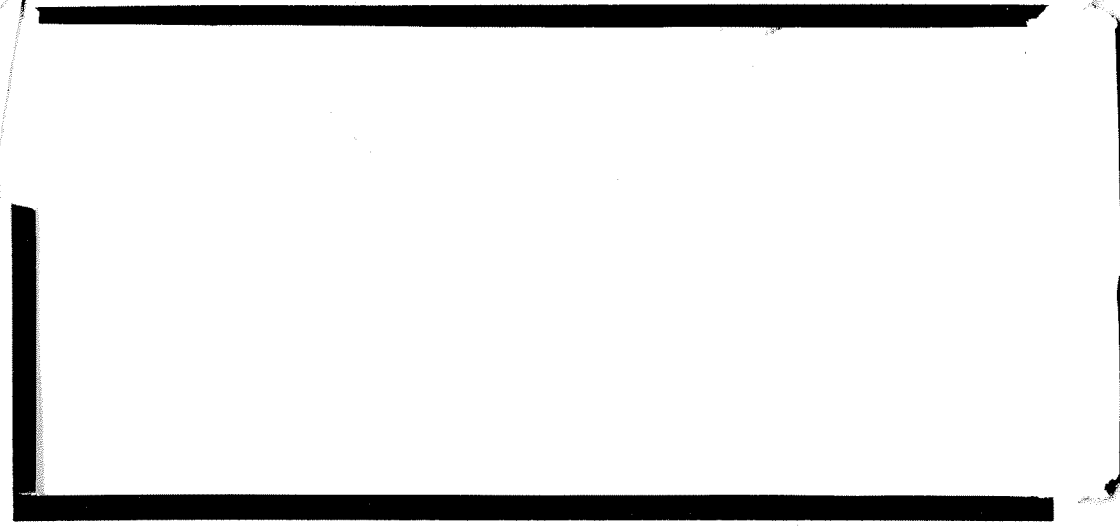




1997-181 DUA

TÜRKİYE BİLİMSEL VE
TEKNİK ARAŞTIRMA KURUMU

THE SCIENTIFIC AND TECHNICAL
RESEARCH COUNCIL OF TURKEY



Makina, Kimyasal Teknolojiler, Malzeme ve İmalat Sistemleri
Araştırma Grubu

Mechanical Engineering, Chemical Technologies, Material
Sciences and Manufacturing Systems Research Grant
Committee

KTÇAG-DPT/3

**TÜRKİYE'NİN DOĞAL ZEOLİT
KAYNAKLARININ TEKNOLOJİK
DEĞERLENDİRMESİ**

PROJE NO.: KTÇAG-DPT 3

**Ali ÇULFAZ
Hayrettin YÜCEL
Ahmet Turhan URAL
Abdelrahim ABUSEFA**

**Orta Doğu Teknik Üniversitesi
Kimya Mühendisliği Bölümü**

**ANKARA
1995**

ÖNSÖZ

“Türkiye'nin Doğal Zeolit Kaynaklarının Teknolojik Değerlendirmesi” konulu bu proje, 1992 yılında Devlet Planlama Teşkilatına önerilmiş ve çalışmalara TÜBİTAK-DPT projesi olarak Ağustos 1992'de başlanılmıştır. Projede, Türkiye'de doğal zeolitlerle ilgili yerbilimleri ağırlıklı, zeolit karakterizasyonuna ilişkin ve uygulamaya yönelik çalışmalar derlenmiştir. Önemli doğal zeolit kaynaklarımızın fiziksel ve kimyasal karakterizasyonuna ilişkin deneysel çalışmalar yapılmıştır. Dünyada doğal zeolitlerin kullanımı ile ilgili gelişmeler, potansiyel kullanım alanları ve karşılaşılan sorunlar da gözönüne alınarak ülkemizde doğal zeolitlerin kullanılabilir olabilmesi için öneriler geliştirilmiştir.

TEŞEKKÜR

Bu projeye sağladığı mali destek için TÜBİTAK'a ve araştırmanın yürütülmesi sırasındaki katkılarından ötürü TÜBİTAK-KTÇAG ve MİSAG çalışanlarına teşekkür ediyoruz.

Zeolit örneklerinin sağlanmasındaki yardımları, açık literatürde bulunmayan raporlara ulaşabilmemize yaptıkları katkıları ve doğal zeolitlerin değerlendirilmesiyle ilgili görüşleri nedeniyle Etibank Genel Müdürlüğü ARGE Birimi çalışanlarına, Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü, Maden Etüd ve Arama Dairesinden Sayın Hasan Baş ve Ferda Öner'e, İ.T.Ü. Kimya Mühendisliği Bölümünden Prof.Dr. Ayşe Erdem-Şenatalar'a, Gazi Üniversitesi Kimya Mühendisliği Bölümünden Doç.Dr. Müjgan Çulfaz'a ve İzmir Teknoloji Enstitüsünden Prof.Dr. Semra Ükü'ye teşekkür ediyoruz.

Deneyisel çalışmalara ODTÜ Kimya Mühendisliği Bölümünden Araş.Gör. Halil Kalıpçılar, Teknisyen Kerime Güney ve İsa Demircioğlu ile Uzman Mihrican Açıkgöz katkıda bulundular; raporun yazımında ve çizimlerde Sekreterlerimiz Serpil Biçer ve Naciye Kaya ile Teknik Ressam Kamil Alptekin'in emeklerinden yararlandık, teşekkür ediyoruz.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
Önsöz.....	i
Teşekkür.....	ii
İçindekiler.....	iii
Öz.....	v
Abstract.....	vi
Şekiller Dizini.....	vii
Çizelgeler Dizini.....	x
I. GİRİŞ.....	1
1.1. Amaç ve Kapsam.....	2
1.2. Yöntem.....	2
1.3. Projenin Öneriye Uygunluğu.....	3
II. TÜRKİYE'DE ZEOLİTLERE İLİŞKİN ÇALIŞMALARIN DERLENMESİ.....	8
2.1. Yerbilimleri Ağırlıklı Çalışmalar.....	8
2.2. Zeolit Karakterizasyonuna İlişkin Çalışmalar.....	9
2.3. Uygulamaya Yönelik Araştırmalar.....	9
III. ETİBANK VE M.T.A. İLE YAPILAN İŞBİRLİĞİ.....	17
IV. DENEYSEL ÇALIŞMALAR.....	21
4.1. Temin Edilen Doğal Zeolit Örnekleri ve X-Işını Kırınım Diyagramları.....	21

4.2. Kimyasal Analizler	22
4.3. Termogravimetrik Analizler	40
4.4. Klinoptilolit Örneklerinin Isıl Dayanıklılıkları	41
4.5. Klinoptilolit Örneklerinin Toplam Gözenek Hacmi, Gerçek ve Görünür Yoğunlukları	48
4.6. Bigadiç Klinoptiloliti Örneklerinin Amonyum ve Sezyum Katyonlarını Tutma Özellikleri	55
V. DEĞERLENDİRME VE ÖNERİLER	64
5.1. Değerlendirme.....	64
5.2. Öneriler.....	65
5.3. Sonuç.....	67
KAYNAKLAR.....	68
EKLER	
Ek 1. "Mineral Research" firmasının doğal zeolit örnek bankasındaki doğal zeolit araştırma örneklerinin tanımları	76
Ek 2. Zeolit sahası özelliklerini tanımlayıcı özet veri yaprağı ve harita örneği (Anaconda Minerals Company, Ash Meadows, Nevada, A.B.D. klinoptilolit sahası)	78
Ek 3. M.T.A. Enstitüsü zeolit sahası ruhsat devir duyurusu (Sıra No.17: Manisa, Gördes zeolit sahası)	81
Ek 4. Manisa, Gördes zeolit sahasından alınan dolomitçe zengin örneğin kimyasal analizi ve X-ışını kırınım deseni (Örnek kod No.: CLI-30; Örneğin kaynağı: M.T.A. Enstitüsü).....	83
Ek 5. Doğal zeolit uygulama önerilerine ilişkin bilgiler.....	86
BİBLİYOGRAFİK BİLGİ FORMU.....	90

ÖZ

Çok sayıda endüstriyel süreç ile tarım ve hayvancılık alanlarında potansiyel olarak uygulanabilirliği laboratuvar çalışmalarıyla önerilen doğal zeolitlerin tüketim düzeyi, gerek dünyada gerekse Türkiye'de çok düşüktür. Bu araştırmada Türkiye zeolitleriyle ilgili çalışmalar derlenmiş, yerbilimleri ağırlıklı çalışmalar, zeolit karakterizasyonuna ilişkin çalışmalar ve uygulamaya yönelik araştırmalar olarak sınıflandırılmış ve kritik değerlendirmeleri yapılmıştır.

Zengin rezervleri olan Bigadiç ve Gördes klinoptiloliti örneklerinin uygulamaya yönelik kimyasal ve fiziksel karakterizasyon deneyleri yapılmıştır (Kimyasal analizleri, X-ışını kırınım desenleri, SEM fotoğrafları, TGA eğrileri, gözenek dağılımları, ısı dayanıklılıkları, katyon değişimi, vb.).

Doğal zeolit kaynaklarının kullanım düzeyini ve pazar payını artırma amacıyla, zeolit karakterizasyonu çalışmalarına ağırlık verilmesi, uygulamaya yönelik araştırmaların iyi tanımlanmış zeolit malzemeler kullanılarak yapılması ve pazar geliştirme çalışmalarının kullanılan zeolitin birim malzeme değerinin düşük olduğu alanlarda yoğunlaştırılması önerilmektedir.

Anahtar Kelimeler : Doğal zeolitler, klinoptilolit, karakterizasyon, teknoloji değerlendirme

ABSTRACT

The consumption level of natural zeolites is very low both in Turkey and in the world although there are numerous laboratory studies suggesting the applicability of natural zeolites in several industrial processes and agricultural applications. In this study, a comprehensive compilation of work done by Turkish zeolites were done. These are classified as geological studies, zeolite characterization studies and applications oriented works together with their critical evaluation.

There are large reserves of clinoptilolites in Bigadiç and Gördes and samples from these fields have been characterized by chemical and physical tests (chemical analysis, X-ray diffraction patterns, SEM photographs, TGA curves, pore size distributions, thermal stability, cation exchanges, etc.).

In order to increase the consumption level and the market share of the natural zeolites, it is suggested that emphasis should be given to zeolite characterization studies, well-characterized samples need to be used in applications-oriented research, and market improvement studies need to be focused on application areas where the low material cost of natural zeolites would be exploited.

Key words : Natural zeolites, clinoptilolite, characterization,
technology assessment

ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
Şekil 1. Bazı Doğal Klinoptilolit ve Hölandit Örneklerinin Karşılaştırmalı Çizgi X-Işını Kırınım Desenleri.....	20
Şekil 2. Bigadiç Tülü Ovası Klinoptilolitlerinin (Örnek No.: AES-2, AES-3, AES-4, AES-5) X-Işını Kırınım Desenleri.....	23
Şekil 3. Bigadiç Tülü Ovası Klinoptilolitlerinin (Örnek No.: AES-6, AES-7, AES-8, AES-9) X-Işını Kırınım Desenleri.....	24
Şekil 4. Bigadiç Tülü Ovası Klinoptilolitlerinin (Örnek No.: AES-10, AES-11, AES-12, AES-13) X-Işını Kırınım Desenleri.....	25
Şekil 5. Bigadiç Tülü Ovası Klinoptilolitlerinin (Örnek No.: AES-14, AES-15, AES-16) X-Işını Kırınım Desenleri.....	26
Şekil 6. Bigadiç Klinoptiloliti Yüksek Safılıkta Bir Örneğinin X-Işını Kırınım Deseni (Örnek No.: CLI-6, Kaynak: Hacettepe Üniversitesi Yerbilimleri Bölümü)	27
Şekil 7. Bigadiç Klinoptilolitinin Yığın Üretimi Örneğinin X-Işını Kırınım Deseni (Örnek No.: CLI-11, Kaynak: Etibank Genel Müdürlüğü)	28
Şekil 8. Bigadiç Klinoptiloliti Yığın Üretimi Örneğinin Kırma-Eleme Sonucu Elde Edilen Değişik Boyut Fraksiyonlarının X-Işını Kırınım Desenleri (Örnek No.: CLI-11, Kaynak: Etibank Genel Müdürlüğü	29
Şekil 9. Bigadiç Klinoptiloliti Yığın Üretimi Örneğinin X-Işını Kırınım Deseni (Örnek No.: CLI-40, Kaynak: Etibank Genel Müdürlüğü)	30

Şekil 10.	Manisa-Soma-Kırka Bölgesi Klinoptiloliti Örneğinin X-Işını Kırınım Deseni (Örnek No.: CLI-20, Kaynak: M.T.A. Enstitüsü)	31
Şekil 11.	Bigadiç Klinoptiloliti Örneklerinin (CLI-6, CLI-11 ve CLI-20) ve Manisa-Soma-Kırka Klinoptilotinin (CLI-40) Karşılaştırmalı X-Işını Kırınım Desenleri	32
Şekil 12.	Bigadiç Klinoptiloliti Örneğinin Termogravimetri Eğrisi (Örnek No.: CLI-6)	42
Şekil 13.	Bigadiç Klinoptiloliti Yığın Üretimi Örneğinin Termogravimetri Eğrisi (Örnek No.: CLI-11)	43
Şekil 14.	Manisa-Soma-Kırka Klinoptiloliti Örneğinin Termogravimetri Eğrisi (Örnek No.: CLI-20)	44
Şekil 15.	Sheaville, Oregon Klinoptiloliti Örneğinin Termogravimetri Eğrisi (Örnek No.: CLI-1)	45
Şekil 16.	Hölandit İçin Isıl Eğriler (TGA, DTGA ve DTA)	46
Şekil 17.	Klinoptilolit İçin Isıl Eğriler (TGA, DTGA ve DTA)	47
Şekil 18.	Kümülatif Gözenek Hacminin Gözenek Çapı ile Değişimi (Örnek: Bigadiç Klinoptiloliti, CLI-6)	51
Şekil 19.	Kümülatif Gözenek Hacminin Gözenek Çapı ile Değişimi (Örnek: Bigadiç Klinoptiloliti, CLI-11)	52
Şekil 20.	Bigadiç Klinoptiloliti Örneğinin Taramalı Elektron Mikroskopu ile Çekilmiş Fotoğraflar (Örnek No.: CLI-6)	53
Şekil 21.	Bigadiç Klinoptiloliti Yığın Üretimi Örneğinin Taramalı Elektron Mikroskopu ile Çekilmiş Fotoğraflar (Örnek No.: CLI-11)	54
Şekil 22.	Çeşitli Parça Boyutları için NH_4^+ Salıverme Eğrileri (Yatak Malzemesi: Bigadiç Klinoptiloliti, CLI-11; Beslemedeki NH_4^+ Derişimi: 85 mg/L; Akış Hızı: 84 yatak hacmi/saat	59

Şekil 23.	Çeşitli Akış Hızlarında NH_4^+ Salıverme Eğrileri (Yatak Malzemesi: Bigadiç Klinoptiloliti, CLI-11; Parça Boyutu: 30-50 meş; Beslemedeki NH_4^+ Derişimi:85mg/L).....	60
Şekil 24.	Besleme Akımındaki Çeşitli NH_4^+ Derişimleri için Salıverme Eğrileri (Yatak Malzemesi: Bigadiç Klinoptiloliti, CLI-11; Parça Boyutu: 30-50 meş; Akış Hızı: 190 yatak hacmi/saat).....	61
Şekil 25.	Besleme Akımındaki Çeşitli Cs^+ Derişimleri için Salıverme Eğrileri (Yatak Malzemesi: Bigadiç Klinoptiloliti, CLI-11; Parça Boyutu: 30-50 meş; Akış Hızı: 84 yatak hacmi/saat).....	62
Şekil 26.	Çeşitli Akış Hızlarında Cs^+ Salıverme Eğrileri (Yatak Malzemesi: Bigadiç Klinoptiloliti, CLI-11; Parça Boyutu: 16-30 meş; Beslemedeki Cs^+ derişimi: 133mg/L).....	63
Şekil 27.	Manisa, Gördes Zeolit Sahasından Alınan Dolomitçe Zengin Örneğin X-ışını Kırınım Deseni (Örnek Kod No.: CLI-30, Kaynak: M.T.A. Enstitüsü).....	85
Şekil 28.	Türkiye'deki Çimento Fabrikaları ve Batı Anadolu Klinoptilolit Yatakları Haritası.....	87
Şekil 29.	Koku Gidericisi Uygulamalarında Zeolit Kullanımını Gösteren İlanlardan Örnekler (a) Ayakkabı Altlığı Koku Gidericisi (Klinoptilolit, A.B.D.) (b) Ahır Koku Gidericisi (Klinoptilolit, A.B.D.) (c) Çöp Bidonu Koku Gidericisi (Klinoptilolit, Macaristan)	89

ÇİZELGELER DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
Çizelge 1. Endüstriyel Kullanımı Olan Zeolit Türleri ve Özellikleri.....	4
Çizelge 2. Sedimanter Zeolit Oluşumları	5
Çizelge 3. Türkiye'nin Zeolit Yatakları	7
Çizelge 4. Türkiye Zeolitlerine İlişkin Yerbilimleri Ağırlıklı Çalışmalar.....	10
Çizelge 5. Türkiye Zeolitlerinin Karakterizasyonuna İlişkin Çalışmalar	12
Çizelge 6. Türkiye Zeolitleri Kullanılarak Yapılmış Uygulamaya Yönelik Araştırmalar	14
Çizelge 7. Klinoptilolit Değişik Boyut Fraksiyonlarının Kimyasal Analizleri.....	33
Çizelge 8. Çeşitli Doğal Klinoptilolit Örneklerinin Kimyasal Analizleri (kuru temelde % 95)	34
Çizelge 9. Klinoptilolit Örneklerinin Molar Temelde Kimyasal Analizleri	35
Çizelge 10. Klinoptilolit Örneklerinin Termogravimetrik Analizlerinin Değerlendirmesi	36
Çizelge 11. Klinoptilolit Isıl İşleme Bozunmasına İlişkin X-Işını Kırınım Verileri (Örnek: Bigadiç Klinoptiloliti, CLI-11)	37
Çizelge 12. Klinoptilolit Isıl İşleme Bozunmasına İlişkin X-Işını Kırınım Verileri (Örnek: Bigadiç Klinoptiloliti, CLI-6)	38
Çizelge 13. Klinoptilolit Isıl İşleme Bozunmasına İlişkin X-Işını Kırınım Verileri (Örnek: Manisa-Soma-Kırka Klinoptiloliti, CLI-20)	39

Çizelge 14. Bigadiç Klinoptiloliti Örneklerinin Gözenek Hacmi, Gerçek ve Görünür Yoğunlukları	50
Çizelge 15. Klinoptilolit Yatağının NH_4^+ Tutma Performansı (Örnek: Bigadiç Klinoptiloliti, CLI-11)	57
Çizelge 16. Klinoptilolit Yatağının Cs^+ Tutma Performansı (Örnek: Bigadiç Klinoptiloliti, CLI-11)	58
Çizelge 17. Manisa, Gördes Zeolit Sahasından Alınan Dolomitçe Zengin Örneğin Kimyasal Analizi (Örnek: Gördes, CLI-30.....)	84
Çizelge 18. Batı Anadolu Klinoptilolit Yatakları Yakınındaki Çimento Fabrikaları	88

I. GİRİŞ

Zeolit genel adıyla tanımlanan kristal yapılu, sulu alüminyum silikat bileşikler kimya sanayiinde son kırk yıldır yaygın uygulama alanları bulmuşlardır. Zeolitlerin sentetik olarak üretilenlerinin, katalizör, adsorbent, deterjan katkı maddesi ve iyon değiştiricisi olarak kullanım alanları giderek yaygınlaşmaktadır. Yapay zeolitler Kuzey Amerika, Avrupa ve Japonya'da 1980'lerde yıllık 250 milyon dolarlık pazar payına ulaşmışlardır. Dünyada yapay zeolit üretim kapasitesinin 1.5 milyon ton/yıl düzeyinde olduğu tahmin edilmektedir (Roskill, 1990). Petrolün katalitik parçalanmasında kullanılan ve çoğunlukla fojasit türü olan zeolit katalizörlerin yıllık tüketimi, 200,000 tonu A.B.D.'de olmak üzere yaklaşık 300,000 tondur. Deterjanlarda katkı maddesi olarak zeolit A tüketimi ise sadece A.B.D.'de 1993 yılında 400.000 tona ulaşmıştır. Endüstriyel kullanımı olan zeolit türleri ve özelliklerine ilişkin özet bilgiler Çizelge 1'de verilmiştir.

Doğal zeolitlerin endüstriyel kullanım alanları da potansiyel olarak çok çeşitlidir. Bu alanlar arasında, doğal zeolitlerin hafif yapı taşı ya da puzzolan özellikli çimento katkı maddesi olarak inşaat sanayiinde, toprakta nem düzenleyicisi ve gübre katkı maddesi olarak tarımda, katkı maddesi olarak kağıt sanayiinde, atık suların arıtılması ve asit gazların kurutulması ve arıtılması gibi çevre korumaya yönelik kullanımları sayılabilir. Doğal zeolitlerin dünyada yıllık tüketimleri 100,000 -300,000 ton dolayındadır. Bu tüketim çoğunlukla birim malzeme değerinin düşük olduğu alanlardadır. Doğal zeolitlerin, doğal ve yapay zeolitlerin toplam pazarı içerisindeki payı % 1'in altında ve çok düşük bir düzeydedir. Aralarında Türkiye'nin de bulunduğu ondan fazla ülkenin herbirinde bir milyar tonun üzerinde rezervi bulunan ve dünya toplam rezervi 100 milyar tonun üzerinde olan doğal zeolitler için 300,000 tonu aşamayan dünya yıllık zeolit üretiminin çok düşük olduğu görülmektedir. Türkiye'de yıllık doğal zeolit üretiminin 1000 tonun altında olduğu tahmin edilmektedir (Köktürk, 1995).

Dünyada kırktan fazla ülkede ve toplam olarak binden fazla doğal zeolit oluşumu rapor edilmiş durumdadır (Roskill, 1990). Değişik ülkelerdeki sedimanter kayalarda doğal zeolit oluşumlarına ilişkin bilgiler, Çizelge 2'de ülkeler, bulunan zeolit türleri ve işletilebilir türde zeolit rezervlerinin sayıları da belirtilerek özetlenmiştir (Pond ve Mumpton, 1984; Hawkins, 1984; Clifton, 1987; Roskill, 1990). Sedimanter zeolit oluşumları arasında en yaygın olanı klinoptilolittir.

1.1. Amaç ve Kapsam

Doğal zeolitlerin özellikleriyle kullanım alanları arasındaki ilişkiler üzerine çok sayıda araştırma yapılmıştır. Doğal zeolitlerin potansiyel kullanım alanları çok çeşitlidir. Ancak aynı mineral adıyla anılan doğal zeolitlerin bile, farklı kaynaklardan elde edilenlerinin jeolojik oluşumlarına bağlı olarak farklı özellikler gösterebildiği görülmüştür. Bu tür farklılıklar doğal zeolitlerin doğrudan kullanımını güçleştirmekte, ve önemli rezervi olan zeolit yataklarının öngörülen kullanım alanlarına yönelik olarak seçilmiş özelliklerinin ayrı ayrı incelenmesini gerektirmektedir. Projenin kapsamı, jeolojik araştırmalarla varlığı ve rezervi belirlenmiş zeolit kaynaklarımızın teknolojik değerlendirmesine temel oluşturacak ana fiziksel ve kimyasal özelliklerinin belirlenmesidir.

1.2. Yöntem

Açık literatürde doğal zeolitlere ilişkin yayınların izlenmesi ve derlenmesinde bir güçlük bulunmamaktadır. Ancak Türkiye'deki doğal zeolitlere ilişkin açık literatürdeki yayınlar oldukça sınırlıdır. Öte yandan Türkiye'deki doğal zeolit yataklarına ilişkin ya da bu yataklardan alınmış zeolit örnekleri kullanılarak yapılmış çalışmaların bir bölümü "kurum içi rapor" ya da "yayınlanmamış tez" durumundadır. Bu tür çalışmaların derlenmesi, bu çalışmaları yapan araştırmacıların görüşlerinin alınması, ve olabildiğince çeşitli doğal zeolit örneklerinin temini, araştırmanın ilk aşamasını oluşturmuştur. Türkiye'nin zeolit yataklarına ilişkin bilgiler Çizelge 3'de özetlenmiştir (DPT, 1992; Köktürk, 1995).

Öncelikle Türkiye'deki doğal zeolitlere ilişkin rapor, yayın ve örneklerin derlenmesinden sonra, bu zeolit örneklerinden teknolojik uygulama potansiyeli taşıyanlarının X-ışını kırınım desenleri, elektron mikrofotografı, ısı dayanıklılıkları, zeolit fazlarının saflığı ve varsa zeolit dışı fazlar, kimyasal bileşimleri vb. temel fiziksel ve kimyasal özellikleri belirlenmiştir. Bu çalışmalar rezerv büyüklüğü ve kullanım potansiyeli açısından Türkiye'nin en önemli zeolit kaynağı olan Batı Anadolu klinoptilolitleri üzerinde yoğunlaştırılmıştır.

1.3. Projenin Öneriye Uygunluğu

Proje önerisinde Türkiye'de zeolitlere ilişkin çalışmaların derlenmesi önemli bir yer tutmaktadır. Bu derleme raporun ikinci bölümünde, yapılan çalışmaların (a) yerbilimleri ağırlıklı, (b) zeolit karakterizasyonuna ilişkin ve (c) uygulamaya yönelik araştırmalar olarak sınıflandırılmış biçimiyle sunulmuştur.

Türkiye'de bilinen zeolit sahalarının işletme ruhsatlarını elinde bulunduran Etibank ve Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü ile yapılan işbirliğine ilişkin bilgiler raporun üçüncü bölümünde özetlenmiştir. Projenin en ağırlıklı bölümünü de, Etibank ve M.T.A. Enstitüsü ve diğer zeolit araştırmacılarından temin edilen örneklerin kimyasal ve fiziksel karakterizasyonuna ilişkin deneysel çalışmalar oluşturmaktadır ve raporun dördüncü bölümünde verilmiştir. Bu çalışmalar sonucu Türkiye'nin doğal zeolit kaynaklarının değerlendirilmesine ilişkin öneriler de raporun beşinci bölümünde verilmiştir.

