde belki de en çok kullanılması, iyon değişimi alanında olmuştur. Bu alanlar,

- NH_4^+ giderme
- Metal ayırmaları, su temizlenmesi
- Radyoizotop temizlenmesi
- Deterjanların katkılanması
- Diyaliz sıvısının rejenarasyonu
- Su kültürü - NH_4^+ giderme
- İyon değiştirici gübre yapımı
- Hayvan beslenmesi

şeklinde sıralanabilir (Yücel, 1984).

NH_4^+ iyonlarının giderilmesinde kullanıldıklarında zeolit rejener

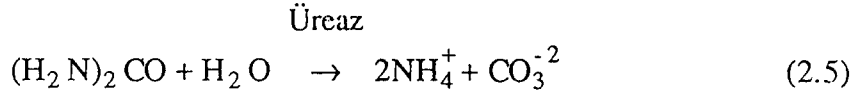
edilmekte, fakat radyoizotop temizlenmesi, su kültürü ve deterjan yapımı alanlarındaysa rejenere edilmeden kullanılmaktadır.

Tarımsal atıklardan ve diğer atık sulardan NH_4^+ un giderilmesinde en uygun zeolit minerali Klinoptilolit'tir. Japonya'da Klinoptilolit yatakları bu alanda yıllardan beri kullanılmaktadır. Bu amaçla Na - Modifiye edilmiş Klinoptilolit seri bağlı iki kolona doldurulmakta ve iyon değişiminden sonra NH_4^+ iyonlarıyla doygun hale gelen yatak, yüksek konsantrasyonlu Na^+ iyonlarıyla yıkanarak rejenere edilmektedir. Zeolitın yapısındaki katyonların tipi, iyon değiştirme kapasitesi ve seçiciliği etkilediğinden bu uygulamada zeolit, bir ön işleme tutulmadan kullanılabilir. Ayrıca NH_4^+ iyonlarının giderilmesinde NH_4^+ - Klinoptilolit'in tekrar Na - Klinoptilolit'e dönüştürülmesi sırasında NH_4^+ iyonu nitrolayıcı bakteriler yardımıyla oksidasyona uğratarak, nitratlara dönüştürülebilmektedir (Semmens, 1984). Ayrıca deniz suyundan içme suyunun elde edilmesinde Ag^+ - iyon değişimi yapılan doğal zeolitler kullanılmaktadır.

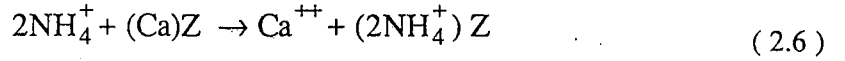
Doğal zeolitlerin, iyon değiştirici özellikleri deterjan yapımında, tarımda, hayvan besiciliğinde kullanılmasını sağlamaktadır (Semmens, 1984).

2.1.9. Zeolitlerde Üre'nin Ayrılması.

Hemodiyaliz yöntemi, kişilerin böbreklerinden geçen kandaki zararlı bileşiklerin ayrılmasıdır (Frank, Gotch, Patricia, Martin, Cogan, 1985). Bazı kişilerde bu zararlı bileşikler böbrekler tutamaz. Bu zararlı bileşikler içindeki en önemli ayrılması gereken madde, Üre'dir. Kandan geçen üre için diyalizdeki üre miktarı azaltılmalıdır. Hemodiyaliz sıvısındaki ürenin temizlenmesi için, ürenin üreazla reaksiyona sokulması gerekir. Çünkü, Klinoptilolit üreyi tutamaz. Ancak iyon tutabilir (Ash, Barile, Thornhill, Sherman, 1980).



Zeolit W'da değiştirilebilir katyonlar $\text{Na}^+, \text{K}^+, \text{NH}_4^+$ gibi içine alabilir. Reaksiyon şöyle olur:



Burada Z, zeolit W'yi gösterir. Parantez içinde değişebilir katyonları gösterilmektedirler. Esasen 1 meg sodyum katyonu, 1 meg potasyum katyonları için iyon değiştirebilirler. 1 meg kalsiyumun, 1 meg amonyum için yer değiştirebilir. Bu oran serbest kalsiyum ve ayrılan potasyum herbir orana yönelmekte ve serbest bırakılmaktadırlar (Sherman, 1978).

Diyaliz bileşindeki ve zeolitte değişebilir katyonlar kalsiyum, potasyum, sodyum ve amonyumdur (Ames, 1967).

Sonuç olarak;

- Diyaliz sonrası diyaliz sıvısındaki üre, üreaz enzimiyle hidrolize olur ve amonyum iyonlarına çevrilir.

- Zeolit W, diyaliz bileşindeki iyonları zeolitlerin iyon değiştirme özelliği ve adsorpsiyon ile amonyum iyonlarını temizler (Sherman, 1981).

2.2. DİYALİZ

2.2.1. Diyalizin Tanımı

Diyaliz, Yunanca'dan alınmış bir kelimedir. "süzmek" veya "serbest bırakmak" anlamına gelir. İki türlü diyaliz bulunmaktadır. Bunlar

- Peritoneal Diyaliz
- Hemodiyaliz

olmaktadır.

2.2.2. Peritoneal Diyaliz

Peritoneal diyaliz, hastanın kanını karından temizliyebilen bir yöntemdir.

Birçok hastaya ilk olarak peritoneal diyalizle başlanır. Bu yöntem şiddetli ve uzun süre devam eden metabolik bozuklukları düzeltmekte iyi bir yöntemdir.

Peritoneal Diyaliz ilk defa 1918'de öküz bağırsağı peritonunu kullanarak ilk "ekstracorporeal" diyaliz denenmiştir.

Halen yapılacak peritoneal diyalizin şekline göre ya karın duvarından doğrudan doğruya konur ve prosedür her defasında tekrarlanır.

Bugün, kronik böbrek yetmezliği içinde bulunan hastaların;

% 20 - 25'i Peritoneal diyaliz ile,

% 40 - 50'si hemodiyaliz ile, geri kalanıda diğer usullerle tedavi edilmektedirler.

Peritoneal Diyaliz'in Faydaları Şunlardır;

- Çok basit bir metottur.
- Hastalar, diyaliz altında uyuyabilirler.
- Hasta kilogram başına 1 gram protein alırsa protein kaybı olmaz.
- Temiz ve titiz bir uygulamayla peritoneal ile ölüm olmaz (Günalp,

1981).