Çizelge 1. Endüstriyel Kullanımı Olan Zeolit Türleri ve Özellikleri

Zeolit Türleri	Gözenek Boyutları, nm	SiO ₂ /Al ₂ O ₃ Mol Oranı
<u>Yapay Zeolitler</u>		
Zeolit A		
KA	0.3	2.0
NaA	0.4	2.0
CaA	0.5	2.0
Fojasit (X ve Y)		
Zeolit X	0.74	2.0-3.0
Zeolit Y	0.74	3.0-6.0
ZSM-5 ve Silikalit 1	(0.54x0.56)	10-∞
Zeolon (Mordenit)	(0.67x0.70)	10
ZSM-35 (Ferrierit)	(0.54x0.42),(0.48-0.35)	12-60
<u>Doğal Zeolitler</u>		
Klinoptilolit	(0.44x0.72),(0.41x0.47)	8.5-10.5
Mordenit	(0.67x0.70)	8.2-10
Çabazit	(0.36x0.37)	3.2-6
Erionit	(0.36x0.52)	5.8-7.5

Çizelge 2. Sedimanter Zeolit Oluşumları*

Kıta ve Ülke	Zeolit Türü	İşletilebilir Nitelikte Rezerv Sayısı**	Rapor Edilmiş Oluşum Sayısı***	Yeni kaynak Bulma Şansı
<u>AVRUPA</u>				
Almanya	Çabazit	1	2	İyi
Belçika	Lamontit	-	1	Zayıf
Bulgaristan	Klinoptilolit	2	3	Çok İyi
	Mordenit	-	1	İyi
	Analsim	-	1	Zayıf
	Natrolit	-	1	Zayıf
Çek ve Slovakya	Klinoptilolit	1	1	İyi
Danimarka	Klinoptilolit	-	1	Zayıf
Finlandiya	Lamontit	-	1	Zayıf
Franca	Klinoptilolit	-	3	İyi
İngiltere	Analsim	-	1	Zayıf
	Klinoptilolit	-	1	Zayıf
	Lamontit	-	1	Zayıf
İtalya	Çabazit	3	3	Çok İyi
	Filipsit	3	3	Çok İyi
	Analsim	-	1	İyi
İspanya	Klinoptilolit	-	1	Çok İyi
	Mordenit	-	1	İyi
İsviçre	Klinoptilolit	-	1	Zayıf
	Lamontit	-	1	Zayıf
Macaristan	Klinoptilolit	2	1	Çok İyi
	Mordenit	1		İyi
Polonya	Klinoptilolit	2		İyi
Romanya	Klinoptilolit	2		Çok İyi
Rusya (Sovyetler Birliği)	Klinoptilolit	3	3	Çok İyi
	Mordenit	2	2	Çok İyi
	Çabazit	-	1	İyi
	Analsim	-	2	İyi
	Lamontit	-	1	İyi
Türkiye	Klinoptilolit	2	2	Çok İyi
	Erionit	-	2	Çok İyi
	Çabazit	-	1	Çok İyi
	Analsim	-	2	Çok İyi
Yugoslavya	Klinoptilolit	3	2	Çok İyi
	Analsim	1	1	İyi
	Mordenit	1	1	Çok İyi
	Erionit	-	1	İyi
<u>AFRIKA</u>				
Angola	Klinoptilolit	-	1	İyi
Botswana	Klinoptilolit	-	1	İyi
Güney Afrika	Klinoptilolit	2		Çok İyi
	Analsim	-	1	Zayıf
Kenya	Filipsit	1	1	Çok İyi
	Erionit	1	1	Çok İyi
Kongo	Analsim	1		İyi
Kuzey Afrika	Analsim	1	1	İyi
	Mordenit	-	1	İyi
	Klinoptilolit	1		Çok İyi
Mısır	Hölandit	-	1	İyi

Tanzanya	Evionit	1		Çok iyi
	Çabazit	-	1	İyi
	Filipsit	1		Çok iyi
	Analsim	-	1	İyi
	Klinoptilolit	1	1	Çok iyi
<u>ASYA VE AVUSTRALYA</u>				
Avustralya	Klinoptilolit	-	2	İyi
	Analsim	-	1	İyi
Çin	Klinoptilolit	2	1	Çok iyi
İran	Klinoptilolit	1		Çok iyi
İsrail	Klinoptilolit		2	Çok iyi
Japonya	Klinoptilolit	3	3	Çok iyi
	Mordenit	3	3	Çok iyi
	Analsim	-	2	Zayıf
	Lamontit	-	3	Zayıf
Kore	Klinoptilolit	2	2	Çok iyi
Okyanusya	Lamontit	-	1	Zayıf
	Klinoptilolit	-	1	Çok iyi
Pakistan	Analsim	-	1	İyi
Yeni Zelanda	Analsim	-	2	İyi
	Klinoptilolit	2	2	İyi
	Mordenit	1	2	Çok iyi
	Lamontit	1	2	İyi
	Erionit	-	1	İyi
Tayvan	Klinoptilolit	1		Çok iyi
	Lamontit	-	1	Zayıf
	Analsim	-	1	Zayıf
<u>ANTARKTIKA</u>				
	Lamontit	-	1	Zayıf
	Filipsit	-	1	Zayıf
<u>GÜNEY AMERİKA</u>				
Arjantin	Klinoptilolit	2	2	Çok iyi
	Analsim	-	2	Çok iyi
	Lamontit	-	1	Zayıf
Şili	Klinoptilolit	-	1	Çok iyi
<u>KUZEY AMERİKA</u>				
Amerika Birleşik Devletleri	Klinoptilolit	12	31	
	Çabazit	4	7	
	Erionit	2	11	
	Mordenit	1	5	
	Filipsit	-	4	
	Analsim	-	3	
	Ferrierit	-	1	
Batı Hint Adaları	Wairakit	-	1	Zayıf
	Klinoptilolit	-	1	Çok iyi
Guatemala	Klinoptilolit	1	1	Çok iyi
Kanada	Lamontit	-	2	Zayıf
	Klinoptilolit	-	1	İyi
Küba	Klinoptilolit	2	1	Çok iyi
		1		Çok iyi
Meksika	Klinoptilolit	2	3	Çok iyi
	Mordenit	1	1	Çok iyi
	Analsim	-	1	İyi
	Erionit	1	1	Çok iyi
	Filipsit	-	1	İyi
Panama	Wairakit	-	1	Zayıf
	Klinoptilolit	-	1	Çok iyi

* Pond ve Mumpton, 1984; Hawkins, 1984; Clifton, 1987; Roskill, 1990

** İşletilen ya da potansiyel olarak işletilebilecek kalite ve büyüklükte maden sayısı

*** Bölgenin jeolojik yapısı temelinde tahmin

Çizelge 3. Türkiye'nin Zeolit Yatakları*

Zeolit Yatakları	Zeolit Türü
Balıkesir, Bigadiç	Klinoptilolit
Emel, Yukarı Yoncağaç	Klinoptilolit
Kütahya, Şaphane	Klinoptilolit
Gediz-Hisarcık	Klinoptilolit
Karamürsel	Klinoptilolit
Manisa, Gördes	Klinoptilolit
Manisa, Soma, Kırka	Klinoptilolit
M.Kemalpaşa, Bükköy, Fındıcak	Klinoptilolit
İzmir, Urla	Klinoptilolit
Ankara, Ahiboz	Analsim
Bahçecik, Gölpazarı, Göynük	Analsim
Kalecik, Hasayaz, Çandır, Şabanözü	Analsim
Polatlı, Mülk, Oğlakçı, Ayaş	Analsim
Nallıhan, Çayırhan, Beyyazarı, Mihaliççik	Analsim
Nevşehir (Tuzköy, Karain, Sarıhıdır)	Erionit Çabazit Klinoptilolit Mordenit

*DPT, 1992; Köktürk, 1995

II. TÜRKİYE'DE ZEOLİTLERE İLİŞKİN ÇALIŞMALARIN DERLENMESİ

Bu projenin önemli bir aşamasını Türkiye'deki doğal zeolitlere ilişkin, açık literatüre girmemiş yayınların/çalışmaların derlenmesi ve kritik bir değerlendirmesi oluşturmaktadır. Bu çalışmaların önemli bir bölümü "kurum içi rapor" ya da "yayınlanmamış tez" niteliğindedir. Etibank Genel Müdürlüğü AR-GE dairesi, M.T.A. Genel Müdürlüğü ve değişik üniversitelerimizde zeolitler üzerine çalışmaları bulunan araştırmacılarımızla yapılan görüşmeler sonucu, bu tür belgeler çok geniş ölçüde elde edilmiştir. Bu tür araştırma raporları, açık literatüre geçmiş çalışmalarla birleştirilerek Türkiye zeolitlerine ilişkin derleme, sınıflandırma ve değerlendirme yapılmıştır. Türkiye zeolitlerine ilişkin bu çalışmalar,

1. Yerbilimleri ağırlıklı çalışmalar,
2. Zeolit karakterizasyonuna ilişkin çalışmalar,
3. Uygulamaya yönelik araştırmalar

başlıkları altında sınıflandırılmıştır.

2.1. Yerbilimleri Ağırlıklı Çalışmalar

Türkiye'de jeolojik araştırmalarla varlığı kanıtlanmış zeolit oluşumları Balıkesir-Kütahya arasında Bigadiç, Emet, Şaphane, Gediz ve Gördes'te bulunan klinoptilolit/hölandit oluşumlarıyla, Ankara'nın batısında analsim türü zeolit ve Kapadokya yöresi zeolit oluşumlarıdır. Türkiye'nin zeolit yatakları ve türleri Çizelge 3'de özetlenmiştir. Türkiye zeolitlerine ilişkin yerbilimleri ağırlıklı çalışmaların kaynakları Çizelge 4'de verilmiştir.

Jeolojik bulgulara göre önem taşıyan zeolit oluşumları, Batı Anadolu klinoptilolitleridir. Bunlardan Balıkesir-Bigadiç yöresindekiler Etibank'ın bor işletmeleri alanında bulunmaktadır. Manisa-Gördes klinoptilolit yatağı da M.T.A. Enstitüsünün ruhsatı altındadır.

Analsim bir zeolit olmakla birlikte "molekül eleği" özelliği taşımamaktadır ve şimdiye değin analsimin teknolojik bir kullanımı olmamıştır. Analsimle ilgili çalışmaların yerbilimleri açısından önemi olmakla birlikte, analsimin uygulama açısından önem taşıdığı söylenemez.

Klinoptilolit ve analsime ek olarak Nevşehir bölgesinde erionit, çabazit, klinoptilolit ve mordenit içeren zeolit oluşumlarına ilişkin çalışmalar vardır ve bu zeolit oluşumları, içerdikleri lifli yapıdaki erionitin neden olduğu sağlık sorunlarıyla (mesethelioma) ilgili olarak Türkiye'de ve uluslararası literatürde önemli yankılar yapmıştır.

2.2. Zeolit Karakterizasyonuna İlişkin Çalışmalar

Türkiye'deki doğal zeolitlerin fiziksel ve kimyasal özelliklerinin belirlenmesine yönelik çalışmalar oldukça sınırlıdır. Türkiye zeolitlerinin özelliklerine ilişkin bilgiler, uygulamaya yönelik hedefleri olan çalışmalarda kullanılan zeolitin özelliklerine ilişkin çoğu kez yeterli ölçüde olmayan karakterizasyon çalışmalarından kaynaklanmaktadır. Ağırlığı zeolit özelliklerinin belirlenmesi yönünde olan çalışmalar Çizelge 5'de "Türkiye Zeolitlerinin Karakterizasyonuna İlişkin Çalışmalar" olarak verilmiştir.

2.3. Uygulamaya Yönelik Araştırmalar

Türkiye'nin doğal zeolitlerinin uygulamaya yönelik değerlendirmeleri arasında atık su arıtıma (Gündoğdu vd., 1968; Güray vd., 1988; İnel vd., 1991; Ülkü, 1984), gaz adsorpsiyonu ve gaz ayırma (Altav vd., 1994; Bülbül vd., 1994; Ülkü vd., 1991), güneş enerjisinden zeolitler aracılığıyla yararlanma (Aydemir ve Yörükoğulları, 1987; Ülkü, 1980; Ülkü vd., 1986), deterjanlarda zeolitlerin kullanılabilirliği (Saracoğlu ve Çulfaz, 1994) ve zeolitlerin yem katkı maddesi olarak denenmeleri (Çolpan vd., 1986; Yalçın vd., 1987) sayılabilir. Çizelge 6'da "Türkiye Zeolitleri Kullanılarak Yapılmış Uygulamaya yönelik Çalışmalar"ın kaynaklar listesi verilmiştir. Kullanılan zeolitin yeterince tanıtılmadığı bazı çalışmalardan (Aydemir ve Yörükoğulları, 1987; Çolpan vd., 1986; Yalçın vd., 1987), zamanla kullanılan zeolitin karakterize edilmesi için çaba gösterilen çalışmalara geçildiği görülmektedir.

Çizelge 4. Türkiye Zeolitlerine İlişkin Yerbilimleri Ağırlıklı Çalışmalar

Ataman, G., "Türkiye'de Yeni Bir Analsim Oluşuğu ve Zeolitli Serilerle Plaka Tektoniği Arasındaki Muhtemel İlişkiler", Yerbilimleri, 1, 9-23 (1976).

Ataman, G., "Batı Anadolu Zeolit Oluşumları", Yerbilimleri, 3, 85-94 (1977).

Ataman, G., Gündoğdu, N., "Kuzey Orta Anadolu Sedimanter Sistemlerinde Zeolit Oluşumlarının Araştırılması", Doğa, Temel Bil., 4, 15-20 (1980).

Ataman, G., Gündoğdu, N., "Anadolu Tersiyerinde Analsimli Zonlar ve Bunların Jeolojik Konumu", Yerbilimleri, 7, 9-14 (1981).

DPT, "Endüstri Mineralleri Alt Komisyon Raporu", Altıncı Beş Yıllık Kalkınma Planı, DPT : 2300-ÖİK : 407 (1992).

Esenli, F., "Zeolitik Diajenez ve Bu Süreçteki Kimyasal Olaylar : Dünyadan ve Türkiye'den Örnekler", İ.T.Ü. Dergisi, 48(1), 69-76 (1990).

Esenli, F., "Gördes Çevresindeki Zeolitli Tüflerde Hoylandit-Klinoptilolit Miktarlarının X-Işınları Difraksiyonu ile Kantitatif Tayini", Jeoloji Mühendisliği Dergisi, 42, 42-49 (1993).

Esenli, F., "Gördes Neojen Havzasının Asidik Tüflerinde Zeolitleşme ile (Hoylandit-Klinoptilolit Tip) Meydana Gelen Kimyasal Değişimler", Türkiye Jeoloji Bülteni, 36 (2), 37-44 (1993).

Esenli, F., Özpeker, I., "Gördes Çevresindeki Neojen Havzanın Zeolilit Diyajenezi ve Hoylandit-Klinoptilolitlerin Mineralojisi", Türkiye Jeoloji Kurultayı Bülteni-8, Ankara (1993), pp: 1-8.

Göktekin, A., "Bigadiç Tülü Ovası Zeolitlerinin Teknolojik Özelliklerinin Araştırılması", İstanbul Teknik Üniversitesi Yerbilimleri ve Yeraltı Kaynakları Uygulama Araştırma Merkezi, İstanbul (1989).

Kumbasar, I., Uz, B., Esenli, F., Manav, H., "Etibank Kestelek (Mustafa Kemal Paşa - Bursa) Kolemanit İşletmesi ve Çevresindeki Zeolitlerin Araştırılması", İstanbul Teknik Üniversitesi Yerbilimleri ve Yeraltı Kaynakları Uygulama Araştırma Merkezi, Proje No.:Y.B.Y.K. ETB.84-01, İstanbul (1985).

Türkbileği, H., “İzmir (Cumaovası, Urla, Çeşme, Karaburun) ve Manisa (Gördes, Akhisar) Zeolit Yatakları Maden Jeolojisi Raporu”, M.T.A. (1988).

Türkbileği, H., “Manisa Gördes Fındıcak Ar: 36042 No’lu Zeolit Yatağının Maden Jeolojisi Raporu”, M.T.A. (1990).

Yılmaz, Ş., “Nevşehir İli ve Civarının Zeolit Aramaları Prospeksiyon Raporu”, M.T.A. (1991).

Çizelge 5. Türkiye Zeolitlerinin Karakterizasyonuna İlişkin Çalışmalar

Çandar, V., “Bigadiç Doğal Klinoptilolitlerinin Katalitik Özelliklerinin İncelenmesi”, Doktora Tezi, İ.T.Ü. Kimya Mühendisliği Bölümü (1986).

Erdem-Şenatalar, A., Sirkecioğlu, A., Güray, İ., Esenli, F., Kumbasar, I., “Characterization of the Clinoptilolite-rich Tuffs of Bigadiç: Variation of the Ion-Exchange Capacity with Pretreatments and Zeolite Content”, Proc. of the 9 th Int. Zeolite Conference, Vol.2, ed: von Ballmoos, J.B., Higgins, M.M.J., Butterworth-Heinemann, Princeton (1993), pp:223-231.

Esenli, F., “Hoylandit - Klinoptilolit Ayrımında Yeni Bir Bulgu : I (d = 5.11 Å) / I (d = 5.24 Å) Oranı”, İ.T.Ü. Dergisi, 50(2), 1-6 (1992).

Esenli, F., “Gördes Çevresindeki Zeolitli Tüflerde Hoylandit-Klinoptilolit Miktarlarının X-Işınları Difraksiyonu ile Kantitatif Tayini”, Jeoloji Mühendisliği Dergisi, 42, 42-49 (1993).

Esenli, F., Özpeker, I., “Gördes Çevresindeki Neojen Havzanın Zeolilit Diyajenezi ve Hoylandit-Klinoptilolitlerin Mineralojisi”, Türkiye Jeoloji Kurultayı Bülteni-8, Ankara (1993), pp:1-8.

Esenli, F., Kumbasar, I., “Thermal Behaviour of Heulandites and Clinoptilolites of Western Anatolia”, in “Zeolites and Related Microporous Materials : State of the Art 1994”, ed : Weitkamp, J., Karge, H.G., Pfeifer, H., Hölderich, W., Elsevier, Amsterdam (1994), pp:645-651.

Göktekin, A., “Bigadiç Tülü Ovası Zeolitlerinin Teknolojik Özelliklerinin Araştırılması”, İstanbul Teknik Üniversitesi Yerbilimleri ve Yeraltı Kaynakları Uygulama Araştırma Merkezi, İstanbul (1989).

Köktürk, U., Yılmaz, H., Baykal, A., “Bigadiç Zeolitlerinde X-Işını Mikroprob Cihazı ile Belirlenen Kanserojen Lifsi Yapılaşmalar”, Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu”, ed : Köse ve Kızıl, İzmir (1995), pp:303-311.

Sirkecioğlu, A., Esenli, F., Kumbasar, I., Even, R.H., Erdem-Şenatalar, A., “Mineralogical and Chemical Properties of Bigadiç Clinoptilolite”, Proc. Int. Earth Science Congress on Aegean Regions (IESCA), Vol.1, eds:Savaşçı, M.Y., Eronat, A.H., İzmir (1991), pp : 291-301.

Sirkecioğlu, A., Erdem-Şenatalar, A., “Bigadiç Klinoptiloliti Rezervi İçin rneklerin Zeolit İçeriklerini Belirlemede Kullanılabilecek Pratik Bir Yöntem”, 1. Ulusal Kimya Mühendisliği Kongresi Tebliğ Kitabı, Vol.1, ed: Tiryaki, A., O.D.T.., Ankara (1994), pp : 491-499.

Yücel, H., ulfaz, A., “Batı Anadolu Doğal Klinoptilolitlerinin Karakterizasyonu ve Karbon Dioksit Tutma zellikleri” TBTAK, Proje No.: MAG 624 (1984).

Yücel, H., ulfaz, A., “Yerel ve Doğal Klinoptilolit Zeolitinin Fiziksel ve Kimyasal zellikleri”, Doğa Bilim Dergisi, B (9), 288-296 (1985).

Yücel, H., ulfaz, A., “Characterization of Clinoptilolites of Western Anatolia”, in “Occurrence, Properties and Utilization of Natural Zeolites”, ed : Kallo, D., Sherry, H.S., Akademeai Kiado, Budapest (1988), pp: 99-108.

Çizelge 6. Türkiye Zeolitleri Kullanılarak Yapılmış Uygulamaya Yönelik Araştırmalar

Altav, Y., Sirkecioğlu, A., Erdem-Şenatalar, A., “Bigadiç Klinoptiloliti ile H₂S ve SO₂ Adsorpsiyonu”, 1. Ulusal Kimya Mühendisliği Kongresi Tebliğ Kitabı, Vol.1, ed : Tiryaki, A., O.D.T.Ü., Ankara (1994), pp:84-93.

Aydemir, A., Yörükoğulları, E., “Güneş Enerjisinin Zeolite Depo Edilmesi”, TÜBİTAK, Proje No.: MAG 605 (1987).

Bülbül, İ., Atalay, Ç., Tantekin-Ersolmaz, S.B., Erdem-Şenatalar, A., “Zeolit Katkılı Polimerik Membranlar ile Gaz Ayırma”, 1. Ulusal Kimya Mühendisliği Kongresi Tebliğ Kitabı, Vol.1, ed: Tiryaki, A., O.D.T.Ü., Ankara (1994), pp:461-481.

Çandar, V., “Bigadiç Doğal Klinoptilolitlerinin Katalitik Özelliklerinin İncelenmesi”, Doktora Tezi, İ.T.Ü. Kimya Mühendisliği Bölümü (1986).

Çolpan, İ., Yalçın, S., Çetin, O., Gündoğdu, N., “Farklı Düzeylerde Zeolit İçeren Rasyonların Merinos Kuzularında Besi Performansı, Karkas Özellikleri ile Bazı Kan ve Rumen Sıvısı Metabolitleri Üzerine Etkisi”, TÜBİTAK, Proje No.: VHAG-616 ve Doğa Bilim Dergisi, D1, 10, (1986), pp:32-44.

Gündoğdu, M.N., Temel, A., Öner, F., Demir, T., Baysal, O., “Bigadiç Zeolitli Tüflerinin Bazı Ağır Metal Katyonlarının Atık Sulardan Arıtımında Kullanımı”, Çevre, 5, 3-7 (1988).

Güray, İ., Tarhan, Ş.E., Kocasoy, G., Erdem-Şenatalar, A., “An Attempt for the Removal of Heavy Metals from Wastewaters by Natural Zeolites”, Proc. Int. Conf. on Environmental Problems, ed : Curi, K., İstanbul (1991), pp:160-169.

İnel, O., Yörükoğulları, E., Orhun, Ö., Albayrak, F., “Adsorption of Some Heavy Metals on Zeolitic Tuffs”, Chimica Acta Turcica, 19, 77-83 (1991).

Jama, M.A., “Equilibrium Study of Ammonium Ion Exchange by Clinoptilolite”, Y.Lisans Tezi, O.D.T.Ü., Kimya Mühendisliği Bölümü (1988).

Jama, M.A., Yücel, H., “Equilibrium Studies of Sodium-Ammonium, Potassium-Ammonium and Calcium-Ammonium Exchanges on Clinoptilolite Zeolite”, Separation Science and Technology, 24 (15), 1393-1416 (1989).

Kurama, H., Kaya, M., “Doğal Klinoptilolit İyon Değişim Özellikleri Pb⁺⁺, Cu⁺⁺, Cd⁺⁺, Hg⁺⁺/Na⁺ Dengesi”, Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu”, ed : Köse ve Kızıl, İzmir (1995), pp:313-321.

Orhun, Ö., Yörükoğulları, E., Ünalı, T., “Doğal Zeolit (Klinoptilolit) Katyon Değişim Kapasitesinin Tayini”, V.Ulusal Kil Sempozyumu Bildiriler Kitabı, ed: Zor, M., Anadolu Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi Yayınları; No.25, Eskişehir (1991), pp: 219-226.

Saraçoğlu, N., Çulfaz, M., “Batı Anadolu Klinoptilolit Zeolitlerinin Deterjanlarda Fosfatlar Yerine Kullanılabilirliğinin Araştırılması”, TÜBİTAK, Proje No.:KTÇAG-75 (1994).

Sirkecioğlu, A., Güray, İ., Erdem-Şenatalar, A., “Ön İşlemlerin Bigadiç Klinoptilolitinin NH₄⁺ Değişirme Kapasitesi Üzerindeki Etkileri”, 8. Kimya-Kimya Mühendisliği Sempozyumu Kitabı, ed: Aydın, A., İstanbul (1992), pp : 97-100.

Sirkecioğlu, A., Altav, Y., Erdem-Şenatalar, A., “Adsorption of H₂S and SO₂ on Bigadiç Clinoptilolite”, Separation Science and Technology, 30 (13), 2747-2762 (1995).

Ülkü, S., “Applications of Natural Zeolites in Water Treatment”, Türk-Alman Çevre Sempozyumu, C-26 (1984).

Ülkü, S., Nikham, S., Değirmen, E., “Güneş Enerjisinden Faydalanarak Doğal Zeolitlerin Kullanımı ile Isıtma ve Soğutma”, Isı Bilim ve Tekniği, 8 (4), 13-20 (1986).

Ülkü, S., Beba, S., Kıvrak, Z., Seyrek, B., “Enerji Depolama ve Hava Kurutmada Doğal Zeolitlerden Yararlanma”, Isı Bilim ve Tekniği, 8 (4), 23-28 (1986).

Ülkü, S., “Natural Zeolites in Energy Storage and Heat Pumps”, in “New Developments in Zeolite Science and Technology”, Kodansha-Elsevier, Amsterdam (1980), pp:1047-1054.

Ülkü, S., Balköse, D., Baltacıoğlu, H., Özkan, F., Yıldırım, A., “Natural Zeolites in Air Drying”, Drying Technology, 10,(2), 475-490 (1991).

Ülkü, S., Balköse, D., “Adsorption of Methylene Blue on PVC-DOP- Natural Zeolite Composites”, in “The Interfacial Interactions in Polymeric Composites”, Kluwer Academic Publishers, London (1993), pp:439-440.

Yalçın, S., Ergün, A., Çolpan, İ., Küçükkersan, K., “Zeolitin Yumurta Tavukları Üzerindeki Etkileri”, Lalahan Hayvancılık Araştırma Enstitüsü Dergisi, 27, 28-49 (1987).

III. ETİBANK VE M.T.A. İLE YAPILAN İŞBİRLİĞİ

Doğal zeolitlerin değişik tür ve özelliklerde malzemeler olduğu, aynı tür zeolitin değişik yataklardan alınan örneklerinin bazı özelliklerinin farklılık gösterebildiği, ayrıca aynı yataktan alınan bir tür zeolitin bile doğal malzeme olmasından kaynaklanan nedenlerle farklı özelliklerde olabildiği bilinmektedir. Bu nedenlerle kaynağı ve özellikleri iyi tanımlanmamış doğal zeolit örnekleriyle yapılan ve uygulamaya yönelik hedefler taşıyan araştırmalar, laboratuvar çapında olumlu sonuçlar verseler de, gerek kullanılan malzemenin büyük çapta kullanım için eşdeğer nitelikte sağlanmasının güçlüğü, gerekse laboratuvar sonuçlarının tekrarlanabilirliği açısından sorun yaratmaktadır. Bu sakıncalar, doğal zeolitlerin potansiyel kullanıcıları açısından kabul edilemeyecek ekonomik ya da teknolojik risk olarak kabul edilmektedir.

Türkiye'deki en önemli zeolit kaynaklarının işletme hakkına Etibank sahip bulunmaktadır. Sadece Bigadiç yöresindeki klinoptilolitlerin 1.3 milyar ton rezervi bulunmaktadır (Roskill, 1990). Rezervin önemli bir bölümü açık işletme yöntemleriyle çıkarılabilecek durumdadır. Etibank'ın kolemanit cevheri işletme alanında, bor cevherleri olan kolemanit ve üleksit damarlarının üzerinde örtü tabakası olarak klinoptilolit zeoliti bulunmaktadır. Kolemanit ve üleksit üretimi sırasında bu bor cevherlerinin üst borat düzeyi üzerindeki zeolit, dekapaj malzemesi olarak döküm sahasına boşaltılmaktadır.

Bigadiç yöresindeki zeolitler üstün kalitede klinoptilolittir. Etibank ARGE birimi ile yaptığımız olumlu bir işbirliği sonucu Etibank Genel Müdürlüğü için yaptırılan kurum destekli proje raporlarını (Kumbasar ve diğ., 1985; Göktekin, 1989; Gündoğan ve diğ., 1991) değerlendirme olanağını bulduk. Ayrıca Etibank'ın Bigadiç klinoptilolit rezervinden üretilerek yığılanmış klinoptilolit örneğinden pilot çapta uygulamalara yetecek ölçüde temsili örnekler getirttik (CLI-11 ve CLI-40). Bu örneklerle ilgili çalışmalar raporumuzun "Deneysel Çalışmalar" başlıklı 4. bölümde verilmiştir.

Bu arada, M.T.A. Enstitüsünden de zeolit örnekleri temin edilmiştir. Manisa-Soma Kırka bölgesinden getirtilen klinoptilolit örneği (CLI-20) ile ilgili çalışmalar Bölüm 4'de verilmiştir. M.T.A. Enstitüsüne ruhsat hakkının devri için ihale açılan Manisa'nın Gördes ilçesi Molla Hüseyin mevkiindeki

zeolit yatağına ilişkin bilgi ve örnek alınmasına çalışılmıştır. (Hasan Baş, M.T.A. Enstitüsü, Maden Etüd ve Aroma Dairesi, Yapı Malzemesi Proje Yöneticisi, özel görüşme). Bu raporun Ek 3 bölümünde verilen ruhsat ihalesi ilanında mevkii ve rezervi (17,931,375 ton) belirtilerek % 90 zeolit minerali olduğu ifade edilen bu sahadaki zeolitin M.T.A. Enstitüsünde yapılan çalışmada hölandit olarak belirlendiği, aynı saha için dış kurumların hazırladığı raporlarda (Hacettepe Üniversitesi ve Japonya) ise klinoptilolit bulunduğu belirtilmiştir.

Doğal klinoptilolit ve hölanditin aynı kristal yapıya sahip oldukları ve bu iki tür zeolitin X-ışını kırınım diyagramları aracılığıyla birbirlerinden ayıramayacağı bilinmektedir. Bu durumu açıklamak amacıyla iki hölandit örneğiyle biri bu çalışmada da kullanılan üç klinoptilolit örneğinin X-ışını kırınım diyagramları Şekil 1'de gösterilmiştir. Klinoptilolit ile hölandit arasındaki ayrımı yapabilmek için ısı dayanıklılık testleri ve kimyasal bileşim ölçümlerinin yapılması gerekmektedir (Mumpton, 1960; Mason ve Sand, 1960; Gottardi ve Galli, 1985). Bu çalışmaların sonuçları raporun "Deneysel Çalışmalar" başlıklı 4. bölümünde verilmiş ve örneklerin tümünün ısı dayanıklılığı yüksek klinoptilolit türü zeolit oldukları gösterilmiştir.

M.T.A. Enstitüsünden Gördes sahası ile ilgili olarak "Gördes, Oğulduruk köyü, Aynaalan tepesi" (CLI-30) örneğinin klinoptilolit de içeren, ancak dolomitçe zengin bir cevher olduğu görülmüştür.

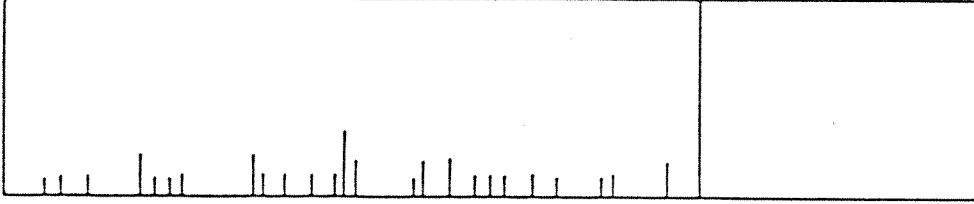
Türkiye'nin doğal zeolitlerini kullanarak yapılan araştırmaların derlenmesi sonucu, araştırmacıların yeterince karakterize edilmiş, gerektiğinde yeniden getirilebilen doğal zeolit örnekleri sağlamakta güçlükleri olduğu görülmüştür. Potansiyel kullanıcıların da, oldukça sofistike olabilen doğal zeolit özelliklerini belirleme çalışmalarından kaçındıkları ya da bu çalışmalarını kendi kurumlarında yapabileceği olanaklarının bulunmadığı görülmektedir.

Bu nedenlerde, doğal zeolit sahalarının işletme ruhsatını elinde bulunduran Etibank ve M.T.A. Enstitüleri tarafından, fason üretim ile değişik yörelerin doğal zeolitlerinden kırılmış/öğütülmüş/sınıflandırılmış araştırma ve pilot uygulama malzemelerinin hazırlanması uygun olacaktır. Bu malzemeler için başlangıçta malzemenin adının ve elde edildiği yörenin belirtilmesiyle sınırlı tutulsa da, zamanla X-ışını kırınım desenleri, kimyasal

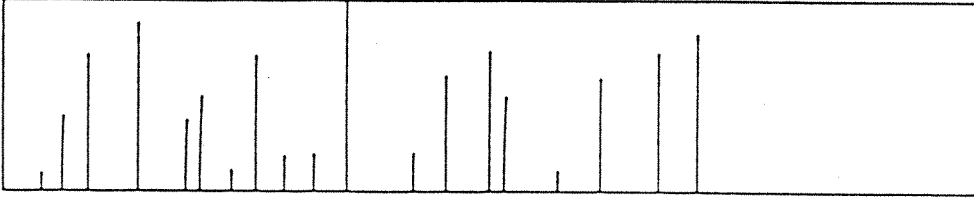
bileşimleri, mikrofotografları vb. özelliklerinin eklenmesiyle genişletilebilecek Veri Yaprakları (Data Sheets) düzenlenmesi yararlı olacaktır. Bu konuya ilişkin olarak "Minerals Research" firmasının referans zeolitler ile ilgili örnek bankasını tanıtan bir sayfanın kopyası Ek 1'de verilmiştir.

Ayrıca, M.T.A. Enstitüsünün hangi tür zeolit olduğu belirtilmeksizin ruhsat hakkının devri için ihale açtığı Gördes zeolitlerine ilişkin bilgi edinmede karşılaştığımız türde zorlukların önlenmesi için, örnek bir zeolit sahası tanıtım bilgisi Anaconda Minerals Company, Ash Meadows, Nevada klinoptilolit yatakları için temin edilmiştir. Bu zeolit sahasını tanımlayıcı özet veri yaprağı ve harita örnek teşkil edecek nitelikte görülmektedir ve Ek 2'de verilmiştir. M.T.A. Enstitüsünün ruhsat haklarının devri için ihaleye çıktığı ve aralarında Manisa, Gördes zeolit sahasının da bulunduğu duyuru da Ek 3'de verilmiştir.

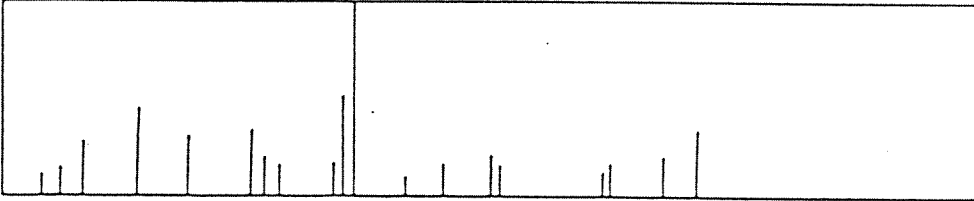
Hölandit (Mumpton)



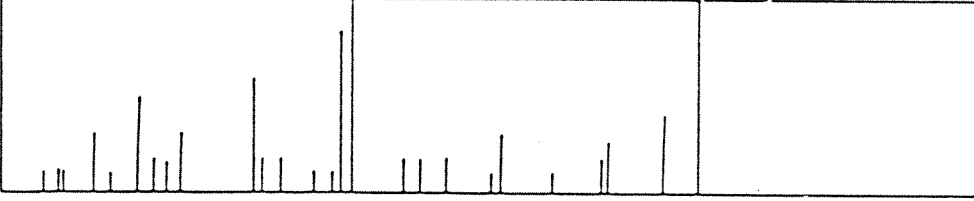
Hölandit (Merkle ve Slaughter)



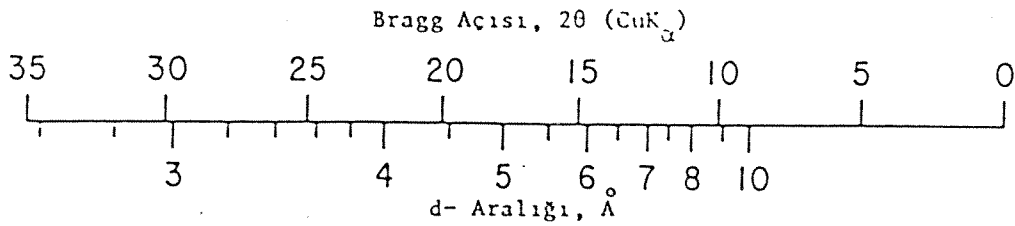
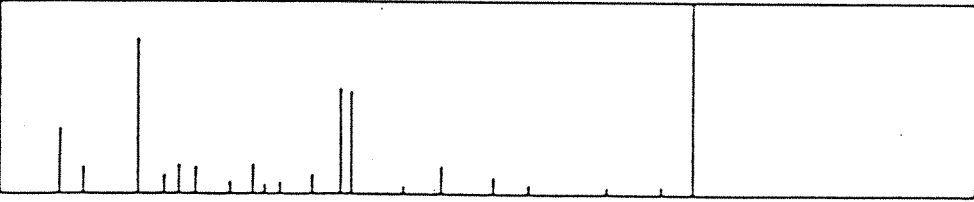
Klinoptilolit (Çulfaz ve Yücel, Bigadiç, CLI-6)



Klinoptilolit (Mumpton)



Klinoptilolit (Wise, Nokleberg, Kokinos)



Şekil 1. Bazı Doğal Klinoptilolit ve Hölandit Örneklerinin Karşılaştırmalı X-Işını Kırınım Desenleri

IV. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

4.1. Temin Edilen Doğal Zeolit Örnekleri ve X-Işını Kırınım Diyagramları

Bu çalışmada İ.T.Ü. Kimya Mühendisliği ve Jeoloji Mühendisliği Bölümleri ile ilişki kurularak burada geçmiş çalışmalarda kullanılan onbeş zeolit örneği (Laboratuvar Kod No.: AES-2, AES-3, ..., AES-16), Hacettepe Üniversitesi Yerbilimleri Bölümünden temin edilen bir zeolit örneği (Laboratuvar Kod No.: CLI-6), Etibank Genel Müdürlüğünden temin edilen iki zeolit örneği (Laboratuvar Kod No.: CLI-11 ve CLI-40) ile M.T.A. Genel Müdürlüğünden temin edilen iki örnek (Laboratuvar Kod No.: CLI-20 ve CLI-30) kullanılmıştır.

M.T.A. Genel Müdürlüğünden temin edilen örneklerin dışındaki diğer zeolit örneklerinin tümü, Batı Anadolu'da Bigadiç yöresinde bulunan klinoptilolitçe zengin tüfleri temsil etmektedir.

Bu örneklerin tümünün X-ışını desenleri Philips PW 1729 X-ışını difraktometresi, Ni ile filtre edilmiş CuK_α ışını kullanılarak elde edilmiştir.

Bigadiç sahasında zeolit oluşumunu inceleyen çalışmalardan kaynaklanan (A.Sirkecioğlu vd., 1990; A.E.Şenatalar vd., 1992) onbeş örneğin X-ışını kırınım diyagramları Şekil 2-5'de verilmiştir. Bu örneklerin klinoptilolit içeriği % 50-100 arasında değişmektedir.

Hacettepe Üniversitesi Yerbilimleri Bölümünden temin edilen örnek, Batı Anadolu zeolit oluşumları üzerine yapılan ilk ve temel yer bilimi çalışmasından (G.Ataman, 1979) kaynaklanmaktadır. Bu sahadan özellikle seçilmiş kalitedeki klinoptilolit örneğine (CLI-6) ilişkin X-ışını kırınım diyagramı Şekil 6'da verilmiştir.

Etibank Bigadiç Kolemanit işletmesinden kütle halinde getirilen klinoptilolit örneğinin (kod N.: CLI-11) X-ışını kırınım diyagramı Şekil 7'de gösterilmiştir. Bu örnekten kırma ve eleme ile üretilen dört ayrı boyut fraksiyonunun (CLI-11-A: +3.15 mm; CLI-11-B: 1.6-3.15 mm; CLI-11-C: 0.63-1.6 mm; CLI-11-D: -0.63 mm) kimyasal analizleri yapılmış ve Şekil 8'de gösterilen X-ışını kırınım diyagramları elde edilmiştir. Aynı klinoptilolit örneğinin değişik boyut fraksiyonlarının gerek X-ışını kırınım desenlerinin, gerekse kimyasal analizlerinin deney hata sınırları içersinde eşdeğer

olmalarına dayanılarak, bu büyük miktarda örneği getirtilerek değişik çalışmalarda kullanılan klinoptilolit örneğinin homojen yapıda olduğu görülmektedir. Aynı işletmeden daha sonra ayrı bir parti olarak getirtilen klinoptilolit örneğinin (Kod No: CLI-40) benzer saflıkta ve kimyasal bileşimde olduğu görülmüştür. Bu örneğin X-ışını kırınım diyagramı da Şekil 9'da verilmiştir.

M.T.A. Genel Müdürlüğünden temin edilen iki zeolit örneğinden Manisa-Soma-Kırka yatağından alınan örneğin (Laboratuvar Kod No: CLI-20) de üstün saflıkta klinoptilolit olduğu görülmüştür. Bu örneğin X-ışını kırınım diyagramı da Şekil 10'da gösterilmiştir. M.T.A. Genel Müdürlüğünden Gördes yöresi klinoptilolit örneği olarak alınan ve dolomitçe zengin ve ancak ihmal edilecek ölçüde klinoptilolit içeren örneğin (CLI-30) X-ışını kırınım diyagramı ise Ek 4'de verilmiştir. Bu örnekle ilgili kimyasal analiz sonuçları da Ek 4'de görülebilir.

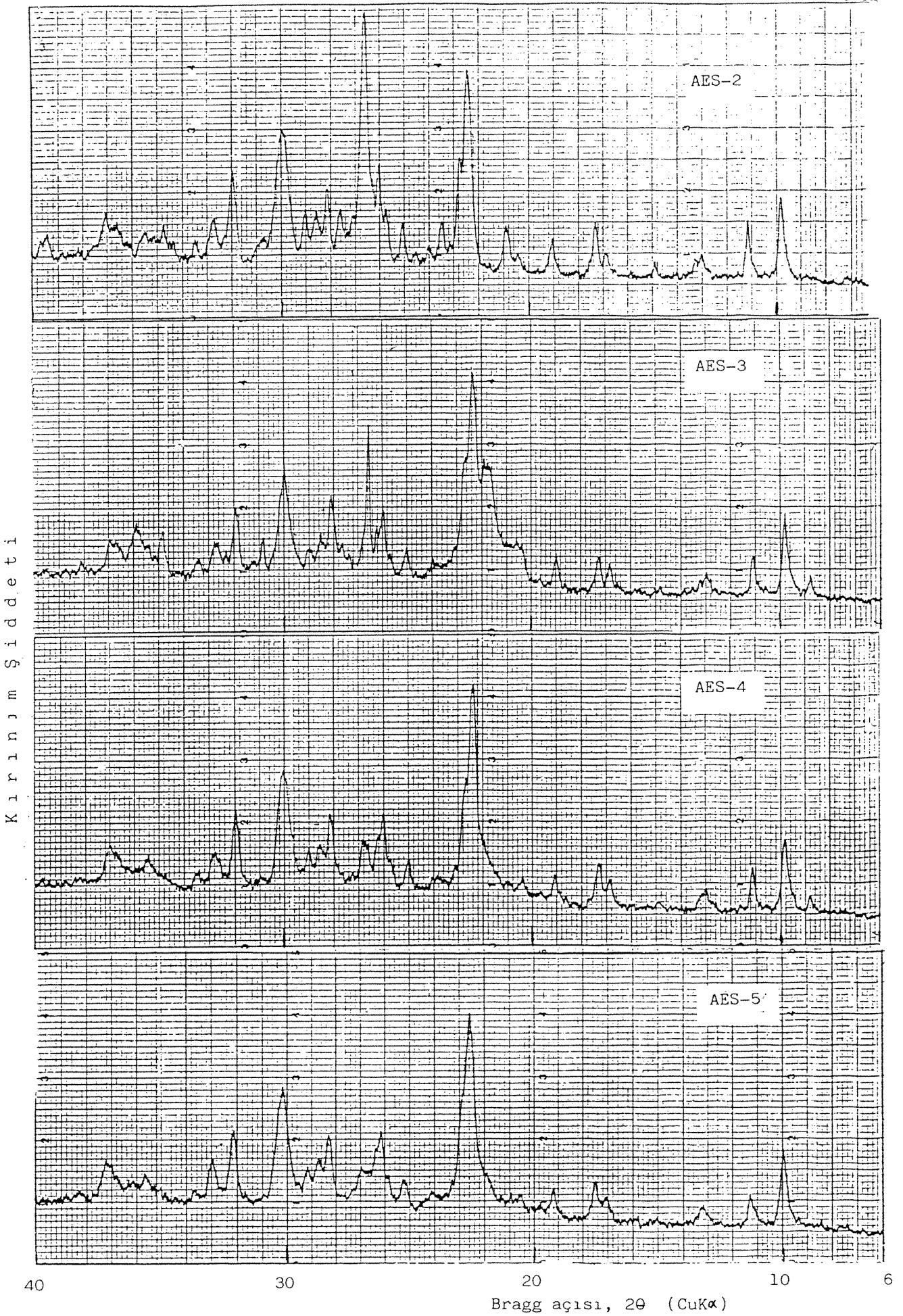
X-ışını kırınım diyagramları temelinde % 90 üzerinde klinoptilolit içeren ve tanımlanabilecek düzeyde klinoptilolit dışı kristal faz içermeyen üçü Bigadiç yöresinden (CLI-6, CLI-11 ve CLI-40) ve biri Manisa yöresinden (CLI-20) toplam dört klinoptilolit örneğinin karşılaştırılmalı X-ışını kırınım diyagramları da Şekil 11'de verilmiştir. Kimyasal analizler ve diğer fiziksel karakterizasyon çalışmaları, bu klinoptilolitçe zengin zeolit örnekleri üzerinde yapılmıştır.

4.2. Kimyasal Analizler

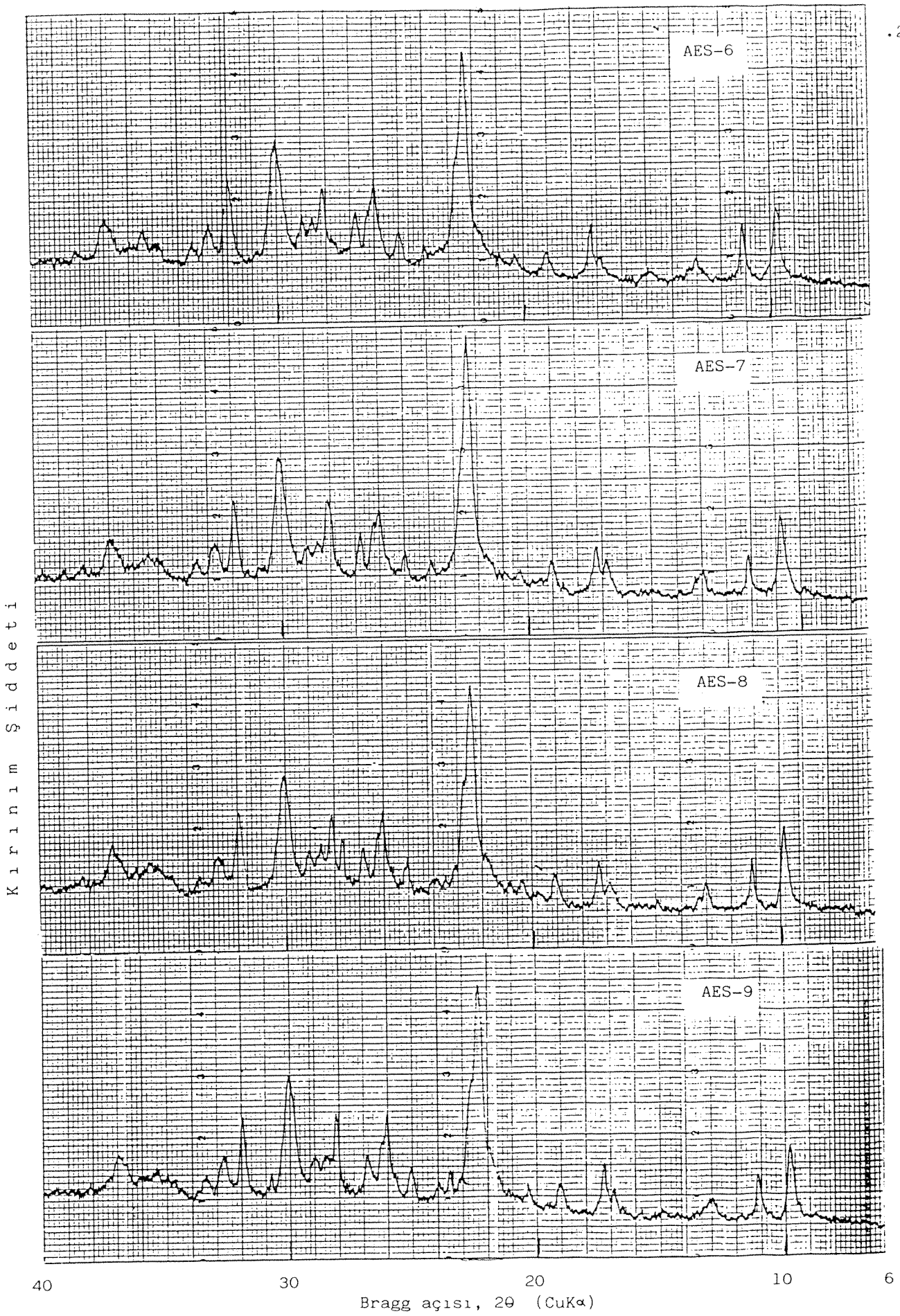
Klinoptilolit örneklerinin kimyasal analizleri silikat minerallerinin kimyasal analizinde kullanılan klasik yaş yöntemler ile yapılmıştır (Easton, 1972).

Etibank Bigadiç Kolemanit İşletmesinden büyük parti halinde getirtilen klinoptilolit örneğinden (CLI-11) kırma ve eleme ile üretilen dört ayrı boyut fraksiyonunun kimyasal analizi Çizelge 7'de gösterilmiştir. Bu analizler, Şekil 8'de verilen X-ışını kırınım desenleri ile birlikte değerlendirildiğinde klinoptilolit örneğinin homojen yapıda olduğunu göstermektedir.

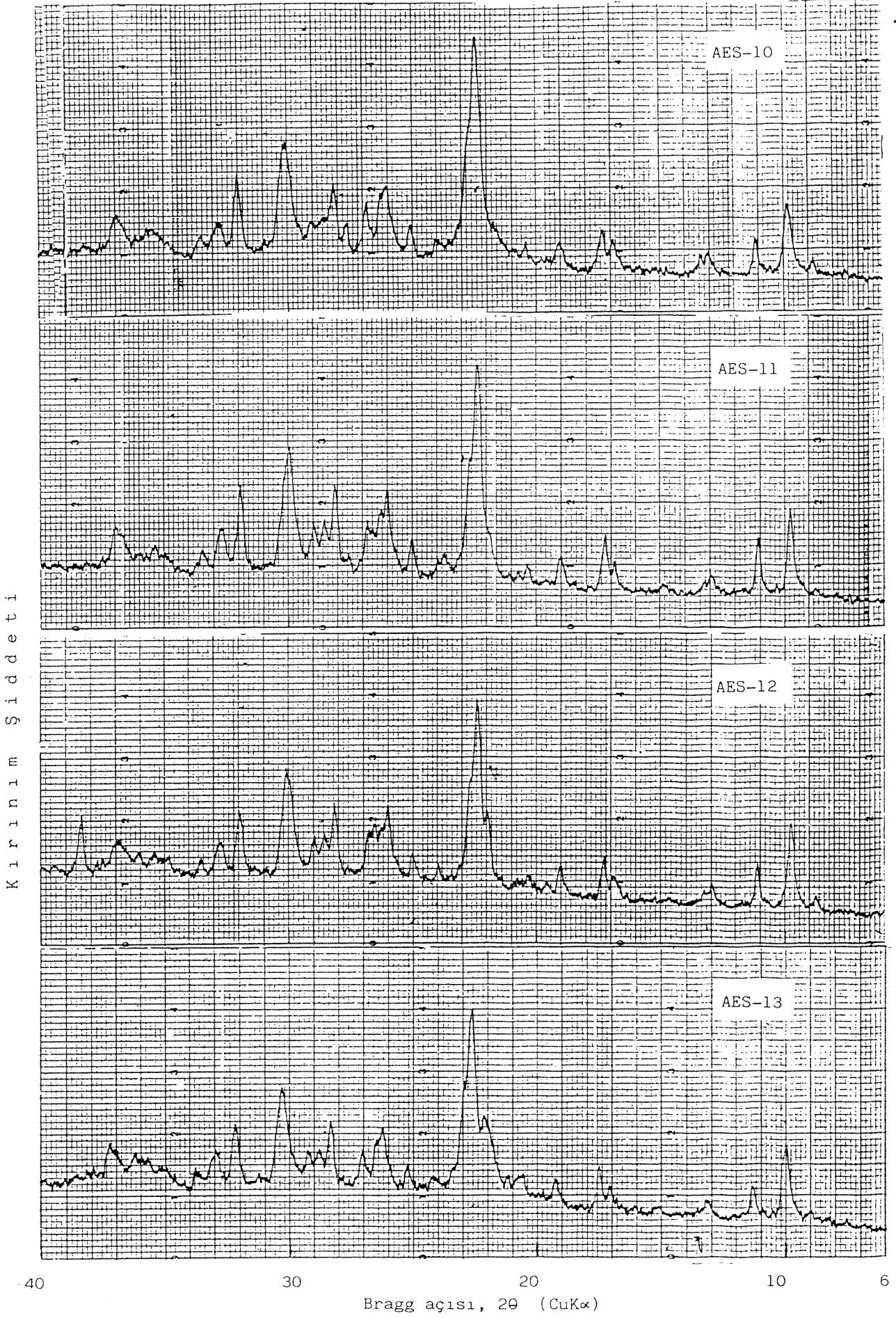
Bu çalışmada kullanılan tüm klinoptilolit örneklerinin kimyasal analizleri Çizelge 8'de literatürden derlenen klinoptilolit analizleriyle birlikte verilmiştir. Bigadiç ve Gördes yörelerinden alınan dört klinoptilolit örneğinin



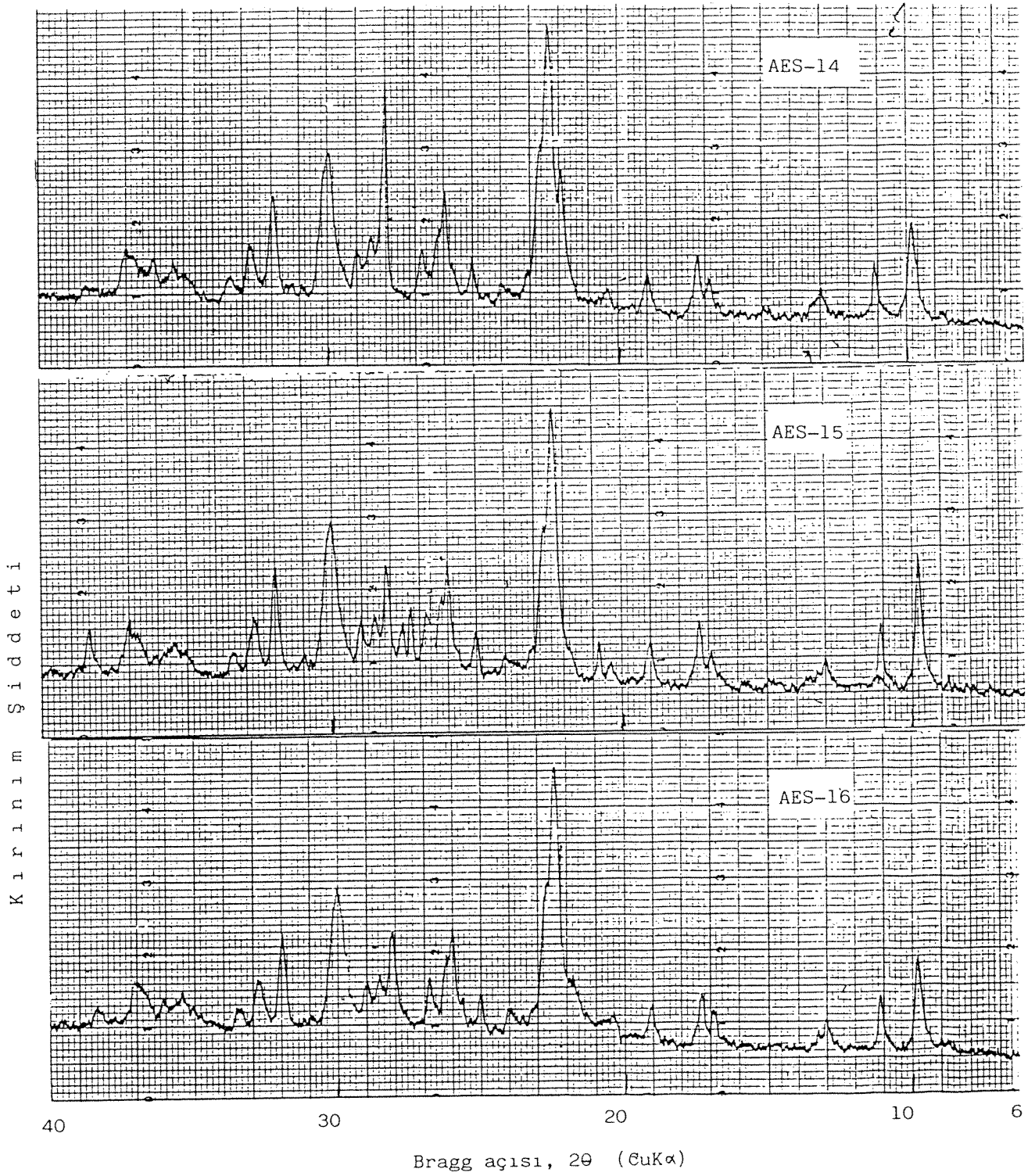
Şekil 2. Bigadiç Tülü Ovası Klinoptilolitlerinin (Örnek No.: AES-2, AES-3, AES-4, AES-5) X-Işını Kırınım Desenleri



Şekil 3. Bigadiç Tülü Ovası Klinoptilolitlerinin (Örnek No.: AES-6, AES-7, AES-8, AES-9) X-Işını Kırınım Desenleri



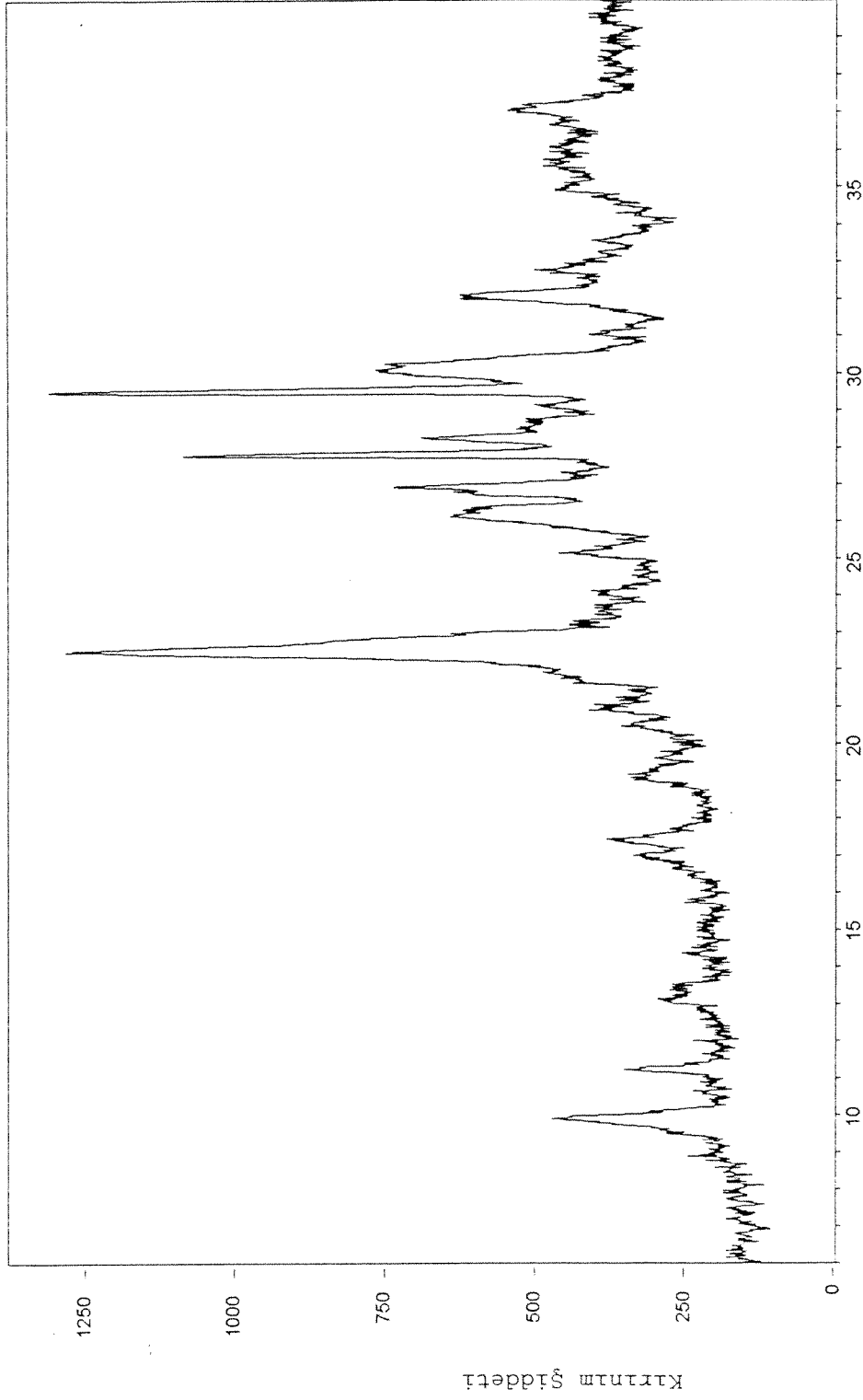
Şekil 4. Bigadiç Tülü Ovası Klinoptilolitlerinin (Örnek No.: AES-10, AES-11, AES-12, AES-13) X-Işını Kırınım Desenleri



Şekil 5. Bigadiç Tülü Ovası Klinoptilolitlerinin (Örnek No.: AES-14, AES-15, AES-16) X-Işını Kırınım Desenleri

ID: CLI-6
File: XRD1888.MDI

Scan: 6-39.99/01/4/#3400, Anode: CU



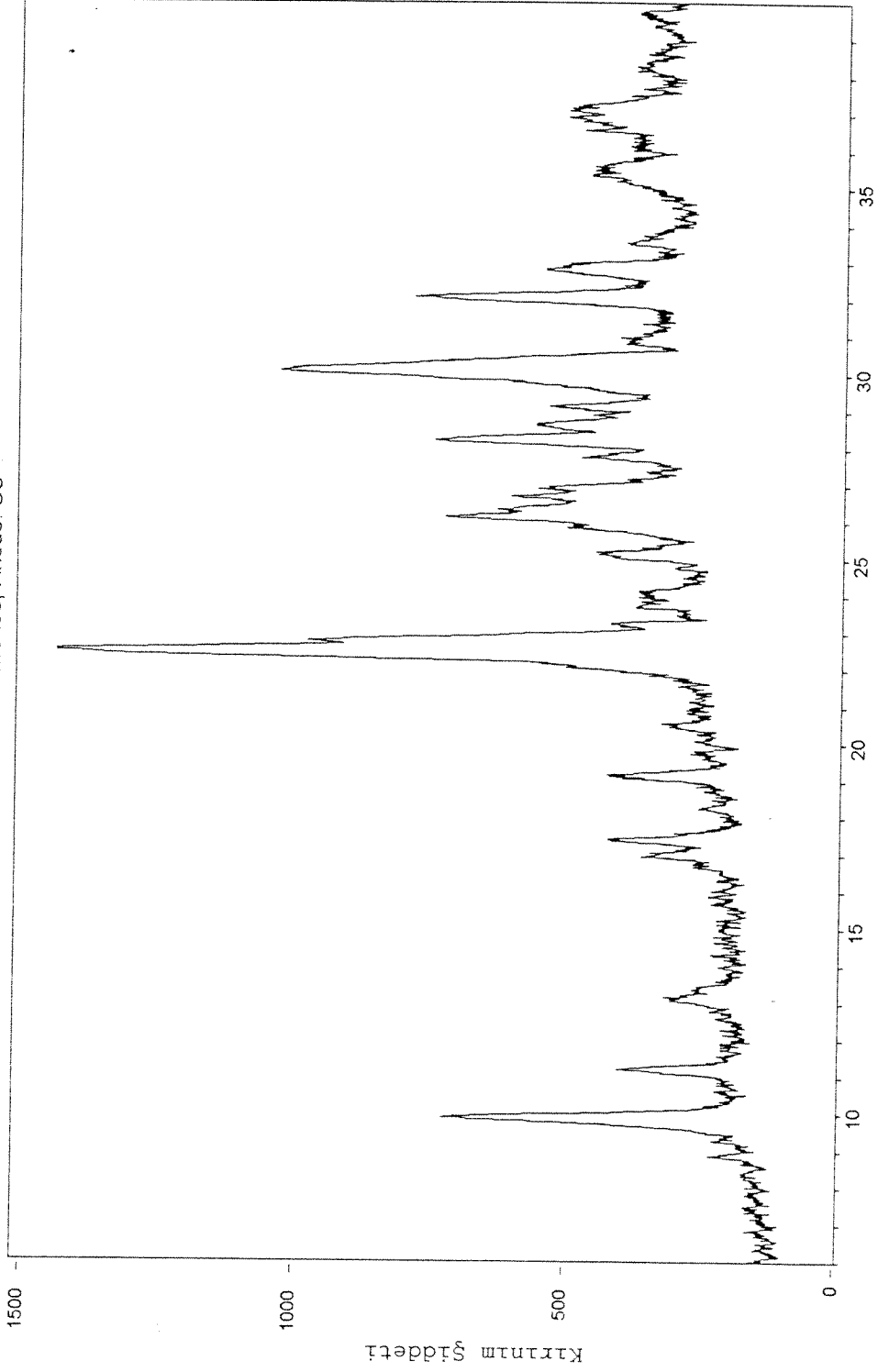
.27.