2.2.3. Hemodiyaliz

Hemodiyaliz, suni böbrek makinası ile yapılır. Böbrekler fonksiyon yapamaz

hale gelince vücuttan (kandan) metabolik artıkları atmak (çıkarmak) için kullanılan cihaza suni böbrek denir. Buna, (ekstracorporeal) hemodiyaliz demek daha doğru olur.

Bu cihaz, "semi-permabl" yarıgeçirgen bir membranın, mikroskopik delikleri bulunan bir süzgeçtir. Bu deliklerin çapından büyük olan maddeler geçemezler, küçükler geçerler. Bu membranın etrafında diyaliz solüsyonu bulunur (Günel, 1981).

Suni böbreğin fonksiyonları "Membran" ile "dializat" sayesinde mümkün olur.

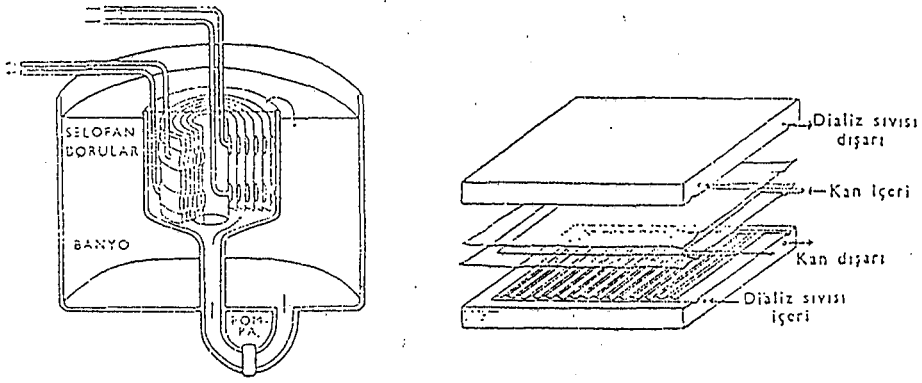
Diyaliz solüsyonu normal plazma konsantrasyonunda elektrolitleri içerir. Su ve elektrolitler menbrandan iki yönde geçerler. Eğer kanda bu particle'lerden fazla miktarda bulunursa onlar dializat tarafına geçerler.

Hemodiyaliz ile kandan:

- Üre
- Creatinine
- Ürikasit
- Amonyak
- Fenoller
- İndoller
- Sülfatlar ve
- Fosfat metabolizması ürünleri çıkarılır.

Hemodiyaliz aynı zamanda;

- Barbutrik
- Bromurc
- Alkol ve
- Salisilat zehirlenmelerinde de uygulanır.



Şekil 2.2.3. Hemodiyaliz

2.2.4. Hemodiyaliz'in Gelişimi

İlk hemodiyaliz yaşayan bir hayvanda 1913 yılında Amerika'da J.J. Abel - L. Rowntree ve B.B. Turner tarafından Baltimore şehrinde başarıyla yapıldı.

1920-1930 arasında (Cellophanmenbrane) yapıldı ve süratle yayıldı.

HEPARİN, 1915'de keşfedildi. Ancak 1930'da standart heparin preparatları yapılarak klinik denemelere geçildi.

1943'de Hollanda'da Kenpen'de doktor W. Kolff, hemodiyalizi ilk defa insanda denedi ve bu yöntemin akut böbrek yetmezliğinde ve bazı hastalıklarda (Maintenoncediyaliz) olarak uygulanabileceğini gösterdi.

1960'da Washington-Seattle'da doktor B.H. Scribner kronik ürenin son aşamasında hemodiyalizin uzun zaman kullanılabilirliğini gösterdi.

Suni. böbreğin kullanılmasındaki büyük kolaylık W. Quinton tarafından 1961'de silastik teflon kanüllerinin keşfedilmesiyle mümkün oldu (Günel,1981).

2.2.5. Diyaliz Sıvısının Özellikleri

Tablo 3.1.'de tipik bir diyaliz sıvısı bileşiminin normal ve üremik

plazma ile karşılaştırılması görülmüyor. Burada, sodyum, potasyum ve klorür konsantrasyonlarının diyaliz sıvısı ile normal plazmada hemen hemen eşdeğer, potasyum konsantrasyonunun ise üremik plazmada oldukça yüksek olması dikkati çekmektedir. Bu iyon diyaliz membranından çok hızla difüzyona uğradığından, diyalizin başlangıcından üç, dört saat sonra, konsantrasyonu hemen hemen difüzyon sıvısındaki düzeye iner.

Öte yandan fosfat, üre, urat, sülfat yada kreatinin diyaliz sıvısında bulunmadıkları halde, üremik kanda yüksek konsantrasyonlarda bulunurlar. Bu nedenle üremik hastanın diyalizi sırasında büyük miktarda diyaliz sıvısına geçmeleriyle plazma büyük oranda bu maddelerden arınmış olur.

Diyaliz sıvısının bileşimi, üremide extrasellüler sıvıda artmış bulunan bu maddelerin hızlı uzaklaştırılmasını, normal elektrolitlerinde normal düzeyde kalmasını sağlayacak şekilde düzenlenir (Tekman,1981).

Diyaliz Sıvısının Normal ve Üremik Plazma ile Karşılaştırılması Çizelge 2.2. 'de gösterilmektedir.

Çizelge 2.2. Diyaliz Sıvısının Normal ve Üremik Plazma ile Karşılaştırılması.

Maddeler	Normal	Diyaliz sıvısı	Üremik Plazma
Elektrolitler (meq/litre)			
Na ⁺	142	142	142
K ⁺	5	4	7
Ca ⁺⁺	3	3	2
Mg ⁺⁺	1.5	1.5	1.5
Cl	107	107	107
HCO ₃	27	27	14
Lactad	1.2	1.2	1.2
HPO ₄ ⁼	3	0	9
Urat	0.3	0	2
Sülfat =	0.5	0	3
Elektrolit olmayanlar (mg/dl)			
Glikoz	100	125	100
Üre	26	0	200
Kreatinin	1	0	6

2.2.6. Hastalarda Yapay Böbrekle Diyaliz

Yapay böbrek, hemen hemen 35 yıldır ciddi böbrek yetersizliği gösteren hastalarda uygulanmaktadır. Akut böbrek yetmezliğinin, dolaşım şoku yada civa zehirlenmelerinden sonra görülenler gibi bazı tiplerinde yapay böbrek hastaya, böbrek hastalığı geçip böbrekler tekrar eski görevlerini yapmaya kadar birkaç hafta bağlanır. Şimdi yapay böbrek, yalnız başına sürekli böbrek yetersizliği olan hatta total nefrektomi yapılmış binlerce kişinin sağlıklı şekilde, hayatını yıllara uzatabilecek düzeyde geliştirilmiş bulunuyor (Günalp, 1981).