Şekil 6. Bigadiç Klinoptilolitinin Yüksek Safılıkta Bir Örneğinin X-Işını Kırınım Deseni (Örnek No.: CLI-6, Kaynak: Hacettepe Üniversitesi Yerbilimleri Bölümü)

ID: CLI-11

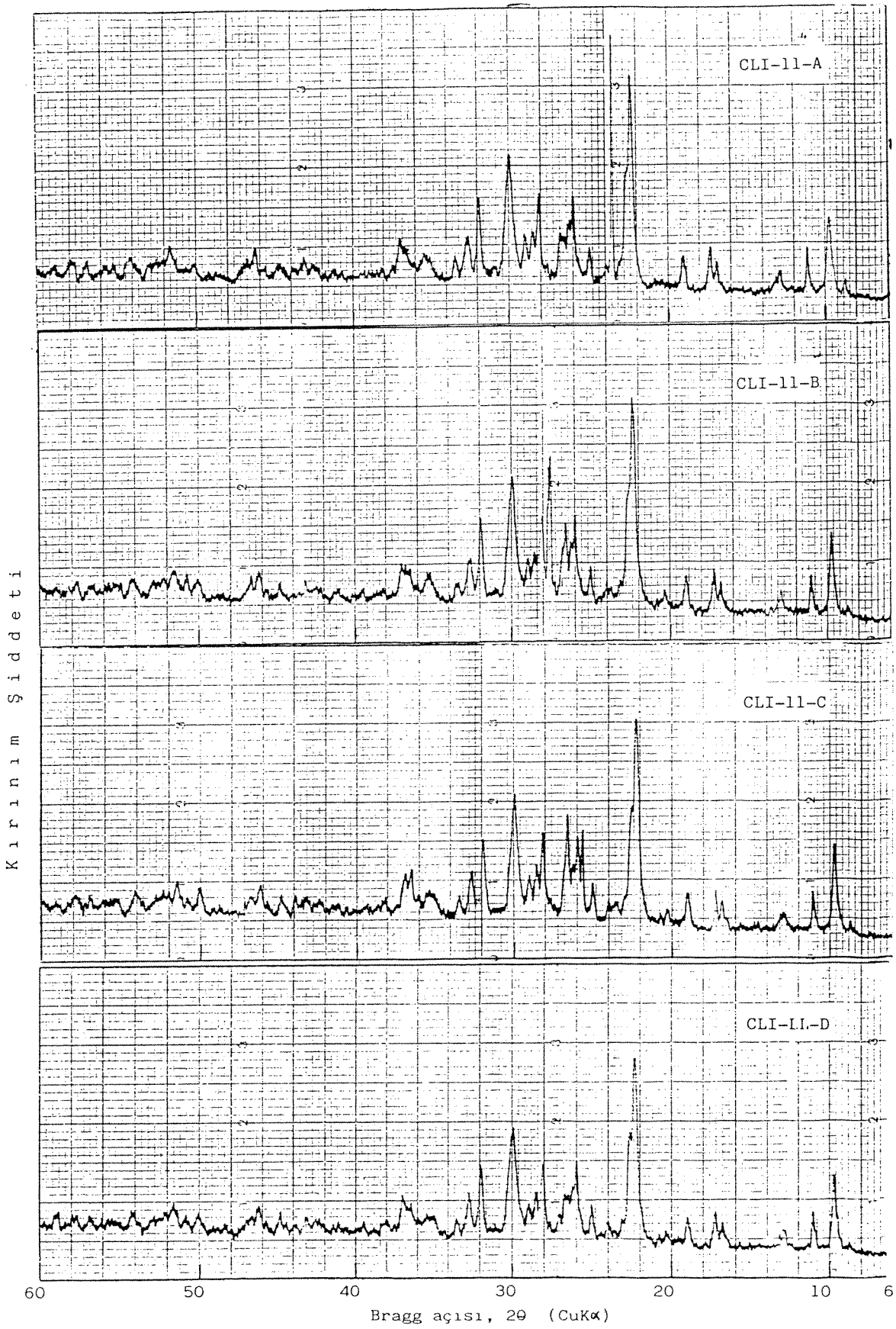
File: XRD1885.MDI

Scan: 6-39.99/01/4/#3400, Anode: CU



Bragg Açısı, 2θ (CuKα)

Şekil 7. Bigadiç Klinoptiloliti Yığın Üretimi Örneğinin X-Işını Kırınım Deseni (Örnek No.: CLI-11, Kaynak: Etibant Genel Müdürlüğü)

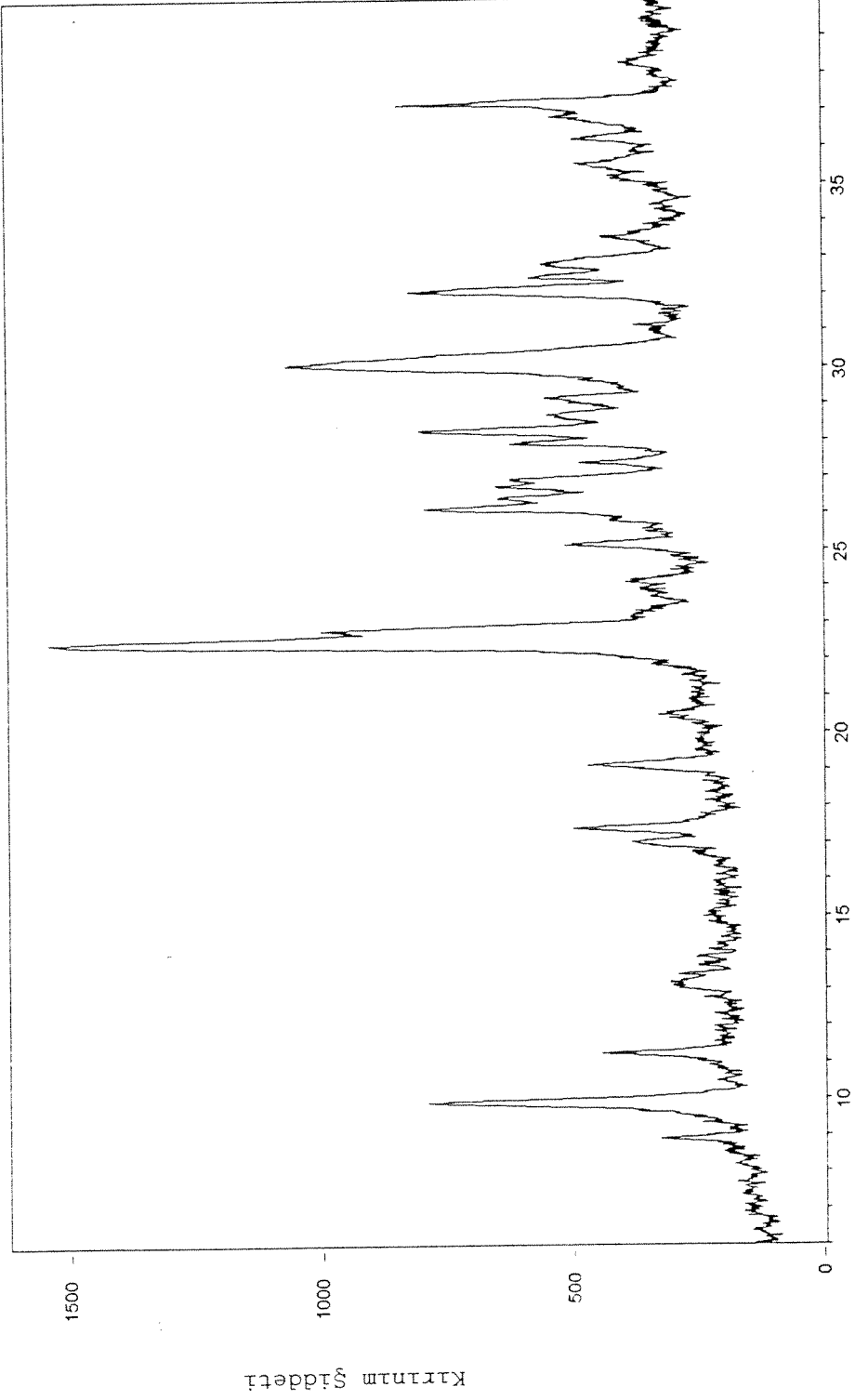


Şekil 8. Bigadiç Klinoptiloliti Yığın Üretimi Örneğinin Kırma-
 Eleme Sonucu Elde Edilen Değişik Boyut Fraksiyonlarının
 X-Işını Kırınım Desenleri (Örnek No.: CLI-11, Kaynak:
 Etibank Genel Müdürlüğü)

ID: CLI-40

File: XRD1886 MDI

Scan: 6-39-99/01/ 4/#3400, Anode: CU

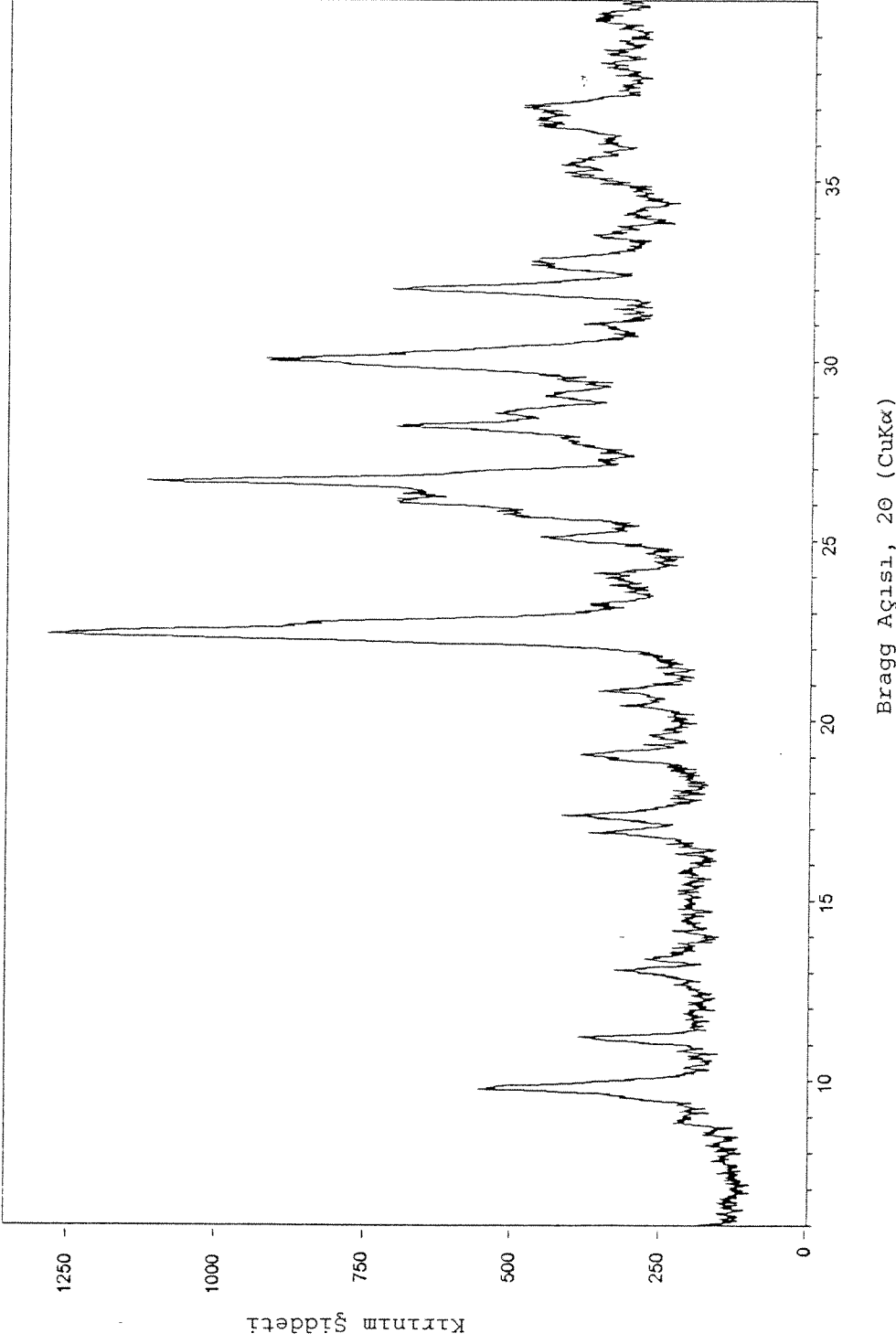


Şekil 9. Bigadiç Klinoptiloliti Yığın Üretimi Örneğinin X-Işını Kırınım Deseni (Örnek No.: CLI-40, Kaynak: Etibank Genel Müdürlüğü)

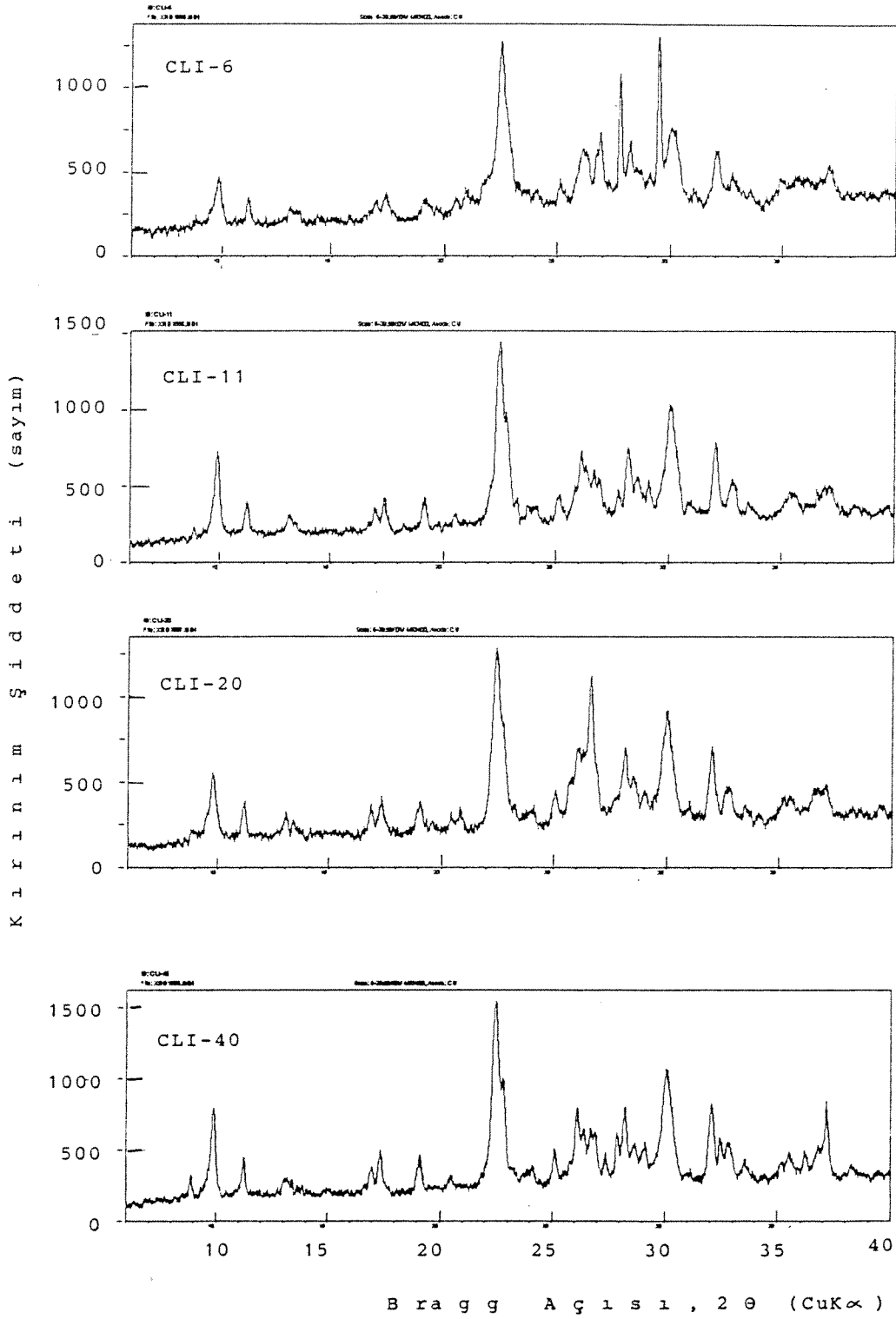
ID: CLI-20

File: XRD1887.MDI

Scan: 6-39.99/.01/ 4/#3400, Anode: CU



Şekil 10. Manisa-Soma-Kırka Bölgesi Klinoptilolit Örneğinin X-Işını Kırınım Deseni (Örnek No.: CLI-20, Kaynak: M.T.A. Enstitüsü)



Şekil 11. Bigadiç Klinoptiloliti Örneklerinin (CLI-6, CLI-11 ve CLI-20) ve Manisa-Soma-Kırka Klinoptilolitinin Karşılaştırmalı X-Işını Kırınım Desenleri

**Çizelge 7 Klinoptilotin Değişik Boyut Fraksiyonlarının
Kimyasal Analizleri**

Örneğin Kaynağı : Etibank, Bigadiç

Örnek Kod No. : CLI-11

Bileşenler orijinal temelde %	Boyut Fraksiyonları				
	+3.15 mm (CLI-11-A)	1.6-3.15 mm (CLI-11-B)	0.63-1.6 mm (CLI-11-C)	-0.63 mm (CLI-11-D)	Ortalama (CLI-11)
SiO ₂	63.72	63.78	64.39	64.04	63.98
Al ₂ O ₃	12.29	13.88	13.12	12.56	12.84
Fe ₂ O ₃	0.86	0.59	0.43	0.60	0.62
MgO	1.21	1.37	1.08	1.03	1.17
CaO	3.28	4.28	3.08	3.22	3.46
Na ₂ O	0.43	0.48	0.42	0.47	0.45
K ₂ O	2.68	2.87	3.13	2.94	2.90
TiO ₂	0.03	0.03	0.03	0.04	0.03
H ₂ O	15.62	15.65	15.13	15.08	15.37
Toplam	100.12	102.93	100.81	99.98	100.82

Çizelge 8. Çeşitli Doğal Klinoptilolit Örneklerinin Kimyasal Analizleri (kuru temelde %-ağ.)^(*)

	ABD Calif.	ABD Nevada	ABD Arizona	Küba B	Maca A	Bulgaristan B	Yeni Zelanda	Japonya	Türkiye (Bigadiç)			Kırka CLI-20	
									Hacettepe A	Üniv. B	Bu Çalışma CLI-6		Çalışma CLI-11
SiO ₂	78,21	74,91	69,37	76,25	76,47	76,42	72,48	78,48	80,59	78,06	75,60	73,71	76,71
Al ₂ O ₃	13,65	14,32	14,74	12,56	12,84	13,31	15,56	12,93	13,72	13,05	15,17	16,21	15,35
Fe ₂ O ₃	0,94	1,52	3,55	2,91	1,38	1,28	0,69	0,17	0,79	0,89	1,73	1,12	0,24
MgO	0,57	1,03	1,83	1,10	1,18	0,47	0,60	0,53	1,49	1,36	1,38	1,04	1,20
CaO	1,47	3,52	3,10	4,19	3,95	3,23	1,04	1,97	3,78	3,76	4,09	3,91	4,70
N ₂ O	5,39	1,14	3,43	1,05	0,67	0,48	4,92	1,71	0,10	0,35	0,53	1,16	1,80
K ₂ O	1,49	3,80	2,84	1,74	2,17	4,91	4,74	3,41	2,52	2,51	3,42	4,13	1,90
TiO ₂	0,11	0,13	0,51	0,26	0,41	-	0,48	0,05	0,10	0,08	0,04	0,07	0,05
BaO	-	-	-	-	-	-	0,12	-	0,10	-	-	-	-
StO	-	-	-	-	-	-	0,03	0,18	-	-	-	-	-
MnO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,02	-	-	-
Toplam	101,73	100,37	99,37	99,34	99,58	99,10	100,66	99,43	101,19	100,08	100,96	101,35	101,95
SiO ₂ (mol) Al ₂ O ₃ (mol)	9,72	8,88	7,99	10,30	10,11	9,74	7,90	10,30	9,97	10,15	8,46	7,72	8,48

(*) Lijima, 1970; Galabova ve diğ., 1978; Klopp ve diğ., 1980; Yücel ve Çulfaz, 1985; Gündoğdu ve diğ., 1991.

Çizelge 9. Klinoptilolit Örneklerinin Molar Temelde Kimyasal Analizleri

Bileşenler (mol/mol Al ₂ O ₃)	Bigadiç (CLI-6)	Bigadiç (CLI-11)	Bigadiç (CLI-40)	Kırka (CLI-20)
SiO ₂	10.15	8.45	7.72	8.48
Al ₂ O ₃	1.00	1.00	1.00	1.00
Fe ₂ O ₃	0.04	0.03	0.04	0.01
MgO	0.26	0.23	0.16	0.20
CaO	0.52	0.49	0.44	0.56
Na ₂ O	0.04	0.06	0.12	0.19
K ₂ O	0.21	0.24	0.28	0.13
MnO	0.003	-	-	-
TiO ₂	0.01	0.003	0.01	0.004
H ₂ O	6.71	6.77	4.96	5.78
$\frac{Si}{Al}$	5.58	4.22	3.86	4.24
$\frac{Ca}{Na+K}$	1.04	0.98	0.55	1.75
$\frac{Na_2O+K_2O+CaO+MgO}{Al_2O_3}$	1.04	1.02	0.99	1.08

Çizelge 10. Klinoptilolit Örneklerinin Termogravimetrik Analizlerinin Değerlendirilmesi

Sıcaklık °C	Bigadiç (CLI-6)		Bigadiç (CLI-11)		Manisa-Soma-Kırka (CLI-20)		Sheaville, Oregon (CLI-1)	
	Ağırlık Kaybı %	Toplam Ağırlık Kaybının Yüzdesi	Ağırlık kaybı %	Toplam Ağırlık Kaybının Yüzdesi	Ağırlık Kaybı %	Toplam Ağırlık Kaybının Yüzdesi	Ağırlık Kaybı %	Toplam Ağırlık Kaybının Yüzdesi
200	8.29	60	8.54	67	7.28	54	7.92	73
400	11.08	81	11.67	91	11.43	85	10.30	95
600	12.37	90	12.41	97	12.95	97	10.62	98
900	13.73	100	12.81	100	13.40	100	10.80	100

Çizelge 11. Klinoptilolitin Isıl İşleme Bozunmasına İlişkin X-ışını Kırınım Verileri
(Örnek: Bigadiç Klinoptiloliti, CLI-11)

Sıcaklık °C	Süre h	Normalize Edilmiş X-ışını Kırınım Tepesi Alanları			Normalize Edilmiş Kristal Yapıyı Koruma Oranları
		A ₁ /A _{1.0} 8.93 A° tepesi	A ₂ /A _{2.0} 3.90-3.95 A° tepleri	A ₃ /A _{3.0} 2.96 A° tepesi	
450	2	0.75	1.15	1.03	1.00
450	6	0.93	1.07	0.83	0.93
450	24	0.79	1.23	0.79	0.92
550	2	0.86	1.29	0.03	1.08
550	6	0.73	1.17	0.77	0.88
550	24	0.70	1.15	0.78	0.87
650	2	0.79	1.13	0.65	0.86
650	6	0.73	0.57	0.47	0.57
650	24	0.60	0.98	0.45	0.66
750	2	0.63	0.54	0.52	0.55
750	6	0.40	0.45	0.36	0.41
750	24	0.20	0.25	0.00	0.16

Çizelge 12. Klinoptilolitin Isıl İşleme Bozunmasına İlişkin X-ışını Kırınım Verileri
(Örnek: Bigadiç Klinoptiloliti, CLI-6)

Sıcaklık °C	Süre h	Normalize Edilmiş X-ışını Kırınım Tepesi Alanları			Normalize Edilmiş Kristal Yapıyı Koruma Oranları
		A ₁ /A _{1.0} 8.93 A° tepesi	A ₂ /A _{2.0} 3.90-3.95 A° tepeleri	A ₃ /A _{3.0} 2.96 A° tepesi	
440	2	0.99	0.88	0.98	0.92
530	2	0.84	0.80	0.88	0.83
650	2	0.51	0.73	0.68	0.69
750	2	0.20	0.14	0.31	0.19
750	6	0.13	0.10	0.24	0.14
750	24	0.25	0.00	0.08	0.06

Çizelge 13. Klinoptilolitin Isıl İşleme Bozunmasına İlişkin X-ışını Kırınım Verileri
(Örnek: Manisa-Soma-Kırka Klinoptiloliti, CLI-20)

Sıcaklık °C	Süre h	Normalize Edilmiş X-ışını Kırınım Tepesi Alanları			Normalize Edilmiş Kristal Yapıyı Koruma Oranları
		A ₁ /A _{1.0} 8.93 A ^o tepesi	A ₂ /A _{2.0} 3.90-3.95 A ^o tepeleri	A ₃ /A _{3.0} 2.96 A ^o tepesi	
450	2	0.79	0.75	0.87	079
450	6	0.54	0.76	0.56	0.67
450	24	0.52	0.54	0.44	0.51
550	2	0.54	0.55	0.39	0.50
550	6	0.27	0.38	0.34	0.35
550	24	0.28	0.30	0.22	0.27
650	2	0.43	0.37	0.32	0.36
650	6	0.39	0.34	0.26	0.32
650	24	0.24	0.28	0.19	0.25
750	2	0.26	0.29	0.18	0.25
750	6	0.28	0.25	0.13	0.22
750	24	0.25	0.21	0.16	0.20

$\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ mol oranları 7.72 ile 10.15 arasında değişmektedir. Hölandit-klinoptilolit ayrımını $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ oranı temelinde yapan Boles'un sınıflandırması uyarınca bu oranın 8'den yüksek olduğu üç örneğin klinoptilolit olarak adlandırılması uygundur (Boles, 1972; Gottardi ve Galli, 1985).

Klinoptilolit örneklerinin kimyasal analizleri molar temelde Çizelge 9'da gösterilmiştir. Aynı çizelge Si/Al oranları ve $\text{Ca}/(\text{Na}+\text{K})$ oranları da atom/atom temelinde verilmiştir. Boles (1972) sınıflandırmasına göre analizi yapılan üç Bigadiç zeoliti örneğinden sadece biri (CLI-40) 3.86 Si/Al oranı ile hölandit olarak adlandırılırken iki Bigadiç zeoliti örneği (CLI-6 ve CLI-11) ile Gördes zeoliti örneğini (CLI-20) klinoptilolit olarak adlandırmak gerekir. Mason ve Sand (1960) sınıflandırması ise $(\text{Ca}+\text{Sr}+\text{Ba})/(\text{Na}+\text{K})$ oranı birden büyük olan klinoptilolit-hölandit sınıfı zeoliti hölandit, bu oran birden küçük olduğunda klinoptilolit olarak adlandırmaktadır. Bu sınıflandırmaya göre ise Gördes örneğini (CLI-20) hölandit, Bigadiç örneklerinden birini (CLI-40) klinoptilolit olarak adlandırmak uygun olacaktır. Mumpton (1960) ise hölandit-klinoptilolit ayrımını ısı kararlılık temelinde yapmakta, 450°C sıcaklıkta 16 h ısıtılma sonucu kristal yapısı bozulmayan hölandit-klinoptilolit türü zeoliti klinoptilolit olarak adlandırmaktadır. Örneklerin ısı kararlılık tayinleri ile ilgili deneyler Bölüm 4.4'de verilmiştir.

4.3. Termogravimetrik Analizler

Klinoptilolit örneklerinin termogravimetrik analizleri Dupont 2000 Modeli TGA cihazı ile yapıldı. Analizler $10^\circ\text{C}/\text{dak}$ ısıtma hızında ve süpürücü gaz olarak azot kullanılarak 20°C - 900°C arasında yapıldı. Analizlerde Bigadiç yöresinden üç örnek (CLI-6 ve CLI-11 ve CLI-40), Manisa-Soma-Kırka örneği (CLI-20) ve karşılaştırma için A.B.D.'de üretimi yapılan Sheaville, Oregon yöresi klinoptilolit örneği (CLI-1) kullanıldı. TGA verileri sıcaklığa karşı ağırlık kaybı (%) ve ağırlık kaybı hızı ($\%/^\circ\text{C}$) olarak Şekil 12-15'de gösterilmiştir.

Zeolitlerde kesiksiz, sürekli bir termogravimetri eğrisi, zeolit kristal yapısında suyun uzaklaşmasıyla önemli bir değişiklik olmadığını gösterir. Zeolit yapısında suyun uzaklaşmasıyla bazı değişiklikler oluyorsa bu durum genellikle termogravimetri eğrisinde basamak biçiminde kesikli bir davranış olarak kendini gösterir. Şekil 16'da kalsiyumca zengin bir hölandit örneğinin ısı eğrileri (termogravimetri, TG; diferansiyel termogravimetri;

DTG ve diferansiyel termal analiz, DTA), Şekil 17'de de karşılaştırma için üç klinoptilolit örneğinin literatürden alınma ısı eğrileri gösterilmiştir (Gottardi ve Galli, 1985). Klinoptilolit örnekleri kesiksiz birer TGA eğrisi vermekte, ve DTG eğrileri de 100°C civarında hızlı su kaybından kaynaklanan birer maksimum göstermektedir. Hölanditin TGA eğrisi 300°C civarında bir basamak düşüş göstermekte ve bu durum DTG eğrisinde 100°C civarındaki maksimumun yanısıra gene 300°C civarında ikinci bir maksimuma neden olmaktadır.