Yapay böbreğin temel ilkeleri kanı ince bir membranla çevrili gayet ince kanallardan geçirmektir. Membranın öbür tarafında, kandan istenmeyen maddelerin difüzyona uğrayabileceği bir diyaliz sıvısı bulunur (Cogan, 1985). Kanın sürekli olarak iki ince selofon tabakası arasından aktığı bir yapay böbrek görülmektedir. Selofanın delikleri plazmadaki plazma proteinlerinden başka maddelerin, plazmadan diyaliz sıvısına, diyaliz sıvısından da tekrar plazmaya dönmesini sağlayacak kadar büyüktür. Eğer herhangi bir maddenin konsantrasyonu plazmada diyaliz sıvısından daha yüksekse o madde plazmadan diyaliz sıvısına diyalize uğrar. Transfer olan maddenin miktarı :

- Membranın iki tarafı arasındaki konsantrasyon farkına,
- Molekül büyüklüğüne (Küçük molekülleri daha hızlı difüzyon gösterir.)
- Sıvının membran aracılığıyla kanla temasta kalma zamanına bağlıdır.

Yapay böbreğin normal kullanımında, kan bir arterden sürekli olarak böbreğe sonrada bir damara akar. Yapay böbrekteki kan miktarı her an için genellikle 500 ml'den daha az düzeyde ve hızı da dakikada 100'lerce milimetre tutulur; total difüzyon alanıda 0.6-2.5 m² kadardır. Yapay böbrekte pıhtılaşmasını önlemek üzere kana, "böbreğe" girerken küçük miktar heparin infüzyonu yapılır (Gözükara, 1989).

2.2.7. Üre Biyosentezi

Üre biyosentezi, 1932 yılında Krebs ve Henseleit tarafından aydınlatılmıştır. Bu araştırmacılar karaciğer homojenatlarının, amonyum tuzlarını üre haline çevirdiğini, ornitin veya sitrülünün bu reaksiyonu göze çarpacak derecede gözlemlemişlerdir. Ayrıca, reaksiyon oluşumu için çok az miktarda ornitin gerektiği, ornitin arttırılsa, oluşan üre miktarının, ona paralel olarak arttığını saptamıştır. Yapılan bu araştırmalar sonunda ürenin bir Siklüsle oluştuğu, ön maddelerinin amonyak ve CO₂ olduğu, ornitin de bu siklüsün temel maddesi olduğu sonucuna varılmıştır (Yenson, 1981).

2.2.8. Organizmada Üre Dağılımı

Ürenin suda çok fazla çözünen bir madde oluşu ve hücre sel zarlarının çoğundan serbestçe diffüzyona uğrayabilmesi dolayısıyla vücut sıvılarının ve dokularının çoğu aynı oranda üre kapsar. Buna karşılık genito üriner sisteminde ise diğer dokulara oranla daha yüksek miktarlarda bulunmaktadır.

Ürenin organizmadan atılışından ter önemli bir rol oynar. Normal şartlar altında, terde, kandakine oranla 30 kat daha fazla üre bulunur. Fakat terleme arttıkça, bu oran azalarak bire yaklaşır. Deri yoluyla üre atılımı zamanla böbreğinkine yaklaşabilir (Gözükara, 1989).

2.2.9. Kanda Normal Üre Seviyesi

Kanda üre seviyesi diyet, protein metabolizması ve böbrek fonksiyonu gibi üç faktörün etkisi altındadır. Besinlerle alınan protein miktarında veya kalitesinde yahutta metabolizmasında meydana gelecek değişiklikler dolaşımdaki üre seviyesinde de değişimine yol açar.

Gebelikte olduğu gibi, böbrek fonksiyonlarında meydana gelecek değişmelerde kan üre seviyesini belirler.

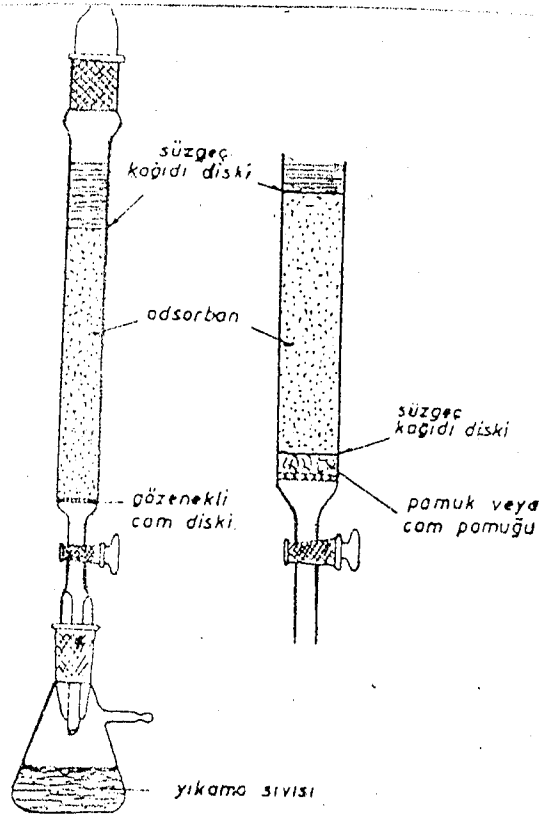
Normal kan miktarını % 20-40 mg arasında kabul edilmesine karşın proteinli besinlerle beslenen, tamamen sıhhatli şahıslarda 50 mg.'a varan miktarlara rastlanmaktadır. Bundan dolayı normal kan seviyesini %10-50 mg. arasında kabul etmek daha doğru olur (Arthur, 1986).

3. DENELSEL ÇALIŞMALAR

3.1. Kolon Kromatografisi Yöntemi

Bu metotta 50 ml'lik büret kullanıyoruz. Bürete doğal zeolit Klinoptilolit çeşitli boyutlarda konmaktadır. Doğal Klinoptilolit'i kırma, öğütme ve eleme işlemlerinden geçirerek distile suyla yıkanmıştır. Bürete konulacak doğal Klinoptilolit, gözeneklerdeki havayı çıkarmak için suda bekletilir.

Hazırlanan doğal Klinoptilolit'e bürete yerleştirilir. Bürete uygun miktarda hemodiyaliz sıvısı, distile su ve üreaz enzimi ile uygun miktarda karıştırılarak bürete konur. Bu işlem bir kaç defa yapılır. Büret şekil 3.1.'de gösterilmektedir.



3.1. 50ml'lik büret deney düzeneği

3.2. Toplam KDK (Katyon Değişim Kapasitesi) Tayini

Kristal yapıda, belirli katyonların yapıya girebilmesi veya değiştirmesi kolayca gerçekleşmediği için KDK'sını tayin etmek oldukça zor bir işlemdir. Zeolitlerde ve Toplam KDK'nı tayin etmek için uygun bir yöntem şöyledir;

- Parçacık boyutu 12 mesh'den küçük olan ve ağırlığı bilinen zeolit parçacıkları küçük bir kolona yerleştirilir.

- Zeoliti, sodyum formuna dönüştürmek için zeolit 2N NaCl çözeltisiyle iyice yıkanır.

- Kolondaki artık NaCl çözeltisini atmak için, zeolit distile su ile çalkalanır.

-Sodyum değişimi yapmış zeolit, potasyum gibi başka bir iyon içeren çözeltiyle yıkanır. Örneğin: 1N KCl çözeltisi zeolit kolonundan oldukça yavaş bir hızla geçirilerek, zeolitin tamamen potasyum formuna dönüştürülmesi sağlanır.

- Zeolitten geçirilen KCl çözeltisi toplanır ve çözeltideki sodyum konsantrasyonu (C mili eşdeğer gram / litre) tayin edilir.

KCl çözeltisinin hacmi (V_{KCl} , litre) ve kolondaki zeolitin ağırlığı (Z gram) bilinirse toplam katyon değişim kapasitesi

$$\text{Toplam KDK} = \frac{V_{KCl} C}{Z} \text{ meq/g} \quad (3.1)$$

olarak bulunur (Semmens, 1984).

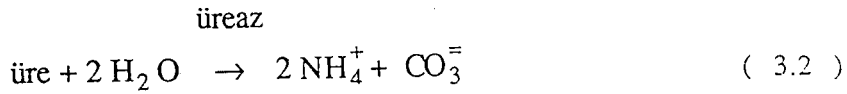
3.3. pH Tayini

Klinoptilolit'ten, hemodiyaliz sıvısını geçirdikten sonra dijital Crison micro pH metrede ölçümler alınmıştır. Ayrıca pH kağıdıyla da pH tayini yapılmıştır.

3.4. Debi Tayini

Kolona çeşitli boyutlarda klinoptilolit koyarak 50 ml ve 100 ml'de geçiş zamanlarını dijital kronometreyle (ml/dak) olarak debi tayini yapılmıştır.

3.5. Kandaki Üre Azotu'nun (BUN) Tayini



Nessler yöntemiyle üre miktarı tayini üç adet deney tüpü alınır.

	1. Kör Tüp	2. Standart Tüp	3. Numune Tüp
Distile su	4 ml	4 ml	4 ml
Üre + ürez + su → 2NH ₄ ⁺ + CO ₃ ⁻²	1 ml	1 ml	1 ml
İyot çözeltisi	1 damla	1 damla	1 damla
Nessler çözeltisi	0.5 ml	0.5 ml	0.5 ml

Tüpler karıştırılarak 10 dakikada bekltilir ve spektrofotometreden 590 nm'de küre karşı standart ve numuneler okunur.

$$\frac{\text{Numune Optik dansite (A)}}{\text{Standart Optik dansite (A}_o)} \times 50 = \frac{\text{mg üre}}{100 \text{ ml}} \quad (3.3)$$

Hazırlanan Çözeltiler:

Üreaz Süspansiyonu: 6.7 ml gliserin, 3.3 ml distile suyla karıştırılır. Süspansiyon haline getirilebilmesi için kuvvetlice çalkalanır

İyot Çözeltisi: 1.5 gr KI, 1 gr I suda çözülür ve saf suyla 50 ml'ye tamalanır.

Nessler Çözeltisi: 1.5 gr KI 1 ml suda çözülür. Üzerine 1.13 gr iyot ilave edilir ve karıştırılır. 1.5 gr saf civa konur. Saf su altında amber rengi kaybolana kadar karıştırılır. Saf suyla 10 ml'ye tamamlanır. Üzerine 2.5 N NaOH'ten 48.5 ml karıştırılıp renkli şişede saklanır (Yensen, 1982).

3.6. Çözeltilerin Hazırlanması Yöntemi

Deney için çeşitli normalitelerde çözeltiler aşağıdaki gibi hazırlanır.

0.001 N 0.018 gr üre + 300 ml saf su + 0.6 ml üreaz enzimi karıştırılır.

0.002 N 0.036 gr üre + 300 ml saf su + 0.6 ml üreaz

0.003 N 0.054 gr üre + 300 ml saf su + 0.6 ml üreaz

0.004 N 0.072 gr üre + 300 ml saf su + 0.6 ml üreaz karıştırılır ve hazırlanır.

Normal bir insan 65 kg ağırlığındaki bir erkekte 32.5 mg üre bulunur. Bir erkek 24 saatte bir 1500 ml idrar yapar, 100 ml'de 2.16 mg üre bulunur (Yensen, 1982).

Çizelge 3.1. Normal ve hasta bir kişide üre miktarları gösterilmektedir.

Normal bir insanda

Minimum üre miktarı	Maksimum üre miktarı
8 mg / 100 ml'de	19 mg / 100 ml
Böbrek hastasında	
10 mg / 100 ml	23 mg / 100 ml

Vücuttaki üre miktarına göre çalışmamızı yaparak hemodiyaliz sıvısındaki üre miktarlarının aynı normalitelelerdeki üreyle çalışma yapılmış olacaktır. Bu amaçla;

0.001 N	→	0.006 gr	6 mg / 100 ml
0.002 N	→	0.012 gr	12 mg / 100 ml
0.003 N	→	0.018 gr	18 mg / 100 ml
0.004 N	→	0.024 gr	24 mg / 100 ml

çözeltileri hazırlanmıştır.