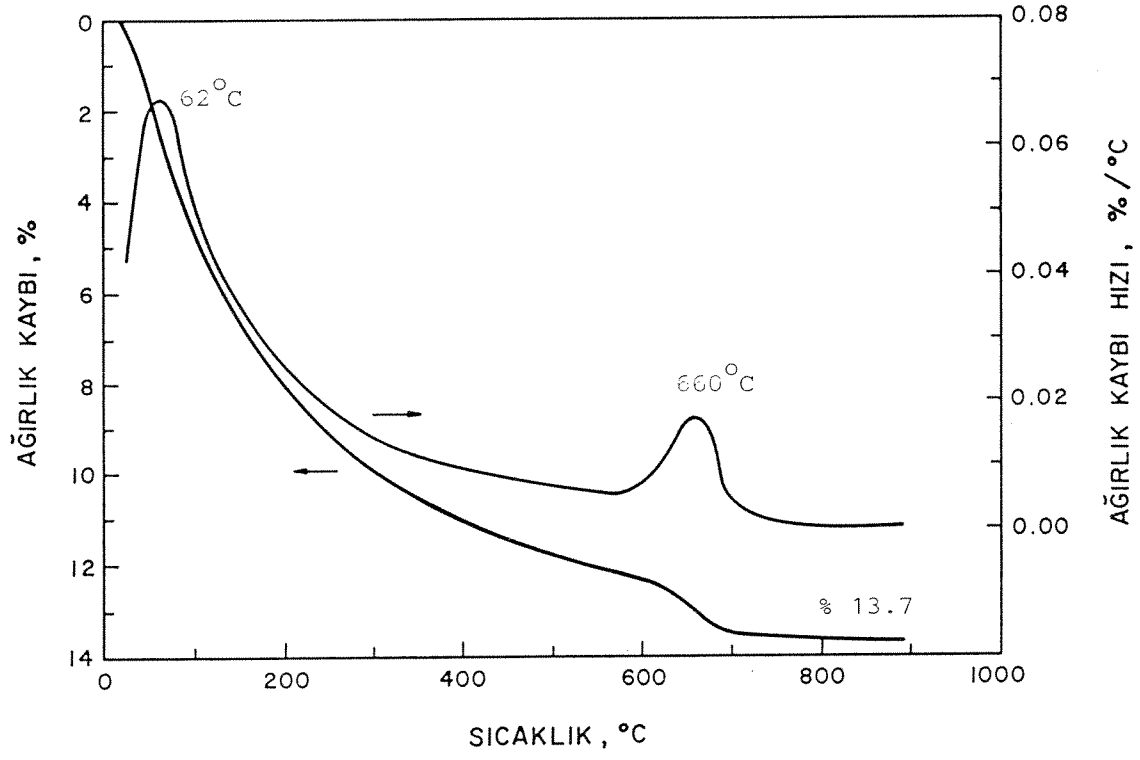
Şekil 12-15'de gösterilen TGA eğrileri klinoptilolit davranışı ile uyumlu, sıcaklık artışıyla sürekli azalan niteliktedir. Bigadiç yöresi örneklerinden CLI-6 klinoptiloliti için DTG eğrisinde 660°C'da görülen küçük maksimum, klinoptilolit yapısının bozunmasının bir işareti olarak değerlendirilmiştir. Şekil 12-15'de verilen TGA eğrileri temelinde klinoptilolit örneklerinin 200°C, 400°C, 600°C ve 900°C'da ağırlık kayıpları Çizelge 10'da karşılaştırmalı olarak derlenmiştir.

Bu ısı analizler sonucu Bigadiç ve Minasa-Soma-Kırka yöresi zeolitlerini, X-ışını kırınım desenleri birbirinin aynı olan hölandit-klinoptilolit sınıfı zeolitlerden klinoptilolit olarak değerlendirmek uygun olur.

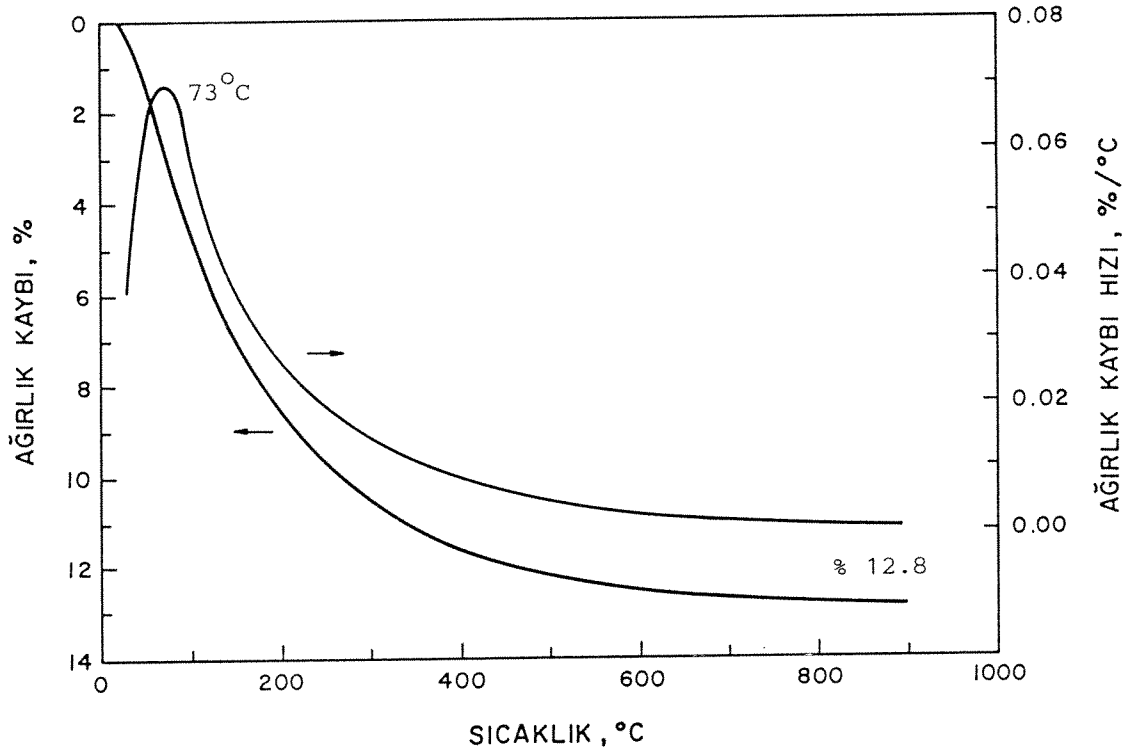
4.4. Klinoptilolit Örneklerinin Isıl Dayanıklılıkları

Klinoptilolit ve hölandit aynı kristal yapıya sahip olmaları nedeniyle X-ışını kırınım desenleri temelinde birbirinden ayırdedilemeyen ancak ısı dayanıklılıkları farklı olan zeolitlerdir. Hölandit 350°C'da bozunurken klinoptilolit 700°C'a kadar kristal yapısını kısmen de olsa koruyabilmektedir. Termogravimetrik analizlere ek olarak zeolit örnekleri ısı işleme tabi tutularak sıcaklık ile kristal yapısının bozunması arasındaki ilişkiler araştırılmıştır. Isıl işlem olarak -50 meş parça boyutunda yaklaşık 3 g zeolit örnekleri 750°C'ye kadar sıcaklıklarda 2, 6 ve 24 saat tutulmuş ve ısı işlem görmüş bu örneklerin X-ışını kırınım desenleri Philips PW 1840 difraktometresiyle eşdeğer şartlar altında çekilmiştir.

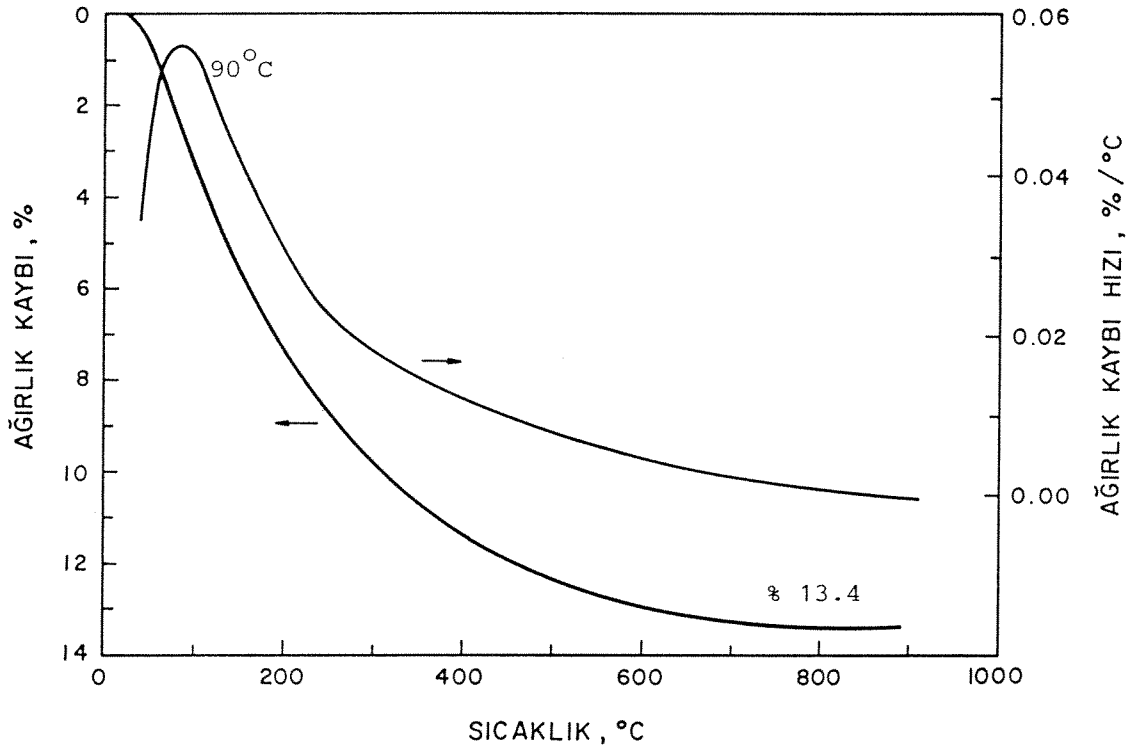
X-ışını kırınım tepelerinin şiddeti, zeolitler için kristallik oranı olarak kullanılabilir. (A.S.T.M. D 3690, 1980). Isıl işlemle klinoptilolit kristal yapısının bozunmasının ölçütü olarak X-ışını kırınım desenindeki üç tepenin kırınım şiddeti verileri kullanılmıştır:



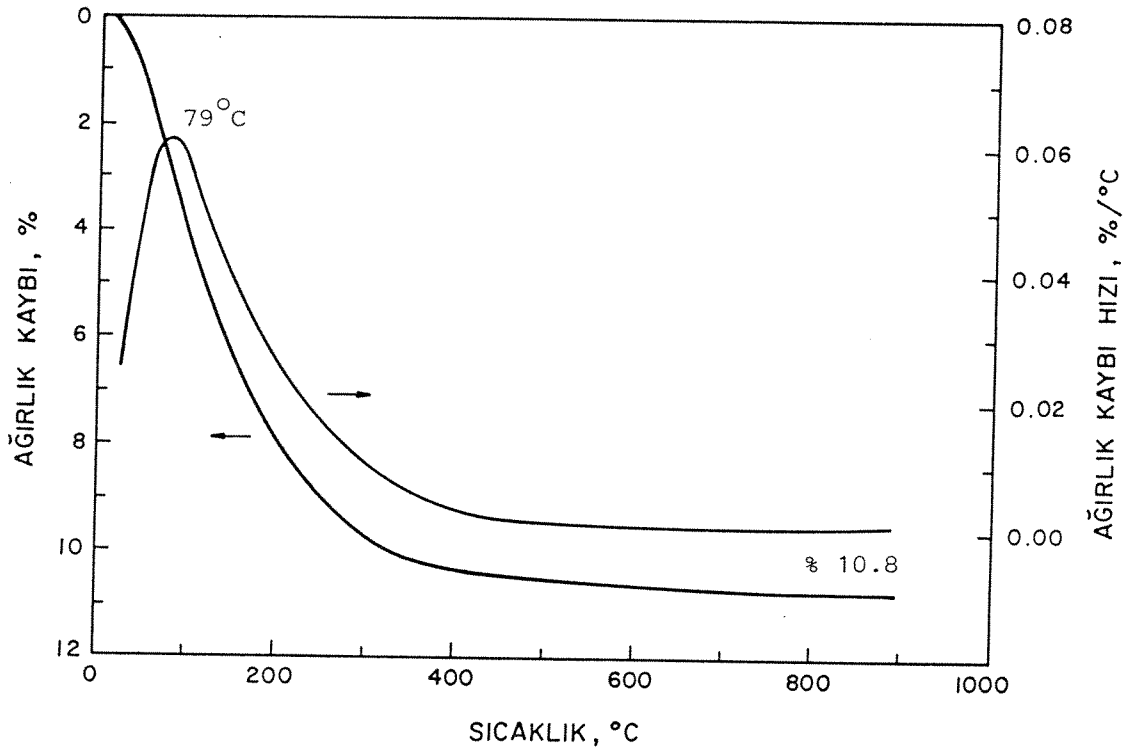
Şekil 12. Bigadiç Klinoptiloliti Örneğinin Termogravimetri Eğrisi (Örnek No.: CLI-6)



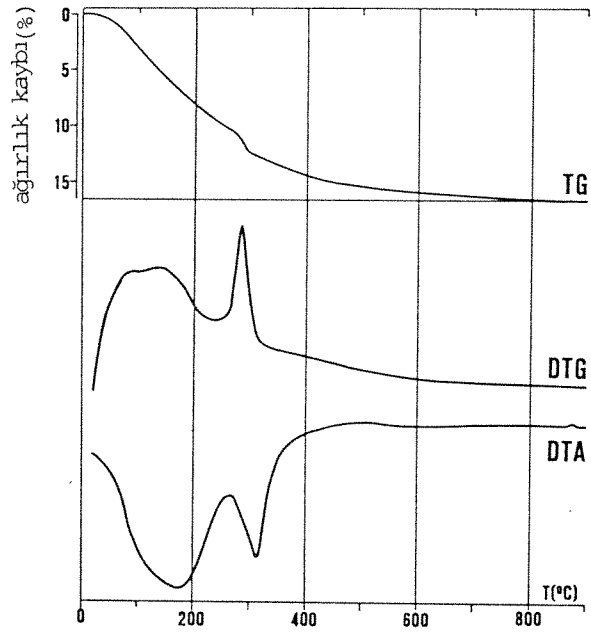
Şekil 13. Bigadiç Klinoptiloliti Yığın Üretimi Örneğinin Termogravimetri Eğrisi (Örnek No.: CLI-11)



Şekil 14. Manisa-Soma-Kırka Klinoptiloliti Örneğinin Termogravimetri Eğrisi (Örnek No.: CLI-20)



Şekil 15. Sheaville, Oregon Klinoptiloliti Örneğinin Termogravimetri Eğrisi (Örnek No.: CLI-1)

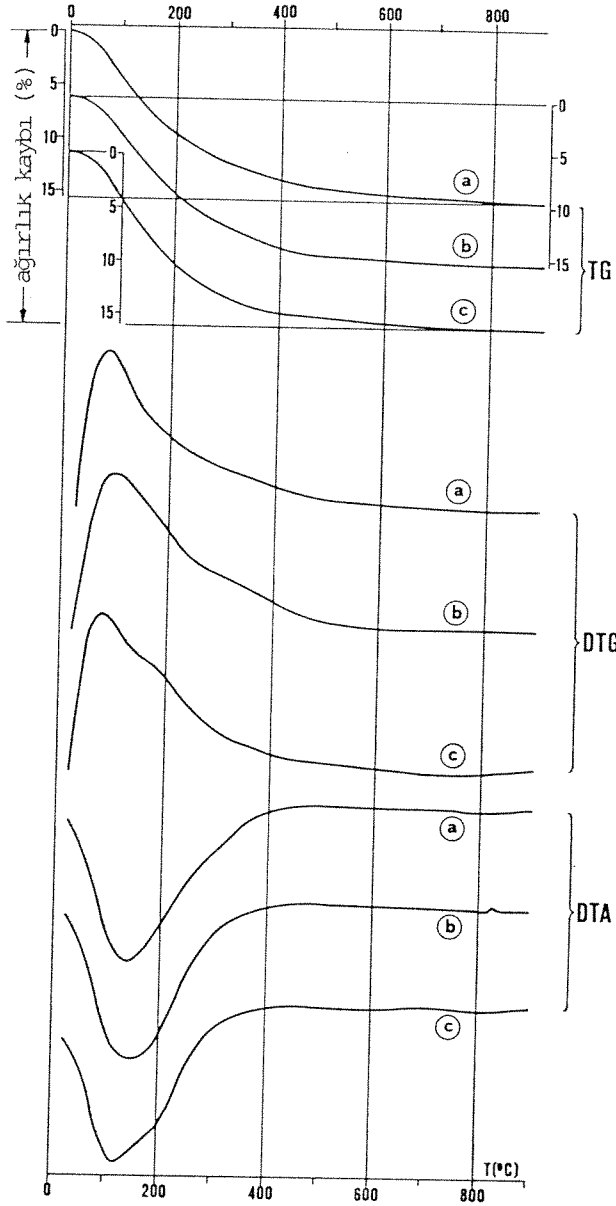


Şekil 16. Hölandit İçin Isıl Eğriler (TGA, DTGA ve DTA)

Örnek: Mossyrock Dam, Washington, A.B.D.

Havada ısıtma hızı: 20°C/dak

Kaynak: Gottardi, G., Galli, E., 1985



Şekil 17. Klinoptilolit İçin Isıl Eğriler (TGA, DTGA ve DTA)

Örnekler: a. Agoura, Kaliforniya, A.B.D.
b. Alpe di Siusi, İtalya
c. Castle Creek, Idaho, A.B.D.

Havada ısıtma hızı: 20°C/dak

Kaynak: Gottardi, G., Galli, E., 1985

1. 8.93 A⁰ d-aralığında ve CuK α radyasyonu ile 2 θ açısı 9.90⁰de olan (002) tepesinin kırınım şiddeti,

2. 3.95 A⁰ d-aralığındaki (004) ve 3.90 A⁰ d-aralığındaki (042) tepelerinin ortak kırınım şiddeti (CuK α radyasyonu ile 2 θ açısı 22.5-22.8 aralığındaki tepeler),

3. 2.96 A d-aralığındaki ve CuK α radyasyonu ile 2 θ açısı 30.2⁰de olan (044) tepesinin kırınım şiddeti.

Kırınım şiddeti ölçüsü olarak tepe yüksekliği (h) ile yarı tepe yüksekliğindeki tepe genişliği (w) kullanılarak hesaplanan üçgenleştirilmiş tepe alanı (hw/2) alınmıştır. Isıl işlem görmüş klinoptilolitlerde bu tepe alanları 8.93 A⁰d-aralığı için A₁, 3.90-3.95 A⁰ d-aralığı için A₂ ve 2.96 A⁰ d-aralığı için A₃ olarak adlandırılmıştır. Aynı alanlar klinoptilolitlerin ısıl işlem görmemiş örneklerinde (A₁/A_{1,0}; A₂/A_{2,0}; ve A₃/A_{3,0}) değerleri hesaplanmıştır. Bu oranlar seçilen X-ışını kırınım tepesi temelinde klinoptilolit örneklerinin ısıl işlem sonucunda kristal yapılarını koruma oranları olarak değerlendirilebilir. Deneysel kırınım verilerindeki istatistiksel hataları azaltmak amacıyla bu üç kırınım tepe alanlarının (A₁, A₂ ve A₃) toplamı olan tepe alanı (A₁₂₃) kullanılmış ve orijinal klinoptilolit örneği temelinde kristal yapının korunması oranı hesaplanmıştır:

$$\text{Kristal yapıyı koruma oranı} = \frac{A_{123} \text{ (Isıl işlem görmüş örnekte)}}{A_{123,0} \text{ (orijinal klinoptilolitte)}}$$

Sonuçlar Bigadiç yöresinden alınan CLI-11 ve CLI-6 kodlu klinoptilolit örnekleri için Çizelge 11 ve 12'de, Manisa-Soma-Kırka bölgesi CLI-20 kodlu klinoptilolit için de Çizelge 13'de gösterilmiştir. Her üç örneğin de 450⁰C'da kristal yapılarını önemli ölçüde korumaktadırlar ve bu nedenle klinoptilolit olarak adlandırılmaları yerinde olacaktır.

4.5. Klinoptilolit Örneklerinin Toplam Gözenek Hacmi, Gerçek ve Görünür Yoğunlukları

Klinoptilolit örneklerinin gözenek boyut dağılımları cıva porosimetresi metodu ile bulundu. Cıva porosimetresi ile gözenek boyut dağılımı cıvanın artan basınç ile gözeneklerin içine sokulması prensibine dayanır. Cıva birçok katı maddeyi ıslatmaz ve temas açısı 90⁰C nin üzerindedir ve dolayısı ile cıva gözeneklere ancak basınç uygulandığında girebilir.

Gözenek yarıçapı ile basınç arasındaki bağıntı Washburn eşitliği ile verilir:

$$r_p = - \frac{2 \sigma \cos \theta}{P}$$

Burada

- r_p : silindirik olarak kabul edilen gözenek yarıçapı
 σ : yüzey gerilimi
 θ : gözenek duvarı ile cıva arasındaki temas açısı
 P : uygulanan basınç

Genel olarak $\theta = 130$ ve $\sigma = 485 \text{ erg/cm}^2$ olarak alındığından, Washburn eşitliği

$$r_p (\mu\text{m}) = \frac{180}{p(\text{psi})}$$

olarak ifade edilebilir.

Cıva porosimetresi cıvaya basınç uygulayarak gözeneklere giren cıvanın hacmini ölçer ve böylece Washburn eşitliği kullanılarak gözenek boyut dağılımı hesaplanır. Cıva porosimetreleri genellikle ya 30 000 psia ya da 60 000 psia'ya kadar çıkabilir. Buna göre tayin edilebilecek en küçük gözenek yarıçapı 30 000 psia'ya çıkan bir cihaz ile 30 A⁰ olmaktadır.

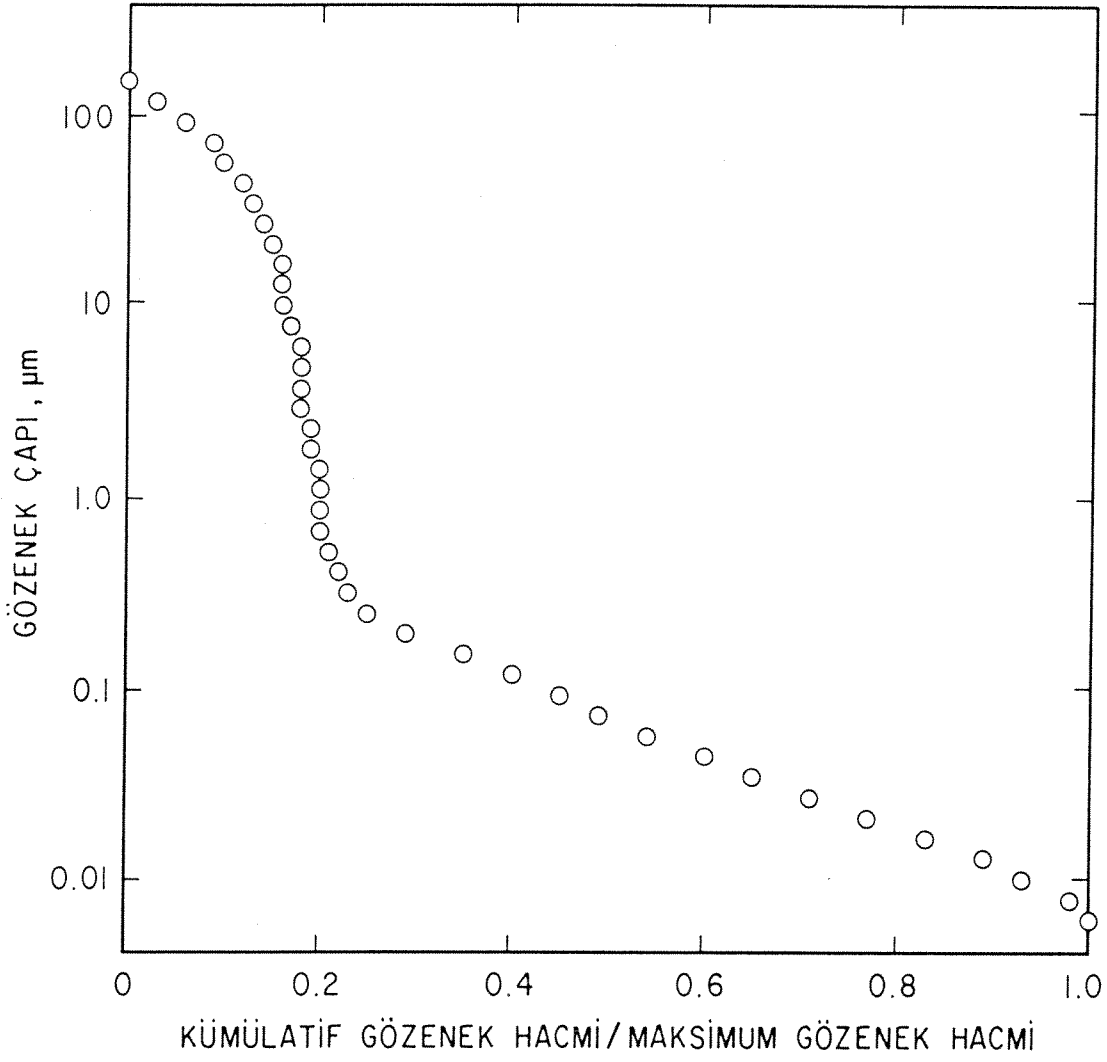
Klinoptilolit örneklerinin gözenek boyut dağılımı Micromeritics Model 9310 cıva porosimetresi ile ölçülmüştür. Bu amaçla klinoptilolit örneklerinde boyutları 1 ± 0.3 mm parçalar seçilmiştir. Örnekler toz şeklinde olduğu zaman parçalar arasındaki boşluklar da gözenek olarak algılandığından ölçümler karmaşık hale gelmekte ve hatalı sonuçlar çıkabilmektedir.

Bigadiç klinoptilolitlerinden iki ayrı örneğin (CLI-6 ve CLI-11) gözenek boyut dağılımları Şekil 18 ve 19'da verilmiştir. Gözenek hacminin önemli bir bölümünü çapları 0.0060 - 0.82 mm arasında olan gözeneklerin oluşturduğu görülmektedir.

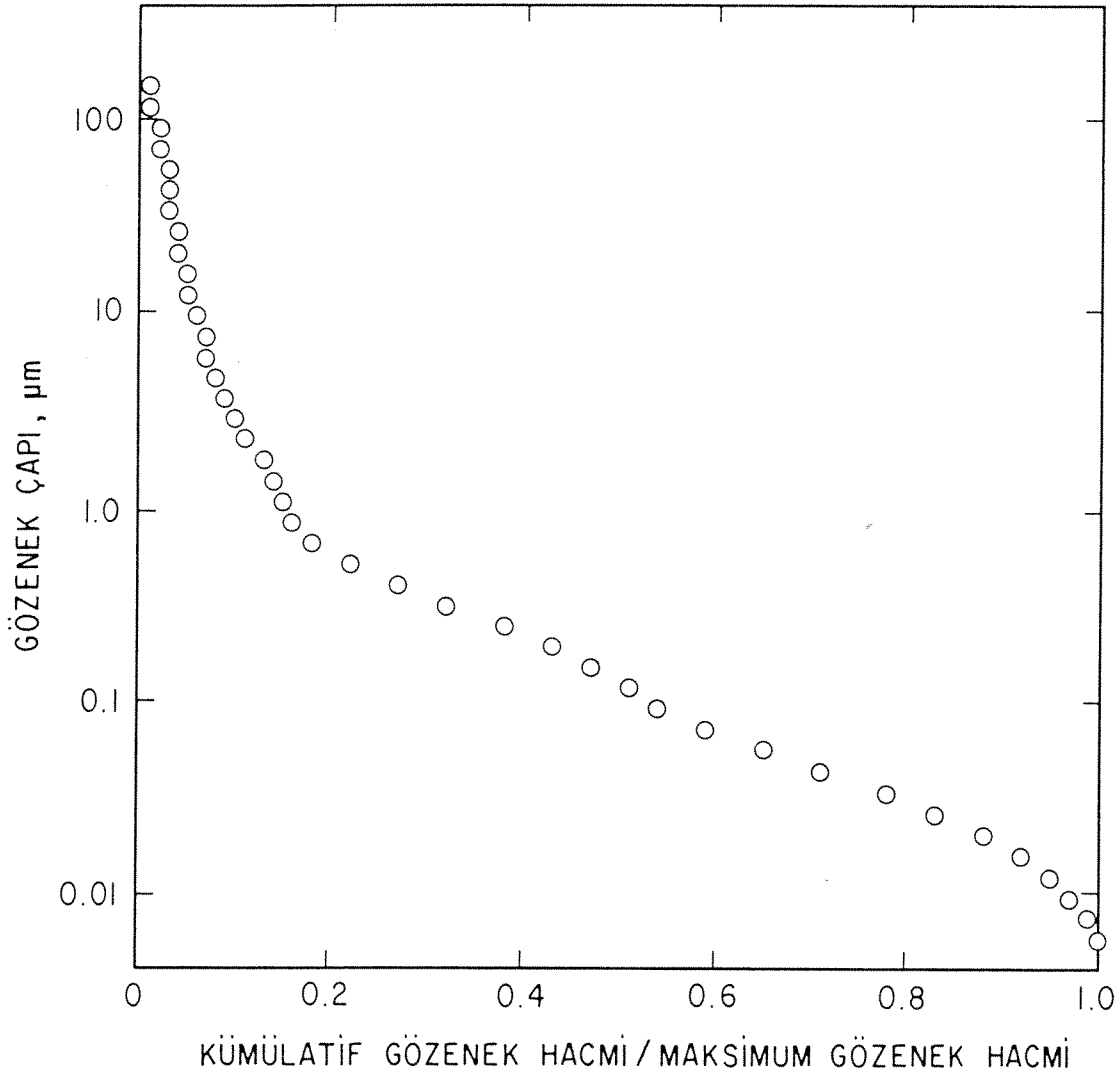
Cıva porosimetresinden elde edilen diğer değerler Çizelge 14'de verilmiştir. Gerçek yoğunluk değeri hesaplanırken örneklerde 60 A⁰ dan daha küçük gözeneklerin önemsiz olduğu varsayılmıştır.