Her kolonda 20 gram klinoptilolit kullanılmıştır. Spektrofotometrede, üre standardı için 50 mg üre / 1 lt hazırlanır. Bu çalışmada, klinoptilolit çeşitli eleklerden geçirilerek hazırlanan aşağıdaki boyutlarda çalışılmaktadır.

1250 μ	- klinoptilolit	→ Zeolit - 1	→ Z - 1
666 μ	- klinoptilolit	→ Zeolit - 2	→ Z - 2
- 500 μ altı	- klinoptilolit	→ Zeolit - 3	→ Z - 3

olarak adlandırılmıştır.

3.7. Hemodiyaliz Sıvısındaki BUN (Kandaki Üre Azotu)'nun Temizlenmesi Yöntemi

- Parçacık boyutları yukarıda gösterilen Klinoptilolit'ler çeşitli eleklerden geçirilerek hemodiyaliz sıvısının değişik hızlarda kolondan geçmesi amaçlanmaktadır.

- Çalışma yöntemimiz, kolon kromatografisi olacak. Kolona çeşitli boyutlardaki bu zeolitleri sırayla yerleştireceğiz. Örneğin: Z-1'i yerleştirelim. Bu çalışmada 10 gr zeolit kullanılmıştır.

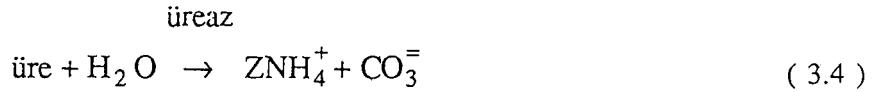
- Klinoptilolit'i, sodyum formülüne dönüştürmek için 2N NaCl

çözeltisini hazırlayarak kolona dökülerek Klinoptilolit sodyum formuna dönüştürülmüştür.

- Kolondaki artık NaCl çözeltisini atmak için, Klinoptilolit distile suyuyla yıkanır.

- Hemodiyaliz sıvısını 50 ml alacağız. Daha önce hemodiyaliz sıvısını üreazla reaksiyona sokmamız gerekir. Bunun nedeni; üreaz enzimi, üreyi

karbondioksit (CO_2) ve amonyağa (NH_3)'e çevirmektedir. Reaksiyon şöyledir:



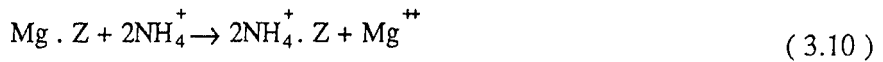
- 50 ml, hemodiyaliz sıvısını kolondan geçireceğiz. Klinoptilolit'te şu reaksiyon olur:



- Hemodiyaliz sıvısını, Klinoptilolit'ten geçirmeden önce ve geçirdikten sonra biyokimyada BUN miktarları tayin edilir.

Yukarıda yaptığımız işlemleri aynı şekilde sodyum, kalsiyum, potasyum, magnezyum ve lityum kullanılarak Z-1, Z-2, Z-3'tede uygulayalım. Aşağıdaki reaksiyonlar meydana gelmektedir.

Bu reaksiyonlar şöyledir:



3.8. Hemodiyaliz Sıvısındaki BUN (Kandaki Üre Azotu)'nun Çeşitli İyonlarla Rejenerasyonu

- Bu çalışmada Zeolit-1 1250 μ boyutundaki 10gr klinoptilolit'le kolonda çalışılmıştır.

- Kolondan 2N NaCl çözeltisi geçirerek Klinoptilolit'i sodyum formuna dönüştüreceğiz. Bu işlem iki defa yapılmıştır.

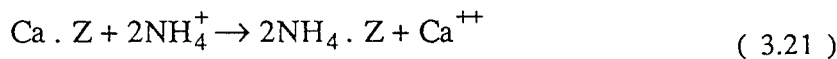
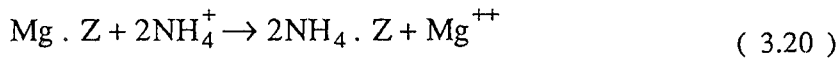
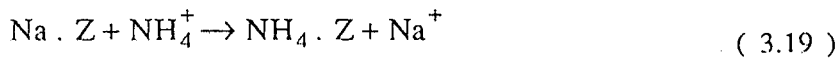
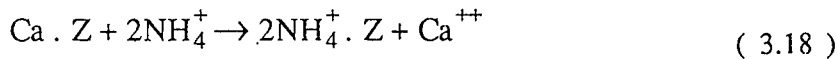
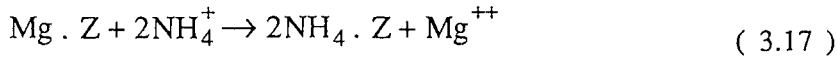
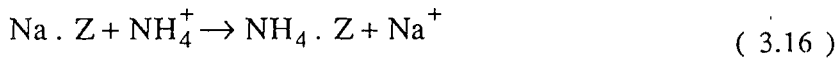
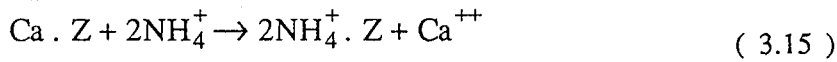
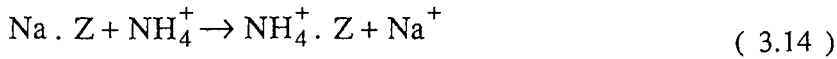
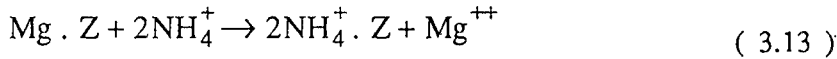
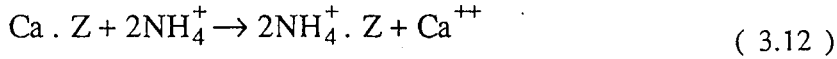
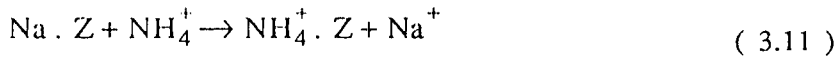
- Sodyum formuna dönüşen Klinoptilolit'ten 50 ml hemodiyaliz sıvısını geçirmeden önce BUN miktarı tayin edilir. Kolondan geçirilir.

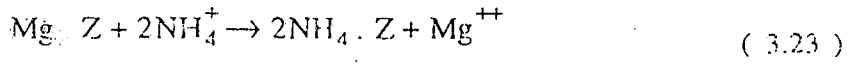
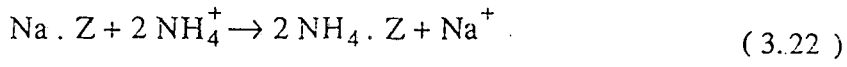
- Klinoptilolitteki artıkları distile suyla yıkanır.

- Tekrar 2N NaCl çözeltisini iki defa kolondan geçirerek Klinoptilolit'i sodyum formuna dönüştürüyor.

- 50 ml hemodiyaliz sıvısının kolondan 2 defa geçirerek BUN tayini yapılır.

Yukarıdaki işlemleri aşağıdaki reaksiyonlar için yapılır. Reaksiyonlar şöyledir:





Her işlemde iki kez geçiriyoruz ve biyokimyada BUN analizi yapılır.

4. DENEY SONUÇLARI

4.1. Toplam KDK (Kasyon Değişim Kapasitesi)

$V_{KCl} = KCl$ çözeltisinin hacmi, [litre]

$Z =$ Kolondaki klinoptilolit'in ağırlığı, [gram]

Toplam KDK = $(V_{KCl} \cdot C) / (Z)$ meq/g (3.25)

$Z = 32.8987$ gram

$V_{KCl} = 98.5$ ml = 0.985 litre

$C_{Na} = 68.35$ meq/litre

Toplam KDK = $\frac{(0.985) \cdot (68.35)}{32.8987} = 2.05$ meq/g

Toplam KDK = 2.05 meq/g

bulunur.

4.2. pH

Çizelge 4.1. Hemodiyaliz sıvısının pH'ları gösterilmiştir.

	pH metre	pH kâğıdı
Numune 1	7.66	8
Numune 2	7.61	8

Numune 1 ve numune 2, asitiktir. Numune 1, numune 2'ye göre daha az asitiktir (daha bazik). Numune 2, numune 1'e göreyse daha fazla asidik (daha az baziktir).

pH, kâğıdıyla yaptığımız sonuçlar ise 8 civarında kısaca,çözelti asitiktir.

4.3. Debi Tayini

Çizelge 4.2. Deneyin debi tayini sonuçları gösterilmiştir.

Z-1 50 ml hemodiyaliz sıvısı	11.3 ml/dak
<hr/>	
Z-1 100 ml hemodiyaliz sıvısı	20.8 ml/dak
<hr/>	
Z-2 50 ml hemodiyaliz sıvısı	2.7 ml/dak
<hr/>	
Z-2 100 ml hemodiyaliz sıvısı	5.3 ml/dak
<hr/>	
Z-3 50 ml hemodiyaliz sıvısı	0.8 ml/dak
<hr/>	
Z-3 100 ml hemodiyaliz sıvısı	1.6 ml/dak
<hr/>	

4.4. Klinoptilolit'in Üre Azotu ve NH_4^+ İyonu

Klinoptilolit'in geçirmediği önceki spektrofotometrede ölçülen değerler : (480 nm'de ölçmeler alınmıştır.)

Çizelge 4.3. Klinoptilolit'in üre azotu ve NH_4^+ iyonu tutma sonuçları gösterilmiştir.

Z-1	0.001 N standart optikdansite =	0.04
	Numune optikdansite =	0.0045
Z-1	0.002 N Numune optikdansite =	0.0095
Z-1	0.003 N Numune optikdansite =	0.019
% T =	Geçirgenlikler	
Z-1	% T ₁ = 96	
Z-2	% T ₂ = 86	
Z-3	% T ₃ = 83	
Z-4	% T ₄ = 78	
Klinoptilolit'ten geçmeden önceki üre miktarları:		
Z-1	0.001 N	5.625 mg
Z-2	0.002 N	11.875 mg
Z-3	0.003 N	17.5 mg
Z-4	0.004 N	23.75 mg

Çizelge 4.4.'de Klinoptilolit'ten geçtikten sonraki deney sonuçları gösterilmiştir.

(Spektrofotometrede, 590 nm'de Standart optikdansite 9.10^{-3} tir)

Çizelge 4.4.'de Klinoptilolit'ten geçtikten sonraki deney sonuçları.

Malzeme	Normaliteler (N)	Optikdansite ($A.10^{-3}$)	Geçirgenlik (% T)
Z-1	0.001	26	96
Z-1	0.002	32	87
Z-1	0.003	220	61
Z-1	0.004	316	48
Z-1	0.001	5	99
Z-2	0.002	6	99
Z-2	0.003	7	99
Z-2	0.004	8	99
Z-3	0.001	1	100
Z-3	0.002	23	95
Z-3	0.003	5	100
Z-3	0.004	8	100

Çizelge 4.5. Klinoptilolit'ten geçtikten sonraki çözeltideki üre miktarları gösterilmektedir.

Çizelge 4.5. Klinoptilolit'ten geçtikten sonraki çözeltideki üre miktarları

Malzeme	Normaliteler (N)	üre miktarı (meg/100ml)
Z-1	0.001	1.5
Z-1	0.002	1.66
Z-1	0.003	1.22
Z-1	0.004	1.17
Z-2	0.001	0.228
Z-2	0.002	0.333
Z-2	0.003	0.337
Z-2	0.004	0.44
Z-3	0.001	0.16
Z-3	0.002	3.83
Z-3	0.003	0.83
Z-3	0.004	1.33

Çizelge 4.6. Klinoptilolit'te tutulan üre miktarları ve Klinoptilolit'te ürenin tutulma yüzdesi gösterilmiştir.