Çizelge 14 Bigadiç Klinoptilolit Örneklerinin Gözenek Hacmi, Gerçek ve Görünür Yoğunlukları

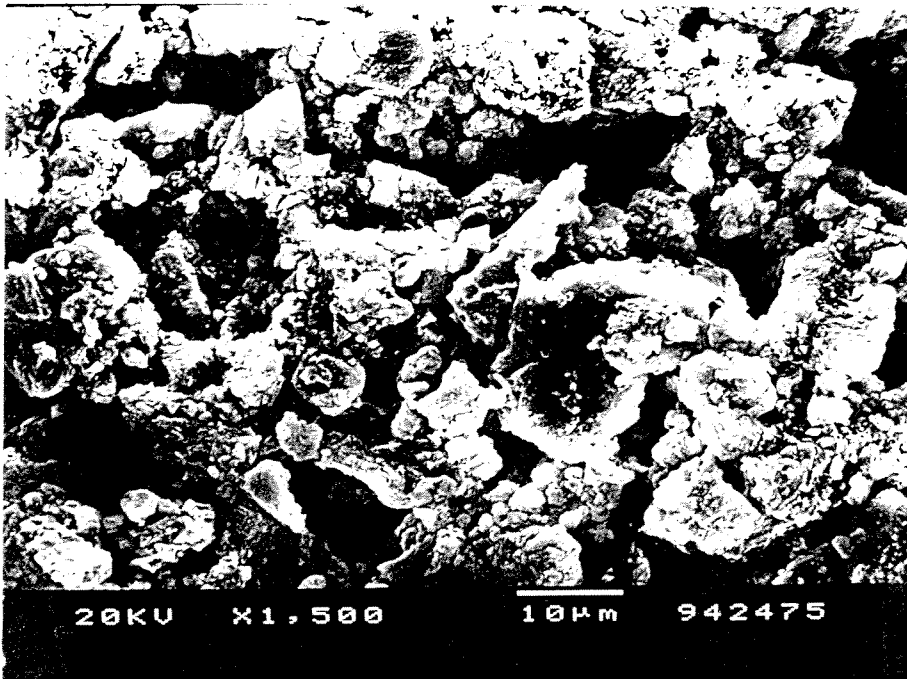
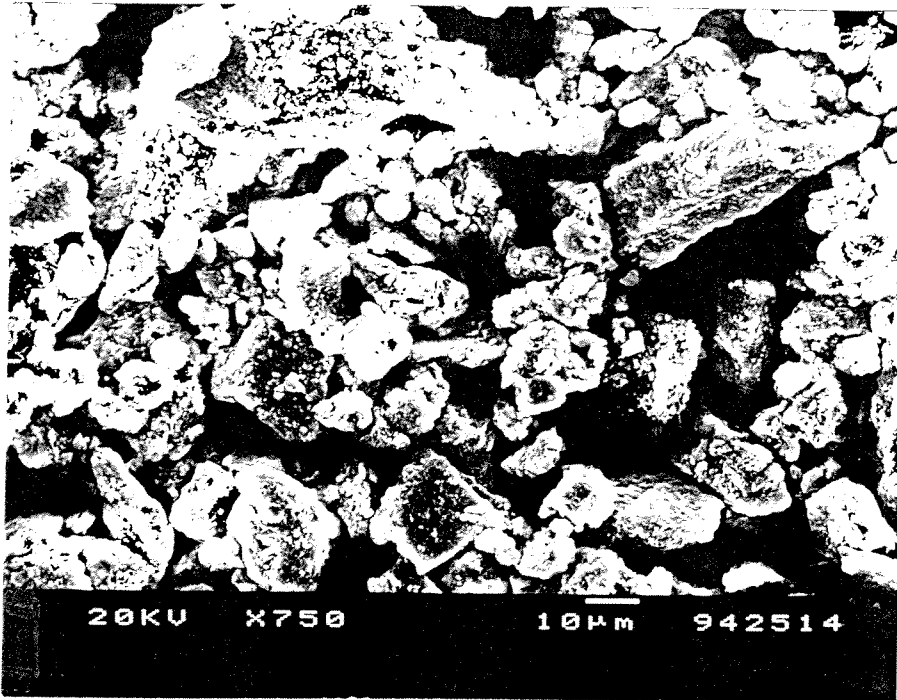
	Örnek Kod No. CLI-11	Örnek Kod No. CLI-6
Toplam gözenek hacmi (cm ³ /g)	0.2216	0.2006
Toplam yüzey alanı (m ² /g)	17.5	23.9
Orta gözenek çapı (µm) (Hacim)	0.1219	0.0678
Orta gözenek çapı (µm) (Alan)	0.0214	0.0143
Ortalama gözenek çapı (mm) 4 (Hacim/Alan)	0.050	0.0336
Görünür yoğunluk (g/cm ³)	1.3889	1.3411
Gerçek yoğunluk (g/cm ³)	2.0063	1.8346



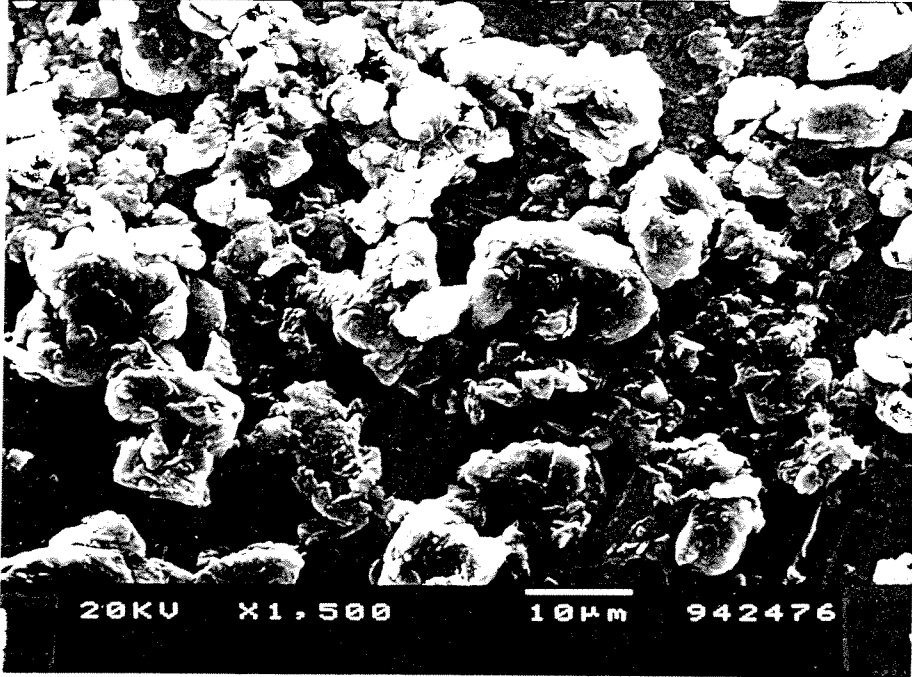
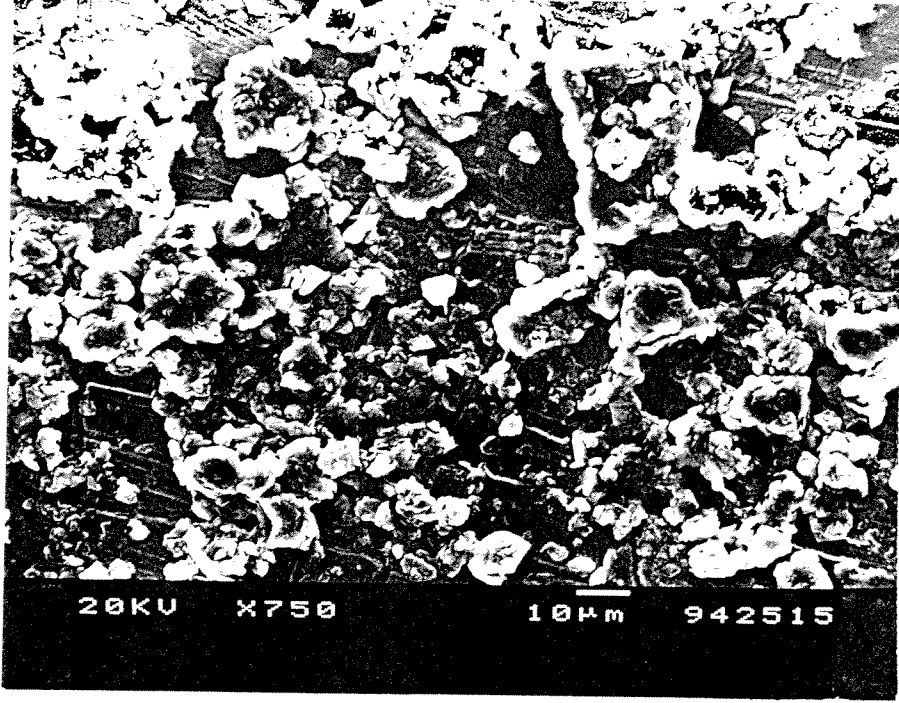
Şekil 18. Kümülatif Gözenek Hacminin Gözenek Çapı ile Değişimi
(Örnek: Bigadiç Klinoptiloliti, CLI-6)



Şekil 19. Kümülatif Gözenek Hacminin Gözenek Çapı ile Değişimi
(Örnek: Bigadiç Klinoptiloliti, CLI-11)



Şekil 20. Bigadiç Klinoptiloliti Örneğinin Taramalı
Elektron Mikroskopu ile Çekilmiş Fotoğrafları
Örnek No.: CLI-6)



Şekil 21. Bigadiç Klinoptiloliti Yığın Üretimi Örneğinin Taramalı Elektron Mikroskopu ile Çekilmiş Fotoğrafları (Örnek No.: CLI-11)

Bigadiç klinoptiloliti örneklerinden gözenek dağılımı ile görünür ve gerçek yoğunluk ölçümlerinin yapıldığı bu iki örneğin (CLI-6 ve CLI-11) taramalı elektron mikroskopu ile çekilmiş fotoğrafları da Şekil 20 ve 21'de verilmiştir. Fotoğraflar Jeol-JSM-T330 model elektron mikroskopu ile 750 ve 1500 büyütme oranlarında çekilmiştir. Örnekler Jeol-SEE vakum buharlaştırıcı ile karbon kaplama yapılarak hazırlanmıştır.

4.6. Bigadiç Klinoptiloliti Örneklerinin Amonyum ve Sezyum Katyonlarını Tutma Özellikleri

Doğal klinoptilolit zeolitinin en önemli potansiyel kullanım alanlarından bir tanesi katyon değiştirme özelliklerinden yararlanarak atık sular içinde bulunan çevreye zararlı bazı katyonların tutulmasıdır. Bu katyonlardan biri amonyumdur. Atık sularda amonyum derişiminin yosun büyümesini hızlandırması, oksijen talebini arttırması, canlıları zehirlenmesi ve metallerin korozyonuna hızlandırmasından dolayı belli sınırlar altında tutulması gerekmektedir. Atık sulardan amonyum katyonunun tutulması için geliştirilen en uygun yöntemlerden bir tanesi klinoptilolit zeolitinin amonyum katyonuna karşı diğer iyonlara nazaran seçici olmasından yararlanan sabit yataklı katyon değiştirme sistemidir. Klinoptilolit zeolitinin katyon değiştirme özelliğine dayanan diğer bir önemli uygulama radyoaktif atıklardan sezyum (137) katyonlarının tutulmasıdır. Sezyum (137) izotopu nükleer santrallarda nükleer parçalanma sonucu oluşmaktadır ve yarıyıl ömrü yaklaşık 30 yıldır.

ODTÜ Kimya Mühendisliği laboratuvarlarında yapılan çalışmalarda Bigadiç yöresi klinoptilolit zeolitlerinin dolgulu kolonda amonyum ve sezyum iyonlarını tutması incelenmiştir.

Bu incelemelerde zeolit parça büyüklüğünün katyon derişimlerinin ve yataktaki çözelti hızının dolgulu kolonda katyon tutma kapasitesi üzerine etkileri incelenmiş ve çözülden katyon tutma yüzdeleri belirlenmiştir.

Kolon çalışmaları için zeolit örnekleri öğütülerek standart (ASTM E-11) elekler ile elenerek -6+16, -16+30 ve -30+50 meş fraksiyonlarına ayrılmıştır. Bu fraksiyonlar sırası ile 1.19-3.39, 0.595-1.19 ve 0.297-0.595 mm parça büyüklüklerine karşılık gelmektedir.

Klinoptilolit örnekleri çeşitli türde katyon içerdiklerinden tek katyonlu (sodyum) hale çevirmek amacı ile sodyum tuzu içeren çözeltiler ile

muamele edilmiştir. Sodyum katyonlu forma çevrilen klinoptilolit örnekleri cam bir kolona (1.1 cm çapında) belli bir miktarda (~5.0 g) yerleştirilmiştir. Belli derişimlerde hazırlanan amonyum veya sezyum içeren çözeltiler kolondan yukarıdan aşağıya doğru peristaltik bir pompa yardımı ile değişik hızlarda geçirilmiştir. Kolon çıkışından alınan çözelti örneklerinde katyon tayinleri yapılmıştır. Amonyum tayinleri amonyum elektrodu (Russel marka) ve bir iyonmetre (Orion marka) ile, sezyum ise atomik emisyon spektrofotometresi (Unicam marka) ile yapılmıştır.

Analiz sonuçlarından elde edilen salıverme eğrilerinden bazıları Şekil 22-26'da verilmiştir. Deney şartları ve salıverme eğrilerinden elde edilen sonuçlar toplu olarak Çizelge 15 ve 16'da verilmiştir.

Çizelge 15 ve 16'a birinci sütun kolona giren çözeltide amonyum ve sezyum derişimlerinin mg/l olarak vermektedir. İkinci sütun çözeltinin yataktan geçiş hızını yatak hacmi/saat olarak vermektedir. Yatak hacmi ortalama bir değer olarak 5.3 cm³ olarak alınabilir. Üçüncü sütun parça boyut aralığını elek altı elek üstü olarak vermektedir. Dördüncü sütun yatak çıkışında katyon derişiminin artmaya başladığı anda yataktan o ana kadar geçen çözeltinin yatak hacmi cinsinden miktarıdır. Son sütunda ise yataktan geçen çözelti içinde bulunan katyonun tutulma yüzdesi verilmektedir.

Çizelge 15-16 ve Şekil 22-26'dan görüldüğü gibi parça boyutu -6+16 meş (1.19-3.36 mm) olan klinoptilolit örneklerinin dolgulu kolonda katyon tutma kapasiteleri çalışma şartlarında düşüktür. Hatta bazı deneylerde yatak çıkışında katyon derişimi tesbit edilen değeri hemen aştığı için kapasite tayini mümkün olmamıştır. Etkin amonyum veya sezyum arıtımı için klinoptilolit zeolitinin -30-50 meş (0.297-0.595 mm) öğütülmesinin yararlı olacağı anlaşılmaktadır. Klinoptilolit zeolitinin, amonyum iyonu derişiminin 17-170 mg/l aralığında olduğu durumlarda, amonyum tutma yüzdesi % 95-99 dolayında olmakta ve dinamik yatak kapasitesi 1. mekivalen/g a kadar yükselebilmektedir. Aynı şekilde klinoptilolit zeolitinin sezyum tutma kapasitesi 1 mekivalen /g ve çözelti içindeki sezyumu tutma oranı % 95-99.5 a kadar ulaşmaktadır.

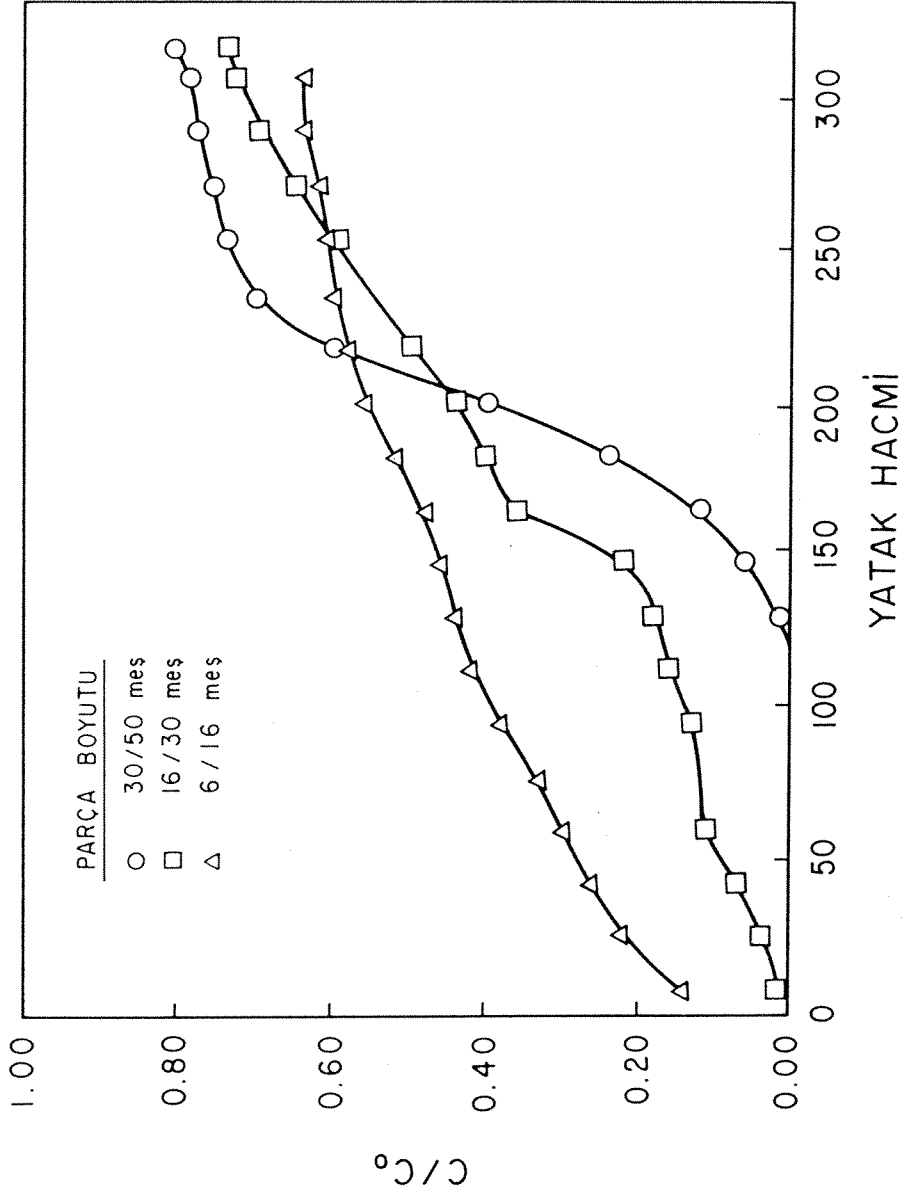
Bu sonuçlar yerel klinoptilolit zeolitinin atık sulardan amonyum ve sezyum tutulması proseslerinde kullanılabileceğini göstermektedir.

Çizelge 15. Klinoptilolit Yatağının NH_4^+ Tutma Performansı
(örnek: Bigadiç Klinoptiloliti, CLI-11)

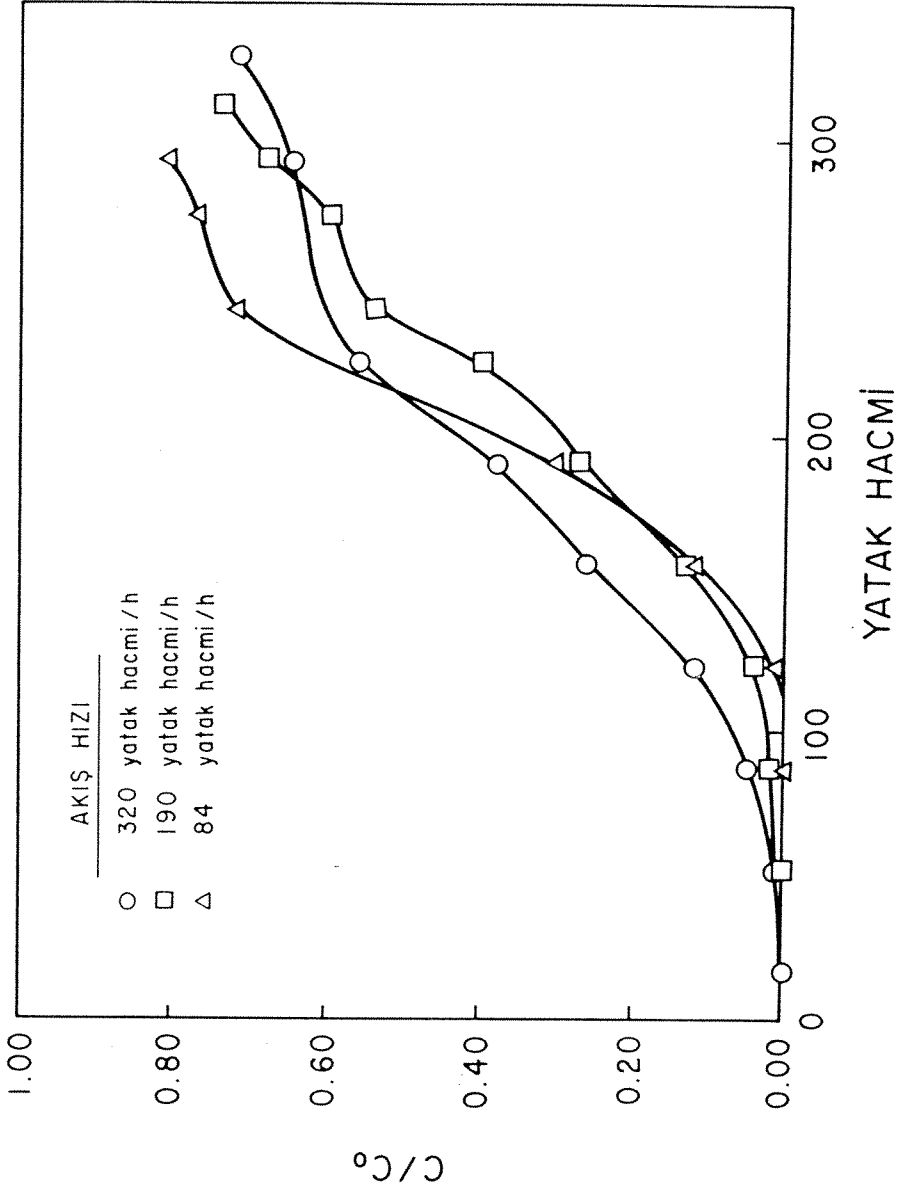
NH_4^+ Derişimi (mg/l)	Akış Hızı Yat.Hac./sa.	Parça Boyu (meş)	Muamele Edilen çözelti Hacmi (Yatak hacmi)	Yatak Kapasitesi (mek./g)	Çözeltiden NH_4^+ Ayırma Yüzdesi
170	84	30/50	75	0.84	99.5
170	190	30/50	40	0.44	98.4
170	320	30/50	20	0.169	98.8
170	84	16/30	25	0.26	98.8
170	190	16/30	7	0.057	98
170	320	16/30	3	0.036	98
170	320	6/16	-	-	-
85	84	30/50	150	0.85	99.7
85	190	30/50	125	0.7	99
85	320	30/50	80	0.48	98
85	84	16/30	50	0.28	97
85	190	16/30	28	0.15	96
85	320	16/30	12	0.07	96
85	84	6/16	-	-	-
17	84	6/16	465	0.433	85
17	190	6/16	175	0.137	75
17	320	6/16	-	-	-
17	190	16/50	719	0.78	95
17	320	16/30	680	0.7	90
17	190	30/50	950	1.08	97
17	320	30/50	940	1.04	90

Çizelge 16. Klinoptilolit Yatağının Cs⁺ Tutma Performansı
(örnek: Bigadiç Klinoptiloliti, CLI-11)

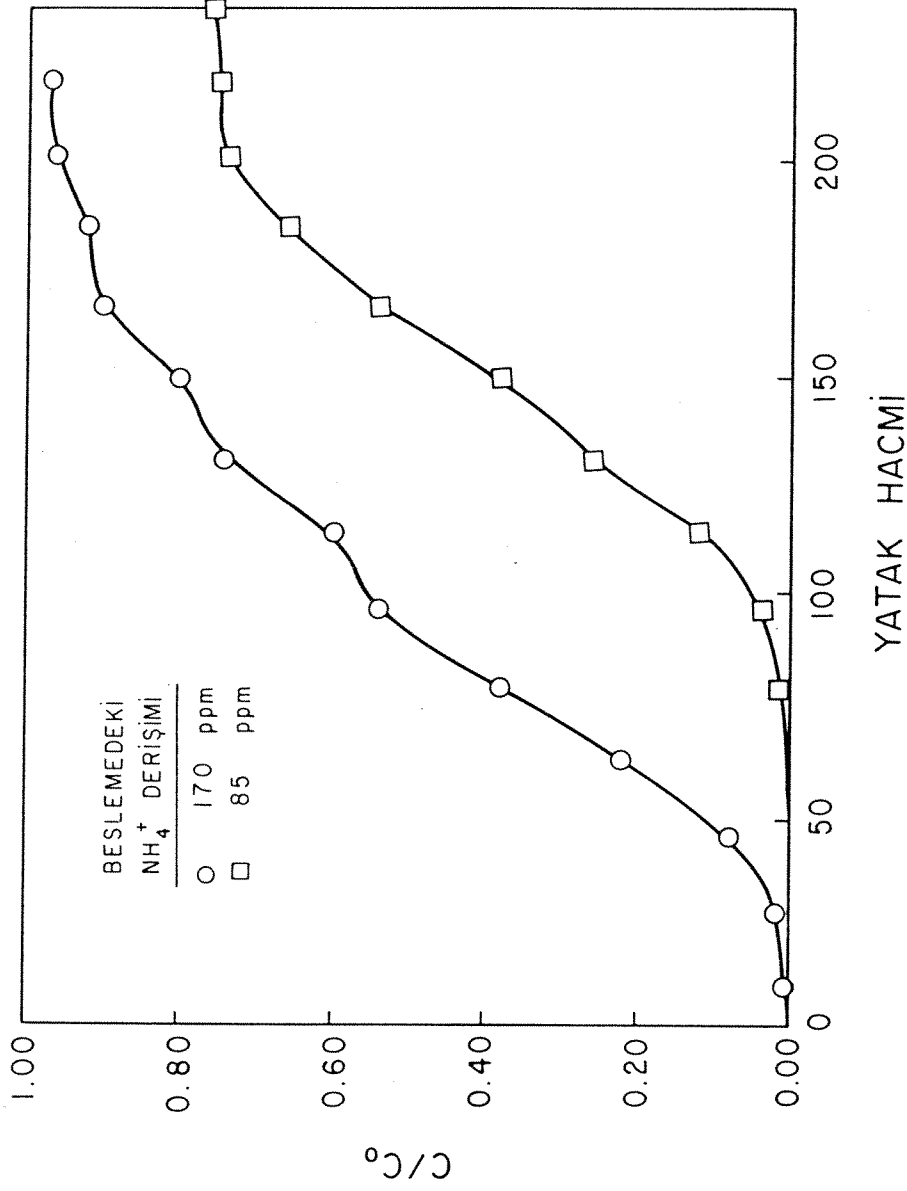
Cs ⁺ Derişimi (mg/l)	Akış Hızı Yat.Hac./sa.	Parça Boyu (meş)	Muamele Edilen çözelti Hacmi (Yatak hacmi)	Yatak Kapasitesi (mek./g)	Çözeltiden Cs ⁺ Ayırma Yüzdesi
665	84	30/50	120	0.684	99.5
665	190	30/50	60	0.342	98.3
665	320	30/50	20	0.114	97.0
665	84	16/30	30	0.171	97.6
333	84	30/50	350	1.0	99.3
333	190	30/50	320	0.912	99.3
333	320	30/50	150	0.41	97.0
133	84	16/30	700	0.8	99.6
133	190	16/30	540	0.627	99.3
133	320	16/30	300	0.433	95.0
133	84	30/50	920	1.025	99.7
133	190	30/50	920	1.02	99.6
133	320	30/50	750	0.85	99.5



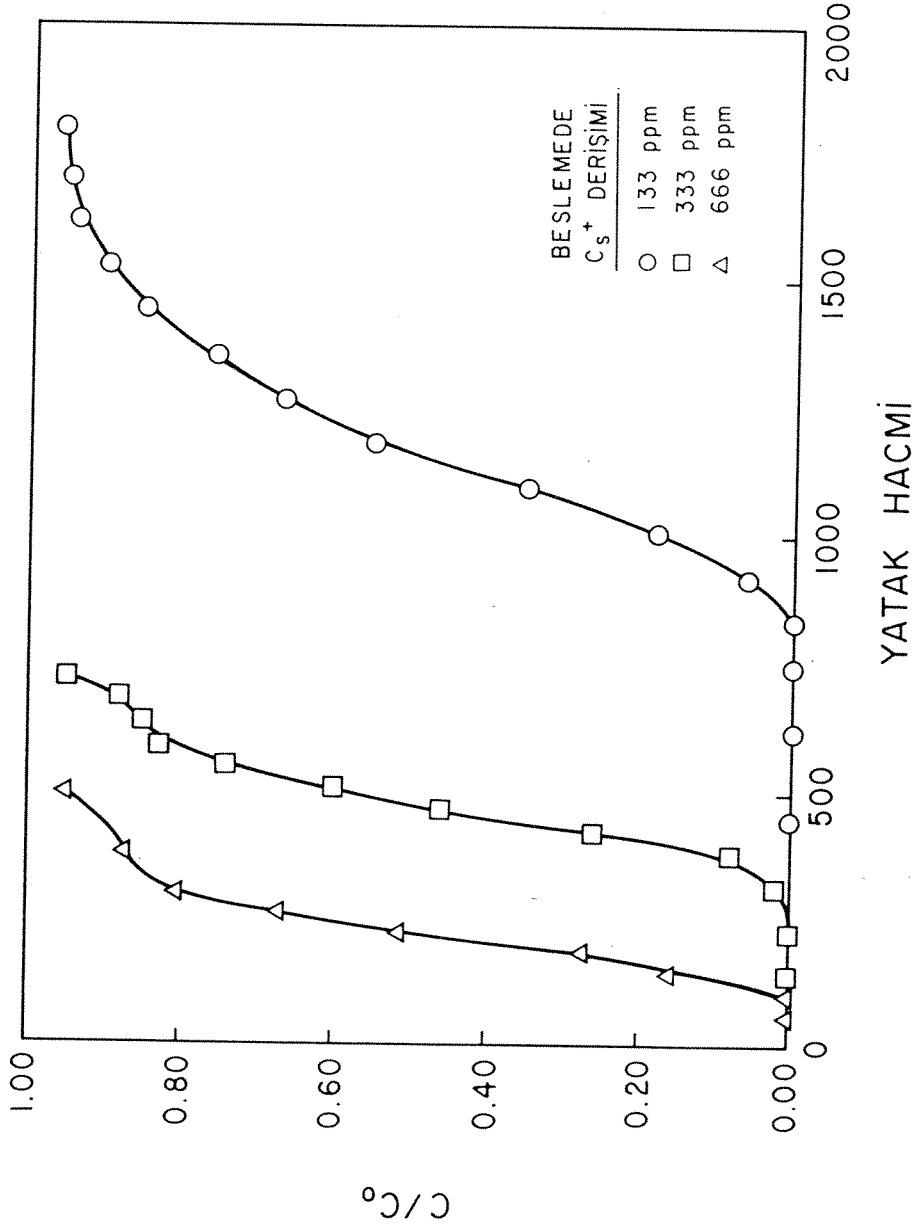
Şekil 22. Çeşitli Parça Boyutları için NH_4^+ Salıverme Eğrileri
(Yatak Malzemesi: Bigadiç Klinoptiloliti, CLI-11; Beslemedeki NH_4^+ Derişimi: 85 mg/L; Akış Hızı: 84 yatak hacmi/saat)