Çizelge 4.6. Klinoptilolit'te tutulan üre miktarları ve Klinoptilolit'te ürenin tutulma yüzdesi

Malzeme	Normalite (N)	üre miktarı (meg/100ml)	Geçirgenlik (% T)
Z-1	0.001N	4.125	97.4
Z-1	0.002N	10.215	86.1
Z-1	0.003N	16.28	93.1
Z-1	0.004N	6.2	26.13
Z-2	0.001N	5.397	96
Z-2	0.002N	11.542	97.2
Z-2	0.003N	17.123	97.9
Z-2	0.004N	23.31	98.2
Z-3	0.001N	5.465	97.2
Z-3	0.002N	8.045	67.8
Z-3	0.003N	16.67	95.3
Z-3	0.004N	22.4	94.4

Diyaliz öncesi hastanın kanındaki BUN = 60 meg

Diyaliz sonrası hastanın kanındaki BUN = 40 meg

Klinoptilolitten geçirmeden öncesi BUN = 15 meg

Klinoptilolitten geçirdikten sonraki değerler:

Çizelge 4.7. Doğal Klinoptilolit'le hemodiyaliz sıvısındaki BUN (Kandaki üre Azotu)'nun temizlenmesi sonuçları gösterilmiştir.

Çizelge 4.7. Doğal Klinoptilolit'le hemodiyaliz sıvısındaki BUN (Kandaki üre Azotu)'nun temizlenmesi sonuçları.

Malzeme	Klinoptilolitte tutulan NH_4^+ (meg / 100 ml)	Klinoptilolitte tutma yüzdesi (%)
Klinoptilolit		
Na Z-1	5.784	38.5
Na Z-2	6.423	42.8
Na Z-3	6.058	40.9
Ca Z-1	5.419	36.1
Ca Z-2	6.331	42.2
Ca Z-3	3.42	35.8
K Z-1	4.83	32.2
K Z-2	4.83	32.2
K Z-3	5.373	35.8
Mg Z-1	6.103	40.7
Mg Z-2	4.88	32.53
Mg Z-3	6.742	44.9
Li Z-1	6.103	40.7
Li Z-2	6.058	40.4
Li Z-3	4.1	27.33

Diyaliz öncesi hastanın kanındaki BUN = 43.95 meg

Diyaliz sonrası hastanın kanındaki BUN = 29.11 meg

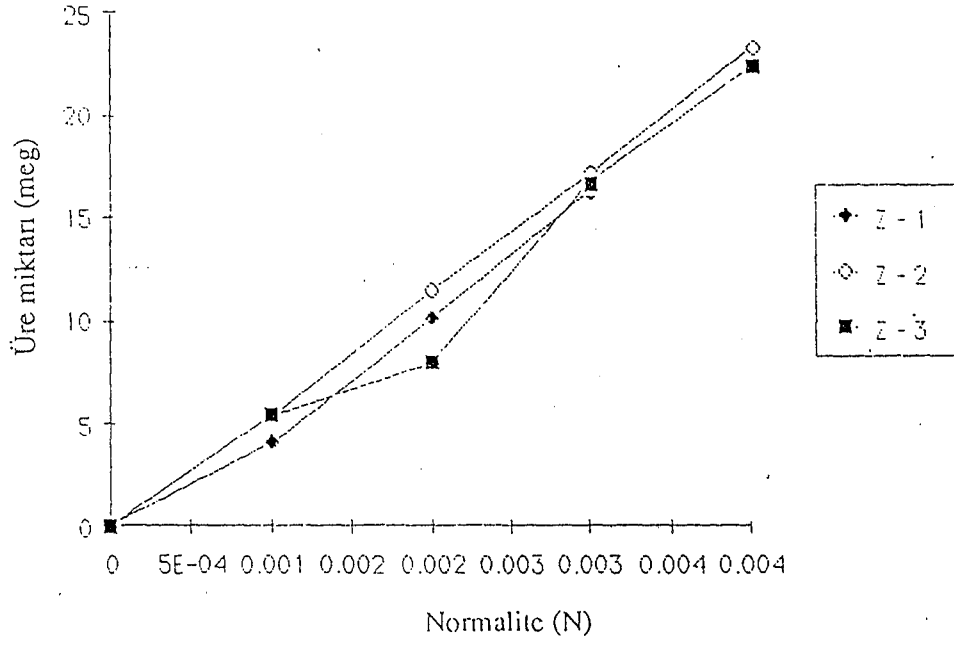
Klinoptilolitten geçirilmeden öncesi BUN = 12 meg

Klinoptilolitten geçirdikten sonraki değerler:

Çizelge 4.8. Hemodiyaliz sıvısındaki BUN'nun tamamen temizlenmesi sonuçları gösterilmiştir.

Çizelge 4.8. Hemodiyaliz sıvısındaki BUN'nun tamamen temizlenmesi sonuçları.

Malzeme Klinoptilolit	Klinoptilolitte tutulan miktar (meg / 100 ml)	Klinoptilolitte tutma yüzdesi (%)
Z-1 (Na)	11.529	96
Z-1 (Ca)	11.731	97.8
Z-1 (mg)	11.023	91.9
Z-1 (Na, Ca)	11.798	98.3
Z-1 (Ca, Na)	11.933	99.5
Z-1 (Mg, Ca)	11.697	97.5
Z-1 (Na, Mg)	7,922	66
Z-1 (Na, Ca, Mg)	11.866	98.9



Çizelge 4.9. Z-1, Z-2, Z-3'de tutulan üre miktarları

5.TARTIŞMA VE SONUÇ

Hemodiyaliz böbrek fonksiyonlarını kısmen veya tamamen kaybolmuş hastalara uygulayarak üre, ürik asit, kreatinin gibi v.b. metabolik artıkların kandan temizlenmesini sağlar.

Bu çalışmada, çeşitli boyutlardaki doğal Klinoptilolit'e Na^+ , K^+ , Ca^{++} , Mg^{++} , Li^+ iyonları yükleyerek hemodiyaliz sıvısındaki kandaki üreazotunu üreaz enzimiyle NH_4^+ iyonuna dönüştürülerek ve iyon yüklü Klinoptilolit'ten geçirilerek, iyon yüklü doğal Klinoptilolit'le NH_4^+ iyonlarının değiştirilmesi esasına dayanır.

Eskişehir A.Ü. Tıp Fakültesinde hastalardan alınan diyaliz sıvısındaki kandaki üre azotu değerleri Biyokimya laboratuvarlarında tayini yapılmıştır. Tek değerli iyonlarda Klinoptilolit'te tutulma oranları NH_4^+ da oldukça yüksek, K^+ da ise düşük ve Li^+ ve Na^+ a ise birbirine yakındır.