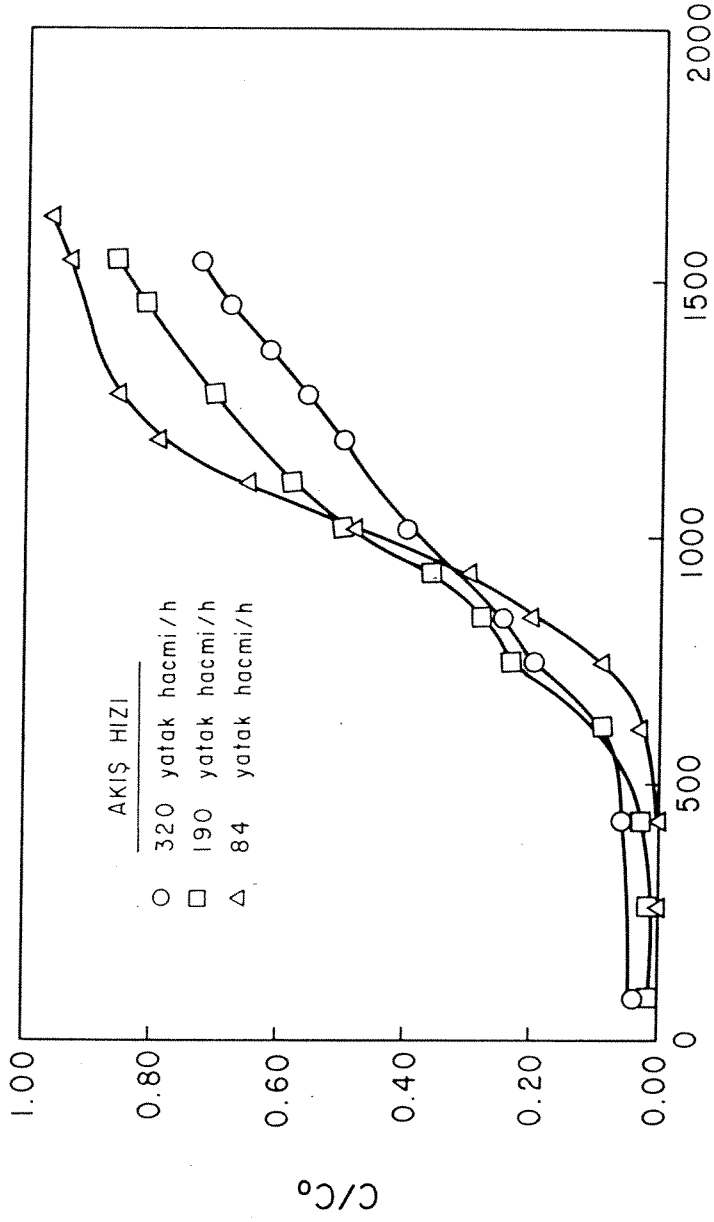
Şekil 23. Çeşitli Akış Hızlarında NH_4^+ Salıverme Eğrileri (Yatak Malzemesi: Bigadiç Klinoptiloliti, CLI-11; Parça Boyutu: 30-50 meş; Beslemedeki NH_4^+ Derişimi: 85 mg/L)



Şekil 24. Besleme Akımındaki Çeşitli NH₄⁺ Derişimleri için Salıverme Eğrileri (Yatak Malzemesi: Bigadiç Klinoptiloliti, CLI-11; Parça Boyutu: 30-50 meş; Akış Hızı: 84 yatak hacmi/saat)



Şekil 25. Besleme Akımındaki Çeşitli Cs^+ Derişimleri için Salıverme Eğrileri (Yatak Malzemesi: Bigadiç Klinoptiloliti, CLI-11; Parça Boyutu: 30-50 meş; Akış Hızı: 84 yatak hacmi/saat)



YATAK HACMI

Şekil 26. Çeşitli Akış Hızlarında Cs^+ Sallırme Eğrileri (Yatak Malzemesi: Bigadiç Klinoptiloliti, CLI-11; Parça Boyutu: 16-30 meş; Beslemedeki Cs^+ derişimi: 133 mg/L)

V. DEĞERLENDİRME VE ÖNERİLER

5.1. Değerlendirme

Çok değişik endüstriyel süreçler ile tarım ve hayvancılık uygulamalarında potansiyel olarak kullanılabilirliği laboratuvar çalışmalarıyla gösterilen doğal zeolitlerin dünyada yıllık tüketimi 100,000 ton düzeyindedir. Bu toplam tüketim düzeyinin çok düşük olduğunu vurgulamak gerekir. Türkiye'de de doğal zeolitlere ilişkin çok sayıda çalışma yapılmış durumdadır. Ancak Türkiye'de doğal zeolit kullanımı istatistiklere girmeyecek kadar az olup yıllık doğal zeolit üretiminin 1000 tonun altında olduğu tahmin edilmektedir (Köktürk, 1995).

Dünyada kırktan fazla ülkede ve toplam olarak binden fazla doğal zeolit oluşumu rapor edilmiş iken (Roskill, 1990) ve sadece Türkiye rezervleri bir milyar tonun üzerinde olan doğal zeolitlerin, yaygın olarak bulunan mineraller olduğunun bilinir olmasından otuz-kırk yıl sonra dahi, anlamlı sayılabilecek ölçüde tüketilmemelerinin nedenleri vardır. Doğal zeolit üreticileri ve girişimciler, doğal zeolitlerin karmaşık ve birbirlerinden farklı kimyasal malzemeler olduğunu, yapı ve bileşim farklılıklarının malzemenin fiziksel ve kimyasal özelliklerini ve dolayısıyla önerilen ticari kullanım için uygun olup olmadığını etkilediğini yeterince kabul etmiş gözükmemektedir.

Özellikle yapay zeolitlerin ve potansiyel olarak da doğal zeolitlerin iyon değiştirme, adsorplama, molekül eleme, kataliz vb. alanlarda çoğu kez karmaşık, yüksek teknoloji ve araştırma birikimi gerektiren uygulamalarda birim malzeme değeri yüksek ürünler olarak kullanılmalılarının geçmişi 50 yıla uzanmaktadır. Ancak, yapay zeolitlerin birim malzeme değeri yüksek özel kimyasallar türü kullanımlarının doğal zeolitler için geçerli olamayacağı ve doğal zeolitlerin ucuz malzeme olmaları nedeniyle, birim malzeme değerinin düşük olduğu alanlarda değerlendirilme potansiyelinin bulunduğu kabul edilmelidir.

Türkiye'de klinoptilolit sahaları üzerinde işletme ruhsatları bulunan Etibank ve M.T.A. Enstitüsünce de, doğal zeolitlerin rezervlerinin bir milyar tonun üzerinde olmasına karşın tüketimlerinin yok denilecek ölçüde az olduğunun, ve doğal zeolitlerin maden çıktı maliyetlerinin dünyada 10-50 USD/ton düzeyinde olduğunun açıklıkla görülmesinde yarar vardır. Doğal zeolitler için ticari olarak kullanılabilir uygulamalar geliştirildiğinde,

gerçekte satış potansiyeli olan unsur, birim değeri yüksek malzeme değil, geliştirilmiş uygulamanın arkasındaki araştırma ve bilgi olacaktır.

Türkiye'nin doğal zeolit kaynaklarının değerlendirilmesine ilişkin bu çalışmanın öneriler bölümü öncesinde, dünyada ve Türkiye'de doğal zeolitlerin toplam rezervleri ve yıllık tüketim düzeylerine ilişkin verileri, mertebelerini vurgulamak amacıyla özetliyoruz:

- * Dünya toplam doğal zeolit rezervi : 100 milyar ton
- * Türkiye toplam doğal zeolit rezervi : 1 milyar ton
- * Dünya yıllık doğal zeolit tüketimi : 100,000 ton
- * Türkiye yıllık doğal zeolit tüketimi : 1,000 ton

5.2. Öneriler

Türkiye'nin önemli doğal zeolit kaynaklarının işletme hakkını elinde bulunduran Etibank ve M.T.A. Enstitüsünün, fason üretimle değişik yörelerin doğal zeolitlerinden kırılmış, öğütülmüş, sınıflandırılmış araştırma ve pilot uygulama malzemeleri hazırlaması uygun olacaktır. Bu malzemeler için başlangıçta X-ışını kırınım desenleri, kimyasal bileşimleri ve mikrofotografı ile sınırlı tutulsa da zamanla genişletilecek özellikleri içeren Veri Yaprakları (Data Sheets) düzenlenmesini öneriyoruz. Bu yaklaşım için örnek oluşturabilecek bilgiler, Ek 1'de verilen "Mineral Research" firmasının doğal zeolit örnek bankasındaki doğal zeolit örneklerinin tanımlarını veren metinde ve Ek 2'de verilen "Anaconda Minerals Company"nin Ash Meadows, Nevada, A.B.D.'deki klinoptilolit sahasının özelliklerini tanımlayıcı özet veri yaprağı ve harita örneğinde görülebilir.

Doğal zeolitler ile ilgili yapılacak araştırmalarda iyi karakterize edilmiş doğal zeolit örneklerinin kullanılması önemlidir. "Karakterizasyon" teriminden anlaşılması gereken, malzemenin önerildiği kullanım için önemli olan mineralojik, fiziksel, kimyasal, ısı vb. özelliklerinin tayinidir. Özellikle uygulamaya ve pazar geliştirmeye yönelik girişimlerin araştırma aşamasında, kullanılacak zeolit gerekebilecek miktarlarda ve eş nitelikte sağlanabilecek bir kaynaktan alınması da önem taşır. Aynı mineral adını taşıyan doğal zeolitlerle yapılan çalışmaların, gerek tekrarlanabilirliğinde karşılaşılan güçlükler, gerekse araştırma aşamasında

ulaşılan sonuçların uygulamaya geçildiğinde benzer ölçüde sağlanamaması, çoğu kez iyi tanımlanmamış doğal zeolit örnekleriyle çalışılmış olmasından kaynaklanmaktadır.

Doğal zeolitler için pazar geliştirmeye yönelik araştırma stratejileri yüksek teknoloji alanlarını hedef seğmemelidir. Katalizör ve adsorbent malzeme olarak değişik kimyasal süreçlerde yapay zeolitler yerleşik kullanım alanları bulmuşlardır. Bu süreçlerde yapay zeolitlerin rejenere edilmeleri ve çevrimsel olarak kullanılmaları nedeniyle yararlı kullanım ömürleri birkaç yıl düzeyinde olmakta ve yapay zeolitlerin birim malzeme fiyatları yüksek olsa da, kullanıldıkları sürecin toplam maliyeti içersindeki payları sınırlı kalmaktadır. Doğal zeolitlerin birim maliyetlerinin düşük olmasından yararlanılabilecek kullanım alanları, malzemenin bir kez kullanılarak atıldığı ya da tüketildiği uygulamalar olacaktır. Bu nedenle doğal zeolitlerin kataliz, diyaliz, güneş enerjisi ile soğutma, çevrimsel adsorplama süreçleri vb. yüksek teknoloji uygulamalarında yapay zeolitlerle yarışması güçtür.

Zeolit malzemenin bir kez kullanılıp atıldığı ve/veya zeolit malzemenin saflığı ile özelliklerindeki farklılaşmanın uygulamanın başarısı için kritik önemde olmadığı alanlarda, doğal zeolitlerin pazara girme potansiyeli daha yüksektir. Bu alanlar için atıksu arıtımı, deterjanlarda su yumuşatıcı katkı maddesi olarak kullanım, doğal puzzolan özelliği nedeniyle traslı çimentoda kullanım, koku tutucu malzeme vb. rejenereasyon gerektirmeyen ve yüksek teknoloji uygulaması niteliğinde olmayan örnekler gösterilebilir. Bu raporun sonuç bölümü olarak önerilen araştırma stratejisi ile uyumlu iki geliştirme ve uygulama örneği sunulmaktadır:

1. Doğal zeolitlerin düşük birim değerleri malzeme olmaları nedeniyle kullanım potansiyeli yüksek olan bir alan, traslı çimentoda puzzolan özelliği olması nedeniyle zeolitlerin katkı maddesi olarak kullanımınıdır. Bu kullanım için gerek Bigadiç gerekse Gördes klinoptilolitleri potansiyel olarak uygun malzemelerdir. Batı Anadolu klinoptilolit yatakları yakınında bulunan imento fabrikalarının yerleri ve kapasitelerine ilişkin bilgiler Ek 5'de izelge 18 ve şekil 28'de verilmiştir. Traslı imentoda klinoptilolitinin yıllık tüketim potansiyeli 100,000-300,000 ton mertebesindedir. Çimentoda katkı maddesi olarak klinoptilolit kullanımının, potansiyel uygulayıcı olan imento fabrikalarıyla işbirliği içersinde yapılması gereklidir. Traslı imentoda zeolit kullanımına ilişkin araştırma planının temel unsurları şunlardır:

(i) Katkı maddesi olarak kullanılacak klinoptilotin ve fabrikaca kullanılan trasın fiziksel ve kimyasal özelliklerinin belirlenmesi, kırma-öğütme işlemlerindeki enerji tüketiminin karşılaştırılması olarak ölçülmesi,

(ii) Zeolit ve diğer tras katkılı çimentolarla hazırlanan harçların donma süresi, penetrasyon derinliği, betonun 2,7,28 ve 90 günlük eğilme ve basınç dayanımı testlerinin yapılması, ve katkısız klinkerle hazırlanmış örneklerle karşılaştırılması,

(iii) Çimento standartlarına uygun olacak zeolit ve diğer tras katkısının klinkere oranlarının belirlenmesi,

(iv) Klinkere katılabilecek zeolit ya da trasın oranları, malzeme birim maliyeti ve öğütme dahil malzeme hazırlama giderlerini içeren karşılaştırılmalı ekonomik analizin yapılması.

Bu nitelikte bir çalışmanın, zeolit malzemenin potansiyel olarak kullanılabilir bir tras malzemesi olduğu yaklaşımında olan bir çimento fabrikasının destek ve katılımıyla yürütülmesi yararlı olacaktır.

2. Küçük ve orta ölçekli sanayide girişimciler için zeolit kullanımının anlamlı olacağı düşük teknoloji alanlarından biri, zeolit malzemenin koku giderici olarak kullanıldığı uygulamalardır. Bu amaçla, A.B.D. ve Macaristan'da ticari uygulaması olan, ahır koku gidericisi, çöp bidonu koku gidericisi ve ayakkabı-içi altlıkları ile ilgili ilan örnekleri Ek 5'de Şekil 29'da gösterilmiştir. Bu uygulamalar için kullanılacak zeolit malzemenin üstün saflıkta olması gerekmektedir.

5.3. Sonuç

Türkiye'de doğal zeolit kaynaklarının kullanım düzeyinin ve pazar payının artırılması amacıyla zeolit karakterizasyon çalışmalarına ağırlık verilmesi, uygulamaya yönelik araştırmaların iyi tanımlanmış zeolit malzemeler kullanılarak yapılması ve pazar geliştirme çalışmalarının kullanılan zeolitin birim malzeme değerinin düşük olduğu alanlarda yoğunlaştırılması uygun olacaktır.

KAYNAKLAR

1. Altav, Y., Sirkecioğlu, A., Erdem-Şenatalar, A., "Bigadiç Klinoptiloliti ile H₂S ve SO₂ Adsorpsiyonu", 1. Ulusal Kimya Mühendisliği Kongresi Tebliğ Kitabı, Vol.1, ed : Tiryaki, A., O.D.T.Ü., Ankara (1994), pp:84-93.
2. A.S.T.M., "Standard Test Method for Relative Zeolite Diffraction Intensities", ASTM : D3906-80 (1980).
3. Ataman, G., "Türkiye'de Yeni Bir Analsim Oluşuğu ve Zeolitli Serilerle Plaka Tektoniği Arasındaki Muhtemel İlişkiler", Yerbilimleri, 1, 9-23 (1976).
4. Ataman, G., "Batı Anadolu Zeolit Oluşumları", Yerbilimleri, 3, 85-94 (1977).
5. Ataman, G., Gündoğdu, N., "Kuzey Orta Anadolu Sedimanter Sistemlerinde Zeolit Oluşumlarının Araştırılması", Doğa, Temel Bil., 4, 15-20 (1980).
6. Ataman, G., Gündoğdu, N., "Anadolu Tersiyerinde Analsimli Zonlar ve Bunların Jeolojik Konumu", Yerbilimleri, 7, 9-14 (1981).
7. Aydemir, A., Yörükoğulları, E., "Güneş Enerjisinin Zeolite Depo Edilmesi", TÜBİTAK, Proje No.: MAG 605 (1987).
8. Boles, J.R., "Composition, Optical Properties, Cell Dimensions and Thermal Stability of Some Heulandite Group Zeolites", Amer.Min., 57, 1463-1493 (1972).
9. Bülbül, İ., Atalay, Ç., Tantekin-Ersolmaz, S.B., Erdem-Şenatalar, A., "Zeolit Katkılı Polimerik Membranlar ile Gaz Ayırma", 1. Ulusal Kimya Mühendisliği Kongresi Tebliğ Kitabı, Vol.1, ed: Tiryaki, A., O.D.T.Ü., Ankara (1994), pp:461-481.
10. Clarke, G., "Zeolites-take off for the tuff guys?", Industrial Minerals, No.149, 21-38 (1980).
11. Clifton, R.A., "Natural and Synthetic Zeolites", USBM, Information Circular 9140 (1987, p:9).
12. Çandar, V., "Bigadiç Doğal Klinoptilolitlerinin Katalitik Özelliklerinin İncelenmesi", Doktora Tezi, İ.T.Ü. Kimya Mühendisliği Bölümü (1986).

13. Çolpan, İ., Yalçın, S., Çetin, O., Gündoğdu, N., "Farklı Düzeylerde Zeolit İçeren Rasyonların Merinos Kuzularında Besi Performansı, Karkas Özellikleri ile Bazı Kan ve Rumen Sıvısı Metabolitleri Üzerine Etkisi", TÜBİTAK, Proje No.:VHAG-616 ve Doğa Bilim Dergisi, D1,10, (1986), pp:32-44.
14. De Gennaro, M., Colella, C., Franco, E., Aiello, R., "Italian Zeolites 1. Mineralogical and Technical Features of Neapolitan Yellow Tuff", Industrial Minerals, No.186, 47-53 (1983).
15. DPT, "Endüstri Mineralleri Alt Komisyon Raporu", Altıncı Beş Yıllık Kalkınma Planı, DPT : 2300-ÖİK : 407 (1992).
16. Easton, A.J., "Chemical Analysis of Silicate Rocks", Elsevier, New York (1972).
17. Erdem-Şenatalar, A., Sirkecioğlu, A., Güray, İ., Esenli, F., Kumbasar, I., "Characterization of the Clinoptilolite-rich Tuffs of Bigadiç: Variation of the Ion-Exchange Capacity with Pretreatments and Zeolite Content", Proc. of the 9 th Int. Zeolite Conference, Vol.2, ed: von Ballmoos, J.B., Higgins, M.M.J., Butterworth-Heinemann, Princeton (1993), pp:223-231.
18. Esenli, F., "Zeolitik Diagenез ve Bu Süreçteki Kimyasal Olaylar : Dünyadan ve Türkiye'den Örnekler", İ.T.Ü. Dergisi, 48(1), 69-76 (1990).
19. Esenli, F., "Hoylandit - Klinoptilolit Ayırımında Yeni Bir Bulgu : $I(d = 5.11 \text{ \AA}) / I(d = 5.24 \text{ \AA})$ Oranı", İ.T.Ü. Dergisi, 50(2), 1-6 (1992).
20. Esenli, F., "Gördes Çevresindeki Zeolitli Tüflerde Hoylandit-Klinoptilolit Miktarlarının X-Işınları Difraksiyonu ile Kantitatif Tayini", Jeoloji Mühendisliği Dergisi, 42, 42-49 (1993).
21. Esenli, F., "Gördes Neojen Havzasının Asidik Tüflerinde Zeolitleşme ile (Hoylandit-Klinoptilolit Tip) Meydana Gelen Kimyasal Değişimler", Türkiye Jeoloji Bülteni, 36 (2), 37-44 (1993).
22. Esenli, F., Özpeker, I., "Gördes Çevresindeki Neojen Havzanın Zeolilit Diyajenezi ve Hoylandit-Klinoptilolitlerin Mineralojisi", Türkiye Jeoloji Kurultayı Bülteni-8, Ankara (1993), pp:1-8.
23. Esenli, F., Kumbasar, I., "Thermal Behaviour of Heulandites and Clinoptilolites of Western Anatolia", in "Zeolites and Related Microporous Materials : State of the Art 1994", ed : Weitkamp, J., Karge, H.G., Pfeifer, H., Hölderich, W., Elsevier, Amsterdam (1994), pp:645-651.

24. Galabova, I.M., Haralampiev, G.A., Alexiev, B., "Oxygen Enrichment of Air Using Bulgarian Clinoptilolite", in "Natural Zeolites, Occurrence, Properties, Use", ed: Sand, L.B., Mumpton, F.A., Pergamon Press, Oxford (1978), pp:431-437.
25. Gottardi, G., Obradovic, J., "Sedimentary Zeolites in Europe", Fortschr. Mineral., 56, 316-366 (1978).
26. Gottardi, G., Galli, E., "Natural Zeolites", Springer-Verlag, Berlin (1985).
27. Griffiths, J., "Zeolites Cleaning up from the Laundry to Three Mile Island", Industrial Minerals, No.232, 19-33 (1987).
28. Göktekin, A., "Bigadiç Tülü Ovası Zeolitlerinin Teknolojik Özelliklerinin Araştırılması", İstanbul Teknik Üniversitesi Yerbilimleri ve Yeraltı Kaynakları Uygulama Araştırma Merkezi, İstanbul (1989).
29. Gündoğdu, M.N., Temel, A., Öner, F., Demir, T., Baysal, O., "Bigadiç Zeolitli Tüflerinin Bazı Ağır Metal Katyonlarının Atık Sulardan Arıtımında Kullanımı", Çevre, 5, 3-7 (1988).
30. Güray, İ., Tarhan, Ş.E., Kocasoy, G., Erdem-Şenatalar, A., "An Attempt for the Removal of Heavy Metals from Wastewaters by Natural Zeolites", Proc. Int. Conf. on Environmental Problems, ed : Curi, K., İstanbul (1991), pp:160-169.
31. Hawkins, D.B., "Occurrence and Availability of Natural Zeolites", in "Zeo-Agriculture - Use of Natural Zeolites in Agriculture and Aquaculture", ed : Pond, W.G., Mumpton, F.A., Westview Press, Colorado (1984), pp: 69-78.
32. Hay, R.L., "Zeolites and Zeolitic Reactions in Sedimentary Rocks", Geological Society of America, New York (1986).
33. İnel, O., Yörükoğulları, E., Orhun, Ö., Albayrak, F., "Adsorption of Some Heavy Metals on Zeolitic Tuffs", Chimica Acta Turcica, 19, 77-83 (1991).
34. Jama, M.A., "Equilibrium Study of Ammonium Ion Exchange by Clinoptilolite", Y.Lisans Tezi, O.D.T.Ü., Kimya Mühendisliği Bölümü (1988).
35. Jama, M.A., Yücel, H., "Equilibrium Studies of Sodium-Ammonium, Potassium-Ammonium and Calcium-Ammonium Exchanges on Clinoptilolite Zeolite", Separation Science and Technology, 24 (15), 1393-1416 (1989).

36. JCPDS - ICDD, The Joint Committee on Powder Diffraction Standards - The International Center for Diffraction Data, "Powder Diffraction File, PDF-2", CD - ROM (1992).
37. Klopp, G., Suto, J., Szebenji, J., "Molecular Sieve Sorbents from Hungarian Clinoptilolite", 5th Int. Conf. on Zeolites, Proceedings, Naples (1980), pp:841-849.
38. Köktürk, U., "Zeolit Madenciliği ve Çevre Sağlığına Etkileri", Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu", ed : Köse ve Kızıl, İzmir (1995), pp:293-301.
39. Köktürk, U., Yılmaz, H., Baykal, A., "Bigadiç Zeolitlerinde X-Işını Mikroprob Cihazı ile Belirlenen Kanserojen Lifsi Yapılaşmalar", Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu", ed : Köse ve Kızıl, İzmir (1995), pp:303-311.
40. Kumbasar, I., Uz, B., Esenli, F., Manav, H., "Etibank Kestelek (Mustafa Kemal Paşa - Bursa) Kolemanit İşletmesi ve Çevresindeki Zeolitlerin Araştırılması", İstanbul Teknik Üniversitesi Yerbilimleri ve Yeraltı Kaynakları Uygulama Araştırma Merkezi, Proje No.:Y.B.Y.K. ETB.84-01, İstanbul (1985).
41. Kurama, H., Kaya, M., "Doğal Klinoptilolitin İyon Değişim Özellikleri Pb⁺⁺, Cu⁺⁺, Cd⁺⁺, Hg⁺⁺/Na⁺ Dengesi", Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu", ed : Köse ve Kızıl, İzmir (1995), pp:313-321.
42. Lijima, A., "Composition and Origin of Clinoptilolite in the Nakasowa Tuff of Rumoi, Hokkaido", Molecular Sieve Zeolites-I, A.C.S., Washington (1970), pp:334-341.
43. Manly, R., Holmes, J., "Minerals with a Natural Advantage", New Scientist, 25 March 1989, pp:39-43.
44. Mason, B., Sand, L.B., "Clinoptilolite from Patagonia. The relationship Between Clinoptilolite and Heulandite", Amer.Min., 45, 341-350 (1960).
45. Merkle, A.B., Slaughter, M., "Determination and Refinement of the Structure of Heulandite", Amer. Min., 53, 1120-1138 (1968).
46. Mumpton, F.A., "Clinoptilolite Redefined", Amer.Min., 45, 351-369 (1960).
47. Mumpton, F.A., "Natural Zeolites : A New Industrial Mineral Commodity", in "Natural Zeolites, Occurrence, Properties, Use", ed : Sand, L.B., Mumpton, F.A., Pergamon Press, Oxford (1978), pp : 3-27.

48. Mumpton, F.A., "Development of Uses for Natural Zeolites : A Critical Commentary", in "Occurrence, Properties and Utilization of Natural Zeolites", ed : Kallo, D., Sherry, H.S., Akademeai Kiado, Budapest (1988), pp : 333-366.
49. Orhun, Ö., Yörükoğulları, E., Ünalı, T., "Doğal Zeolitin (Klinoptilolit) Katyon Değişim Kapasitesinin Tayini", V.Ulusal Kil Sempozyumu Bildiriler Kitabı, ed: Zor, M., Anadolu Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi Yayınları; No.25, Eskişehir (1991), pp: 219-226.
50. Pond, W.G., Mumpton, F.A., ed., "Zeo-Agriculture : Use of Natural Zeolites in Agriculture and Aquaculture", Westview Press, Colorado (1984).
51. Roskill, "The Economics of Zeolites", Roskill Information Services, Ltd. (1990).
52. Sand, L.B., Mumpton, F.A., ed., "Natural Zeolites, Occurrence Properties, Use", Pergamon Press, Oxford (1978).
53. Saraçoğlu, N., Çulfaz, M., "Batı Anadolu Klinoptilolit Zeolitlerinin Deterjanlarda Fosfatlar Yerine Kullanılabilirliğinin Araştırılması", TÜBİTAK, Proje No.:KTÇAG-75 (1994).
54. Sersale, R., Frigione, G., "Natural Zeolites as Constituents of Blended Cements", La Chimicae L'Industria, No.4, 177-180 (1985).
55. Sirkecioğlu, A., Esenli, F., Kumbasar, I., Even, R.H., Erdem-Şenatalar, A., "Mineralogical and Chemical Properties of Bigadiç Clinoptilolite", Proc. Int. Earth Science Congress on Aegeon Regions (IESCA), Vol.1, eds:Savaşçı, M.Y., Eronat, A.H., İzmir (1991), pp : 291-301.
56. Sirkecioğlu, A., Güray, İ., Erdem-Şenatalar, A., "Ön İşlemlerin Bigadiç Klinoptilolitinin NH_4^+ Değişirme Kapasitesi Üzerindeki Etkileri", 8. Kimya-Kimya Mühendisliği Sempozyumu Kitabı, ed: Aydın, A., İstanbul (1992), pp : 97-100.
57. Sirkecioğlu, A., Erdem-Şenatalar, A., "Bigadiç Klinoptiloliti Rezervi İçin Örneklerin Zeolit İçeriklerini Belirlemekte Kullanılabilecek Pratik Bir Yöntem", 1. Ulusal Kimya Mühendisliği Kongresi Tebliğ Kitabı, Vol.1, ed: Tiryaki, A., O.D.T.Ü., Ankara (1994), pp : 491-499.
58. Sirkecioğlu, A., Altav, Y., Erdem-Şenatalar, A., "Adsorption of H_2S and SO_2 on Bigadiç Clinoptilolite", Separation Science and Technology, 30 (13), 2747-2762 (1995).