Çift değerli iyonlarda Mg^{++} da yüksek, Ca^{++} ise biraz daha düşüktür. Genel olarak Na^+ , Ca^{++} ve Mg^{++} le yüklü Klinoptilolit'ler de tutulma oranları çok yüksektir. K^+ ve Li^+ da ise daha düşük olmaktadır.

Hemodiyaliz sıvısındaki üre miktarı, sıfırdır. Bu sıvı hastada kullanıldıktan sonra Klinoptilolit'te tekrar sıfırlamak için Klinoptilolit'e (Ca, Na) yüklenir. Klinoptilolit'in temizleme miktarı % 99.5 olmuştur. Bu oldukça yüksek bir temizlemedir, sıfıra oldukça yakındır. Z-1 (Na, Mg) ise en az temizleme oranı % 66.01 gerçekleşir.

Doğal Klinoptilolit'in Toplam Katyon Değişim Kapasitesi, 2.05 meq/g bulunmuştur. Bu değer diğer katyon değiştiricilerle karşılaştırılırsa yüksek bir iyon tutma özelliğine sahip olduğunu gösterir.

pH tayini sonucunda hemodiyalizin asitik olduğu bulunmuştur. Çeşitli debi tayinleri sonucunda Klinoptilolit'in boyutu 1250 μ olduğunda işlem daha kolay, -500 μ altındaysa daha zorlaşır. Yurdumuzda, geniş rezervi bulunan (45.10^9 ton) doğal Klinoptilolit'in iyon değiştirme özelliği ve NH_4^+ u yüksek tutuculuğuyla hemodiyaliz sıvısını temizlemek

mümkündür. Hemodiyaliz sıvısındaki diğer iyon temizleme işlemini ilerki çalışmalara yol göstermesi amaçlanmıştır. Çevre ve insan sağlığında bu zararlı bileşikler tutmak için Doğal Klinoptilolit ucuz ve elverişli olduğu saptanmıştır.

Hastanın hemodiyaliz bölümlerinde kirli diyaliz sıvısı açık kanala akıtılmaktadır. Bu çalışmada, doğal Klinoptilolit'li bir kolondan geçirilerek temizlenmesi amaçlanan bir çalışma yapılmalıdır.

KAYNAKLAR DİZİNİ

Ames, L.L., 1960, "The Cation Sieve Properties of Clinoptilolite" Am. Mineral., 45, 689-700s.

Ames, L.L., 1967, "Zeolite Removal of Ammonium Ions From Agricultural Waste-Waters", Proc 13 th. Pacific Northwest Industr. WasteConf., Washington State University, 135-152s.

Arthur, C., Guyton, M.D. 1986, Tibbi Fizyoloji, İstanbul Üniversitesi, 101, 97 s.

✓ Barrer, R.M. , 1978, " Cation Exchange Equilibria in Zeolites and Feldspaths: In, Sand,L.B. and Mumpton, F.A., Natural Zeolites: Occurrence, Properties, Use", Pergamon Press, Elmsford, 385-395 s.

✓ Breck, B.W., Smith, J.V., 1959, Molecular Sieves, Scient. Am. 85-94-200s.

Cumhuriyet Gazetesi, 22-6-1991, İstanbul,3.s.

Eichor, H, 1858, Ann. Phys. Chem., 105,130s.

Frank, A., Gotch, M.D. P. Schoenfeld, M.D., Martin G. Cogan, M.D. and Marvin R. Garovoy, M.D., 1985, Introduction to Dialysis, Universty of California, 5s.

Gotardi, G., E., 1985, Natural Zeolites, Newyork, 146, 150 s.

Gözükara, M.E., 1989, Biyokimya, İnönü Üniversitesi 60s. Malatya.

KAYNAKLAR DİZİNİ (DEVAMI)

- Güenalp, İ., (1981) Böbrek Hastalıkları Teşhis-Tedavi-Dializ-
Immunologive "Renal Transplantasyon" Ankara Üniversitesi,
7-166s.
- Mercer, B.W., Ames, L.L., Thouhill, C.y., Van Slyke, W.y.,
Dean, R.B., 1970, "Ammonia Removal From Secondary
Effluents by Selectivi Ion Exchange", J. Water Poll.
Cont. Fed. 42s.
- Mumpton, F.A., 1986, Mineralogy and Geology of Natural
Zeolites, Min. Soc. of Am., Michigan.
- Dyer, A, 1988, An Introduction to Zeolite Moleculer Sieves,
Wiley, NewYork
- Pekin, B., 1977, Fizikokimya Dencyleri I - II. Ege Üniversitesi, 101,
97 s.
- Semmens, M.J., 1984, Cation. Exchange Properties of Natural
Zeolites, Zeo-Agriculture: Aguaculture (Eds. Pond W.G.,
Mumpton F.A.), Weswiew Press, Colarado
- Sherman, J.D., 1978, LINDE IONSIV Zeolite NH_4^+ Exchangers for
Artificial Kidney Applications, in Artificial Kidneys,
Artificialliver, Artificial Cells, T.M.S. Chang, Ed.,
Plonum Dress, Newyork, 267-274 pp.

KAYNAKLAR DİZİNİ (DEVAMI)

- Sherman, I.O., 1981, Removal of Uremic Substances with Zeolite Ion Exchangers, European Patent Appl.
- Tekman, Ş., 1991, Genel Biyokimya Dersleri, İstanbul Üniversitesi, 9,296 s.
- Wang. H.L., 1980, In Vivo Evalvation of Calicum-Loaded Zeolites and Urease For Urea Removal In Hemodialysis, Vol. XXVI Trans Am. Soc. Artif Intern Organs, Newyork 111, 112, 113, 114, 115, pp.
- Yenson, M, 1982, Klinik Biyokimya Laboratuvar Çalışmaları, İstanbul Üniversitesi, 17, 37, 43, 107; 141 s.
- Yörükoğulları, E., (1988) Güneş Enerjisinin Doğal Zeolitte Depolanması A.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Doktora Tezi, 1985, Eskişehir, basıldı.
- Yörükoğulları, E., (1991) Orhun, Ö., Doğal Zeolitler'de İyon Değişme Özellikleri, Anadolu Üniversitesi, Fen Edebiyat Fak. Dergisi, 3. Cilt, basılacak.
- Yücel, H., Çulfaz, A., 1984, Doğal ve Yapay Zeolitlerin Kullanım Alanları, O.D.T.Ü. Uyg. Arş. Dergisi, 3.10 s.