59. Tsitsishvili, G.V., Andronikashvili, Kirov, G.N., Filizova, L.D., "Natural Zeolites", Ellis Horwood, New York (1992).
60. Türkbileği, H., "İzmir (Cumaovası, Urla, Çeşme, Karaburun) ve Manisa (Gördes, Akhisar) Zeolit Yatakları Maden Jeolojisi Raporu", M.T.A. (1988).
61. Türkbileği, H., "Manisa Gördes Fındıcak Ar: 36042 No'lu Zeolit Yatağının Maden Jeolojisi Raporu", M.T.A. (1990).
62. Ülkü, S., "Applications of Natural Zeolites in Water Treatment", Türk-Alman Çevre Sempozyumu, C-26 (1984).
63. Ülkü, S., Nikham, S., Değirmen, E., "Güneş Enerjisinden Faydalanarak Doğal Zeolitlerin Kullanımı ile Isıtma ve Soğutma", Isı Bilim ve Tekniği, 8 (4), 13-20 (1986).
64. Ülkü, S., Beba, S., Kıvrak, Z., Seyrek, B., "Enerji Depolama ve Hava Kurutmada Doğal Zeolitlerden Yararlanma", Isı Bilim ve Tekniği, 8 (4), 23-28 (1986).
65. Ülkü, S., "Natural Zeolites in Energy Storage and Heat Pumps", in "New Developments in Zeolite Science and Technology", Kodansha-Elsevier, Amsterdam (1980), pp:1047-1054.
66. Ülkü, S., Balköse, D., Baltacıoğlu, H., Özkan, F., Yıldırım, A., "Natural Zeolites in Air Drying", Drying Technology, 10,(2), 475-490 (1991).
67. Ülkü, S., Balköse, D., "Adsorption of Methylene Blue on PVC-DOP- Natural Zeolite Composites", in "The Interfacial Interactions in Polymeric Composites", Kluwer Academic Publishers, London (1993), pp:439-440.
68. van Ballmoos, R., "Collection of Simulated XRD Powder Patterns for Zeolites", Butterworth, Surrey (1984), pp:48-51.
69. Watson, J., "Minerals in Animal Feedstuffs - Plenty of Food for Thought", Industrial Minerals, No.175, 75-91 (1982).
70. Wise, W.S., Nokleberg, W.J., Kokinos, M., "Clinoptilolite and Ferrierite from Agoura, California", Amer.Min., 54, 887-895 (1969).
71. Yalçın, S., Ergün, A., Çolpan, İ., Küçükkersan, K., "Zeolit'in Yumurta Tavukları Üzerindeki Etkileri", Lalahan Hayvancılık Araştırma Enstitüsü Dergisi, 27, 28-49 (1987).

72. Yılmaz, Ş., "Nevşehir İli ve Civarının Zeolit Aramaları Prospeksiyon Raporu", M.T.A. (1991).
73. Yücel, H., Çulfaz, A., "Doğal ve Yapay Zeolitlerin Endüstriyel Kullanım Alanları" ODTÜ Uyg.Ar.Der., 3 (10) Ek (1984), pp:1-20.
74. Yücel, H., Çulfaz, A., "Batı Anadolu Doğal Klinoptilolitlerinin Karakterizasyonu ve Karbon Dioksit Tutma Özellikleri" TÜBİTAK, Proje No.: MAG 624 (1984).
75. Yücel, H., Çulfaz, A., "Yerel ve Doğal Klinoptilolit Zeolitinin Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri", Doğa Bilim Dergisi, B (9), 288-296 (1985).
76. Yücel, H., Çulfaz, A., "Characterization of Clinoptilolites of Western Anatolia", in "Occurrence, Properties and Utilization of Natural Zeolites", ed : Kallo, D., Sherry, H.S., Akademeai Kiado, Budapest (1988), pp: 99-108.

EKLER

Ek 1. "Mineral Research" firmasının doğal zeolit örnek bankasındaki doğal zeolit araştırma örneklerinin tanımları

MINERALS *Research*

P.O. BOX 591
CLARKSON, NEW YORK 14430

REFERENCE ZEOLITES

The following reference samples of sedimentary zeolites are available from MINERALS RESEARCH, crushed and screened to standard mesh-size fractions:

	<u>10 x 20</u>	<u>20 x 60</u>	<u>60 x 200</u>	<u><200</u>
<u>CLINOPTILOLITE</u>				
Hector, California	27021	27022	27023	27024
Castle Creek, Idaho	27031	27032	27033	27034
Creede, Colorado	27041	27042	27043	27044
Fish Creek Mountains, Nevada	27051	27052	27053	27054
Mountain Green, Utah	27061	27062	27063	27064
Sheaville, Oregon	27071	27072	27073	27074
Buckhorn, New Mexico	27081	27082	27083	27084
Death Valley Junction, California	27161	27162	27163	27164
Barstow, California	27171	27172	27173	27174
<u>ERIONITE</u>				
Pine Valley, Nevada	27091	27092	27093	27094
Shoshone, California	27101	27102	27103	27104
<u>CHABAZITE</u>				
Bowie, Arizona	27111	27112	27113	27114
Christmas, Arizona	27121	27122	27123	27124
<u>MORDENITE</u>				
Union Pass, Arizona	27131	27132	27133	27134
Lovelock, Nevada	27141	27142	27143	27144
<u>PHILLIPSITE</u>				
Pine Valley, Nevada		27152	27153	27154

Half-kilogram lots of the above samples are available at a price of \$17.50/lot. f.o.b. Clarkson, New York.

Reference Zeolites have been prepared to provide typical sedimentary zeolite materials for interlaboratory comparisons, standardization of analytical procedures, and basic property determinations. Although similar in many respects to zeolite ores being mined in some locations, Reference Zeolites are not designed to duplicate any products currently being marketed commercially.

Service

Consulting

Research

Ek 2. Zeolit sahası özelliklerinin tanımlayıcı veri yaprağı ve harita örneği (Anaconda Minerals Company, Ash Meadows, Nevada, A.B.D. klinoptilolit sahası)

ANACONDA MINERALS COMPANY
PROPERTY SUMMARY
CA 921

TITLE: Ash Meadows, Inyo Co., California and Nye Co., Nevada

RESOURCE: The deposit contains several million tons of clinoptilolite-rich tuff.

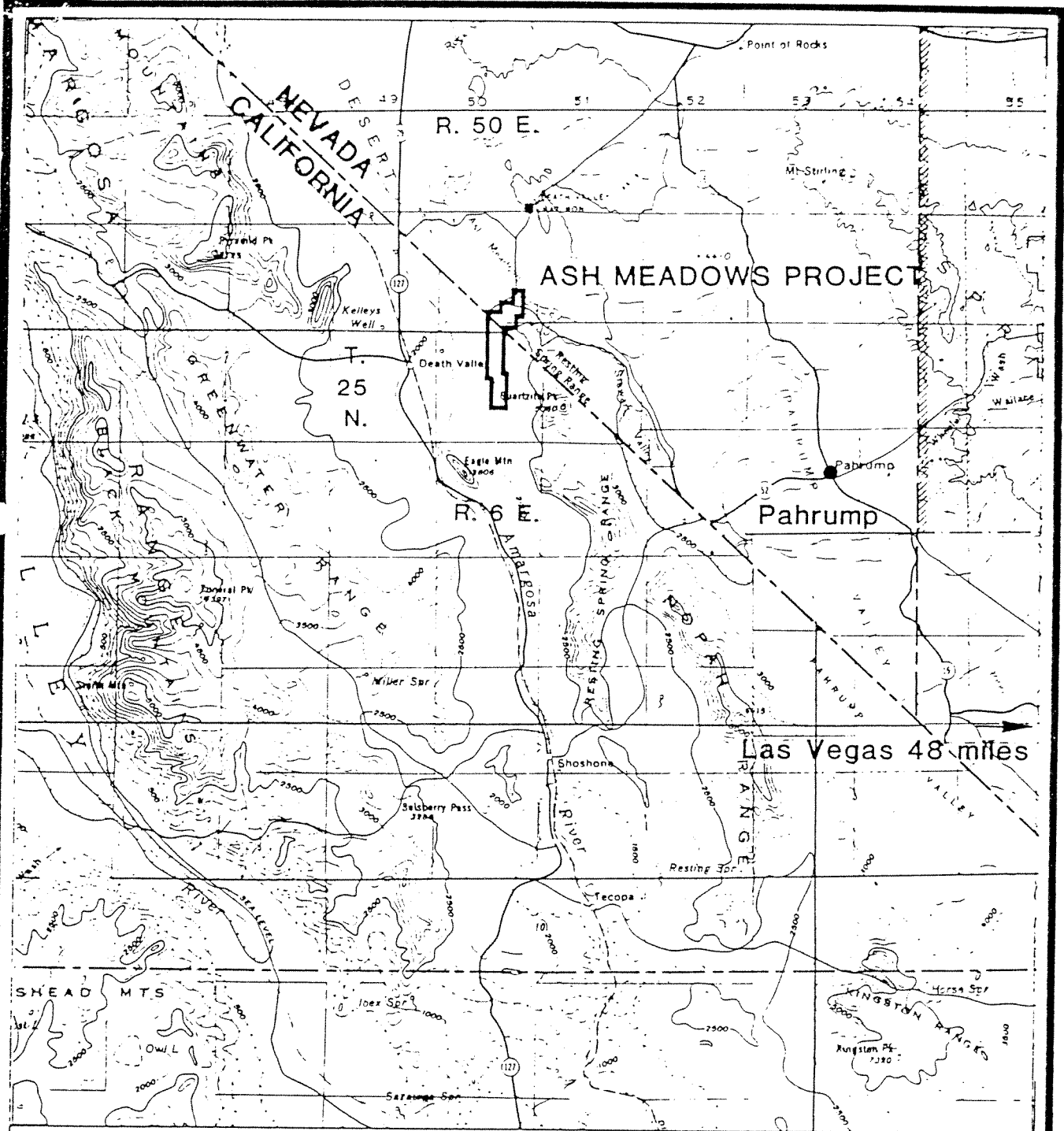
LOCATION: The Ash Meadows zeolite property is located approximately 70 miles northwest of Las Vegas, Nevada.

LAND STATUS: 123 placer claims overstaked by 120 lode claims, and 120 acres of fee land (site of old Ash Meadows Ranch).

GEOLOGIC SETTING: The deposit is a Tertiary vitric ash-flow tuff that has been diagenetically altered by alkaline ground water to a clinoptilolite-rich tuff over a strike length of about 6 miles. It has a stratigraphic thickness up to several hundred feet.

EVALUATION: A total of 166 core and rotary holes have been drilled to date. The California side of the property has been mined on an intermittent basis over the past few years, serving a variety of markets. On the Nevada side, a cut has been made across the section, and a small pit developed for bulk sampling purposes. Cation-exchange, gas adsorption, H₂O adsorption, and X-ray diffraction tests have been performed on the zeolitic tuffs. The deposit has been mapped at a scale of 1 inch = 1,000 feet, with certain areas mapped at 1 inch = 100 feet.

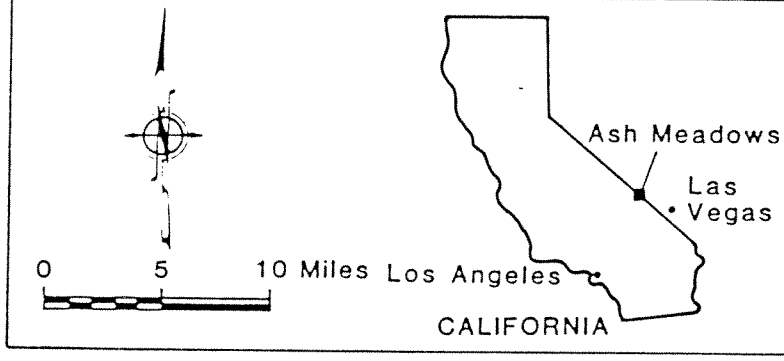
WORK REQUIRED: Complete analyses of recent drill hole samples. Develop additional markets for the clinoptilolite. Annual assessment & taxes amount to about \$15,000.



Las Vegas 48 miles

ANACONDA Minerals Company 
Division of Atlantic Richfield Company

ASH MEADOWS PROJECT



Ek 3. M.T.A. Enstitüsü zeolit sahası ruhsat devir duyurusu
(Sıra No.17: Manisa, Gördes zeolit sahası)

MADEN TETKİK VE ARAMA GENEL MÜDÜRLÜĞÜ'NDEN

1) Kuruluşumuz aşağıda ruhsat numarası, ili, ilçesi, mevki, maden cinsi, görünür, muhtemel, toplam rezervi, ortalama kalite-tenörü, geçici teminat, taban ihale bedeli ve ihale tarihleri belirtilen maden sahalarını kapalı teklif usulü ile ihale ederek ruhsat haklarını devir edecektir.

SIRA NO.	ÖNİR NO.	İLİ	İLÇESİ	MEVKİ	MADEN CİNSL.	GÖRÜNÜR BEZERVY(m ³)	MUHTEMEL BEZERVY(m ³)	TOPLAM BEZERVY(m ³)	ORTALAMA KALİTE-TENÖR	GEÇİCİ TEMİNAT(TL)	TABAN İHALE BEDELİ(TL)	İHALE TARİHİ
1	2767	Adana	Tufanbeyli	Yamank	Maden Kömürü	80 939 380	14 838 020	104 575 360	Orjinal A.I.D. 1346 K.Ca/İkg. Havada Kuru 2503 K.Ca/İkg.	10 000 000	Taban İhale Bedelsiz	26.08.1993
2	4289	Adana	Tufanbeyli	Yamank	Maden Kömürü	194 307 820	35 598 640	229 906 460	Orjinal A.I.D. 1368 K.Ca/İkg. Havada Kuru 2531 K.Ca/İkg.	10 000 000	Taban İhale Bedelsiz	26.08.1993
3	2836	Kocaeli	Gebze	Merkez	Kuvarsil	5 300 000	2 850 000	7 950 000	% 98,50 ₂	10 000 000	Taban İhale Bedelsiz	26.08.1993
4	3095	İstanbul	Silivri	Soyalar	Maden Kömürü	1 977 900	3 420 800	5 398 700	Orjinal A.I.D. 2172 K.Ca/İkg. Havada Kuru 3101 K.Ca/İkg.	10 000 000	Taban İhale Bedelsiz	13.09.1993
5	3517	İçel	Tarsus	Yalıbelen	Maden Kömürü (A Damarı)	586 777	-	586 777	Orjinal A.I.D. 1780 K.Ca/İkg.)	10 000 000	Taban İhale Bedelsiz	13.09.1993
					(B Damarı)	264 903	-	264 903	Orjinal A.I.D. 1607 K.Ca/İkg.)			
					(C Damarı)	347 118	-	347 118	Orjinal A.I.D. 3159 K.Ca/İkg.)			
6	3497	İstanbul	Silivri	Danamandıra	Maden Kömürü	3 275 000	5 797 700	9 072 700	Orjinal A.I.D. 2313 K.Ca/İkg. Havada Kuru 3512 K.Ca/İkg.	10 000 000	Taban İhale Bedelsiz	13.09.1993
7	3488	İstanbul	Silivri	Kömürcöktü	Maden Kömürü	5 981 000	5 148 500	11 129 500	Orjinal A.I.D. 2513 K.Ca/İkg. Havada Kuru 3540 K.Ca/İkg.	10 000 000	Taban İhale Bedelsiz	13.09.1993
8	3584	İstanbul	Silivri	Kurtalı	Maden Kömürü	15 429 700	8 953 200	24 382 900	Orjinal A.I.D. 1943 K.Ca/İkg. Havada Kuru 2430 K.Ca/İkg.	10 000 000	Taban İhale Bedelsiz	13.09.1993
9	3581	Muğla	Milas	Hüsamlar	Maden Kömürü	1 365 000	-	1 365 000	Orjinal A.I.D. 2000 K.Ca/İkg.	10 000 000	Taban İhale Bedelsiz	13.09.1993
10	3136	Kırşehir	Kaman	Acıözüdere	Feldspat (Fonolit)	105 500	105 500	211 000	%9,42 K ₂ O	10 000 000	Taban İhale Bedelsiz	13.09.1993
11	3137	Kırşehir	Kaman	Acıözüdere	Feldspat (Fonolit (Siyenit)	193 100 30 525 000	-	193 100 30 525 000	%14,17 (K ₂ O+Na ₂ O), %10,76 (K ₂ O+Na ₂ O)	10 000 000	Taban İhale Bedelsiz	13.09.1993
12	4474	Kırşehir	Kaman	Kortundağı	Feldspat (Fonolit (Siyenit)	268 800 8 300 000	-	268 800 8 300 000	%14,53 (K ₂ O+Na ₂ O) %10,89 (K ₂ O+Na ₂ O)	10 000 000	Taban İhale Bedelsiz	13.09.1993
13	3158	Kars	Kağızman	Zaraphane	Altın+Krom	1 947	-	1 947	%50,3 Cr ₂ O ₃	10 000 000	Taban İhale Bedelsiz	13.09.1993
14	3204	İstanbul	Şile	Gökse	Dolomit	(10 500 000	+Muh)	10 500 000	%19,22 MgO, %32,61 CaO, %45,72 A. Zayıf	10 000 000	Taban İhale Bedelsiz	13.09.1993
15	3495	İstanbul	Şile	Çatalı	Dolomit	(1 750 000	+Muh)	1 750 000	%19,22 MgO, %32,61 CaO, %45,72 A. Zayıf	10 000 000	Taban İhale Bedelsiz	13.09.1993
16	3111	İzmir	Selçuk	İncepe	Mermer (Gri dumank benekli beyaz mermer (Koyu gri mermer)	(588 000 m ³ 4 032 000 m ³)	+Muh) +Muh)	588 000 m ³ 4 032 000 m ³)	Orta Kalite Orta Kalite	10 000 000	Taban İhale Bedelsiz	13.09.1993
17	3083	Manisa	Göndes	Molla Hüseyin	Zaolit	17 931 375	-	17 931 375	%90 Zeolit Min.	10 000 000	Taban İhale Bedelsiz	13.09.1993
18	3209	İzmir	Bergama	Öküzler	Parfü	(500 000	+Muh)	500 000	%13,40-13,80 Al ₂ O ₃ , %67,50-71,70 SiO ₂	10 000 000	Taban İhale Bedelsiz	13.09.1993
19	3259	Gümüşhane	Kelkit	Güdü	Alüminyum+ Kömür	(468 000 24 800	+Muh)	468 000 176 000	%23,00-32,48 Al ₂ O ₃ , %42,20-52,96 SiO ₂ Orjinal A.I.D. 5093 K.Ca/İkg.	10 000 000	Taban İhale Bedelsiz	13.09.1993
20	3247	Zonguldak	Kurucaşile	Kömeç	Kuvarskumu	2 487 500	4 975 000	7 462 500	%96,54 SiO ₂	10 000 000	Taban İhale Bedelsiz	13.09.1993
21	3461	İstanbul	Çatalca	Belgrad	Kuvarskumu	254 900	280 700	535 600	%84,14-96,8 SiO ₂	10 000 000	Taban İhale Bedelsiz	13.09.1993
22	3569	Zonguldak	Kurucaşile	Paşalılar	Kuvarsil	1 650 000	-	1 650 000	%97,95 SiO ₂	10 000 000	Taban İhale Bedelsiz	13.09.1993
23	3466	Artvin	Merkez	Seyitler	Cu,Pb,Zn,Ag	1 392 580	1 071 610	2 464 190	%1,48 Cu, % 1,89 Zn, %2,35 Pb, 0,32 gr/Au, 30,47 gr/Ag, 0,011 gr/Cd.	10 000 000	Taban İhale Bedelsiz	13.09.1993
24	3208	Van	Erciş	Kocapınar	Pomza	34 975 000 m ³	69 950 000 m ³	104 975 000 m ³	İyi Kalite	10 000 000	Taban İhale Bedelsiz	13.09.1993
25	3481	Ağrı	Doğubeyazıt	İnceasu	Pomza	1 986 900 m ³	-	1 986 900 m ³	İyi Kalite	10 000 000	Taban İhale Bedelsiz	13.09.1993
26	3485	Ağrı	Doğubeyazıt	Çetenli	Pomza	404 000 m ³	80 000 m ³	484 000 m ³	Orta Kalite	10 000 000	Taban İhale Bedelsiz	13.09.1993
27	3781	Ağrı	Patnos	Dede	Pomza	7 414 000 m ³	14 828 000 m ³	22 242 000 m ³	İyi Kalite	10 000 000	Taban İhale Bedelsiz	13.09.1993
28	3093	Van	Erciş	Sivak Tepesi	Pomza	1 745 000 m ³	3 491 000 m ³	5 236 000 m ³	İyi Kalite	10 000 000	Taban İhale Bedelsiz	13.09.1993
29	3987	Van	Merkez	Alakby	Pomza	250 000 m ³	500 000 m ³	750 000 m ³	Doğuk Kalite	10 000 000	Taban İhale Bedelsiz	13.09.1993

- 2) İhaleye katılmak için ihale şartnamesinin alınması şarttır.
- 3) İstekilerin ihaleye katılabilmelerinde, özel kişiler için Ticaret Odası'na kayıtlı olmaları, tüzel kişiler için ise, Türk Ticaret Kanunu'na göre kurulmuş olmaları ve statülerinde madencilik yapabilecekleri şartları aranır.
- 4) İhaleye ait Şartname ile ekleri Kuruluşumuzun Ankara Merkezinde Fizibilite Etüdüleri Dairesi Başkanlığından KDV dahil 250 000.-TL karşılığında temin edilebilir.
- 5) İhaleye Katılma Belgesi almak için Şartname'nin 5. maddesinde belirtilen belgelerin ÖNİR: 2767, 4289 ve 2836 Nolu ruhsat sahaları için en geç 12 Ağustos 1993 günü saat 17.00'ye kadar, diğer ruhsat sahaları için ise en geç 31 Ağustos 1993 günü saat 17.00'ye kadar Genel Müdürlüğümüz Genel Haberleşme Şubesine verilmesi şarttır.
- 6) İhaleye Katılma Belgesi ÖNİR: 2767, 4289 ve 2836 için 16 Ağustos 1993 günü başlamak üzere 2 gün süre ile, diğer ruhsat sahaları için 6 Eylül 1993 günü başlamak üzere 2 gün süre ile Kuruluşumuz Fizibilite Etüdüleri Dairesi Başkanlığı tarafından verilecektir.
- 7) İhaleye Katılma Belgesi alan istekilerin tekliflerini en geç yukarıda yazılı ihale tarihlerinde saat 10.00'a kadar Şartnamede belirtilen şekilde Genel Müdürlüğümüz Genel Haberleşme Şubesine vermeleri veya göndermeleri şarttır.
- 8) Teklifler Genel Müdürlüğümüz merkezinde Briefing Salonunda yukarıda yazılı ihale tarihlerinde saat 11.00'de İhale Komisyonu tarafından açılacaktır.
- 9) İhaleye Katılma Belgesi alanlara istenildiği takdirde sahaya ait ayrıntılı teknik bilgiler verilecektir.
- 10) İhaleye ilgili diğer hususlar şartname ve eklerinde belirtildiği gibidir.
- 11) Kuruluşumuz 2886 sayılı Devlet İhale Kanunu'na tabi olmayıp, ihaleyi yapıp yapmamakta tamamen serbesttir.

Ek 4. Manisa, Gördes zeolit sahasından alınan dolomitçe zengin örneğin kimyasal analizi ve X-ışını kırınım deseni (Örnek kod no.: CLI-30; Örneğin kaynağı: M.T.A. Enstitüsü)

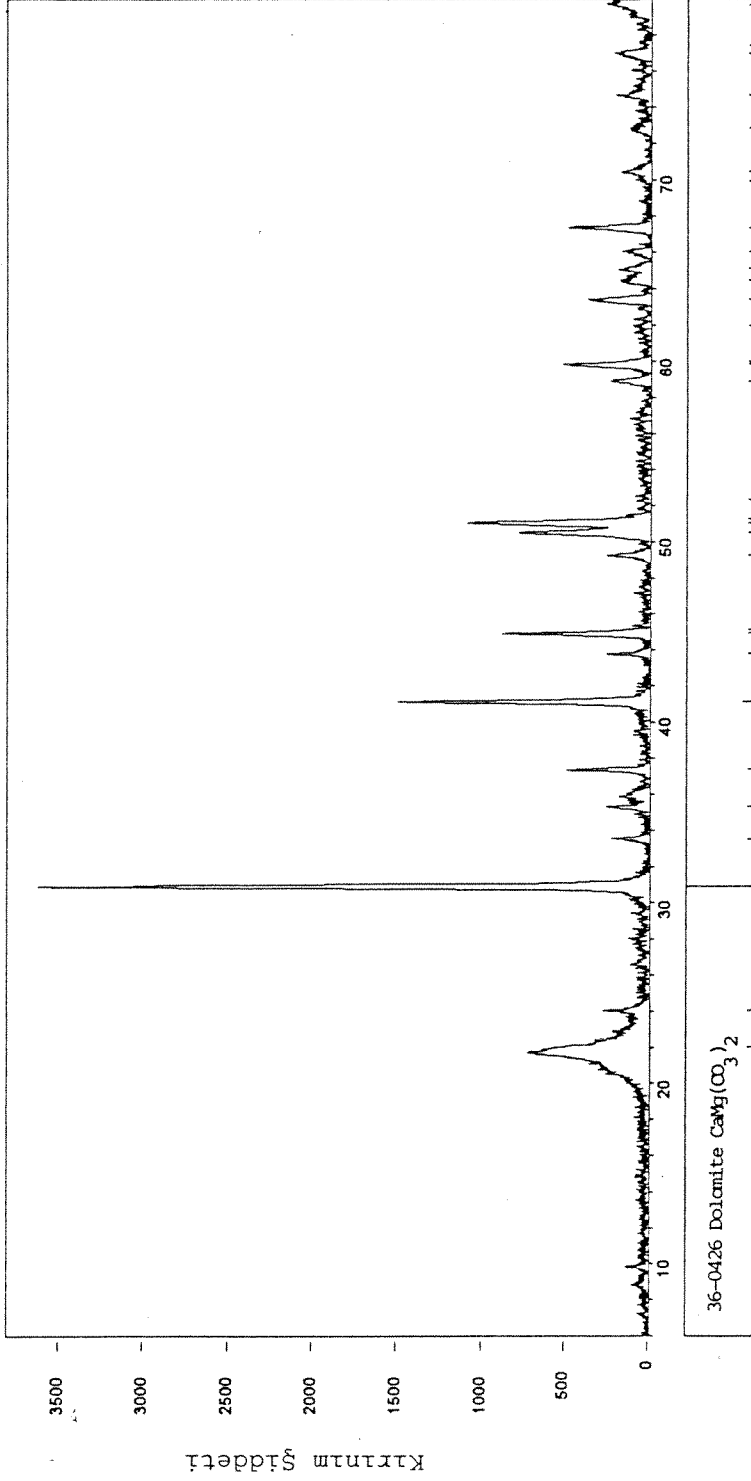
**Çizelge 27. Manisa, Gördes Zeolit Sahasından Alınan Dolomitçe Zengin
Örneğin Kimyasal Analizi
Örnek Kod No.: CLI-30
Kaynak : M.T.A. Enstitüsü**

Bileşenler	Ağırlık Yüzdesi
SiO ₂	39.47
Al ₂ O ₃	3.67
Fe ₂ O ₃	0.33
MgO	10.87
CaO	16.54
Na ₂ O	2.64
K ₂ O	0.67
TiO ₂	0.06
ZnO	0.01
Kızdırma Kaybı	27.22
Toplam	101.48

ID: CLI 30

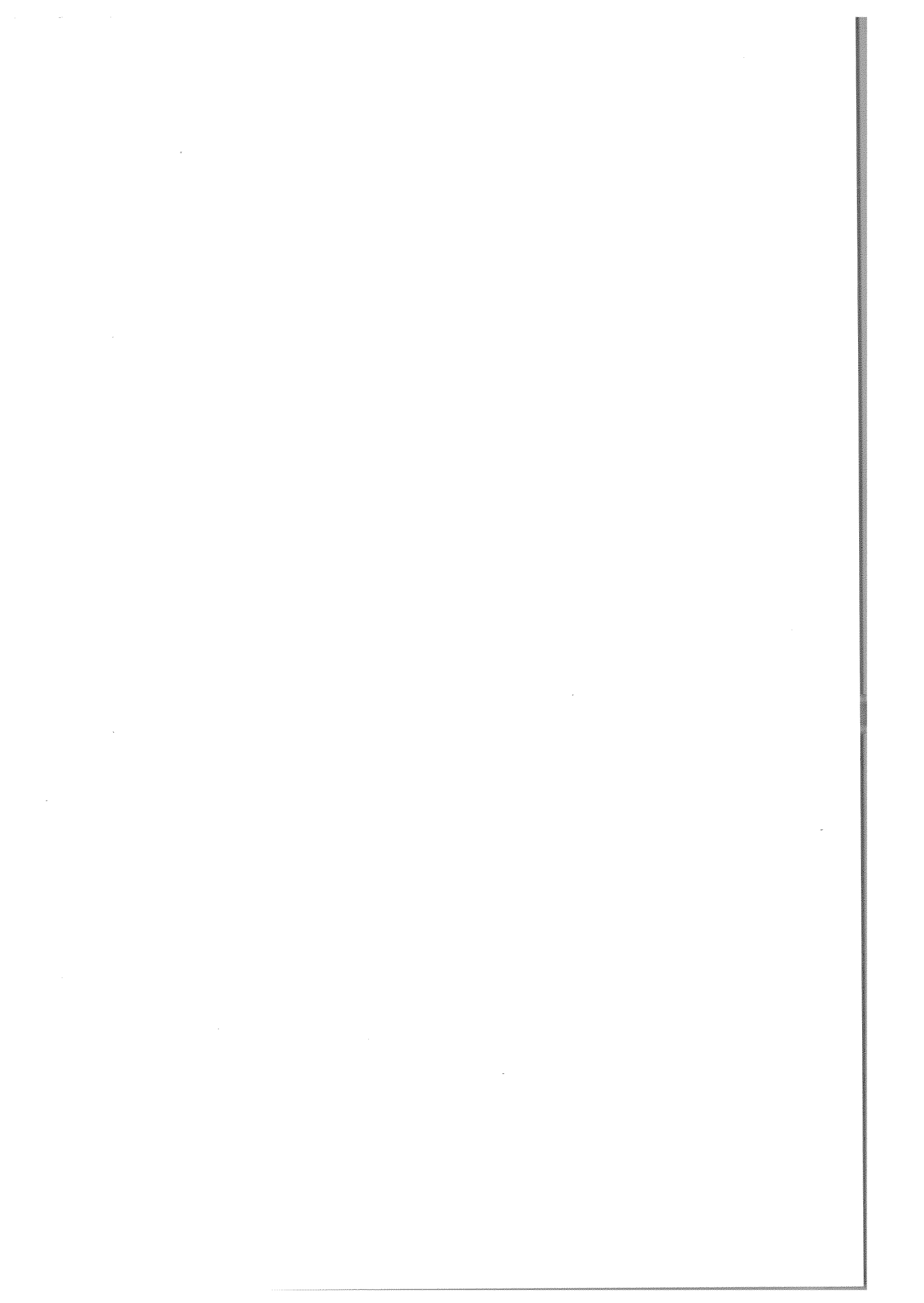
File: XRD1437.MDI

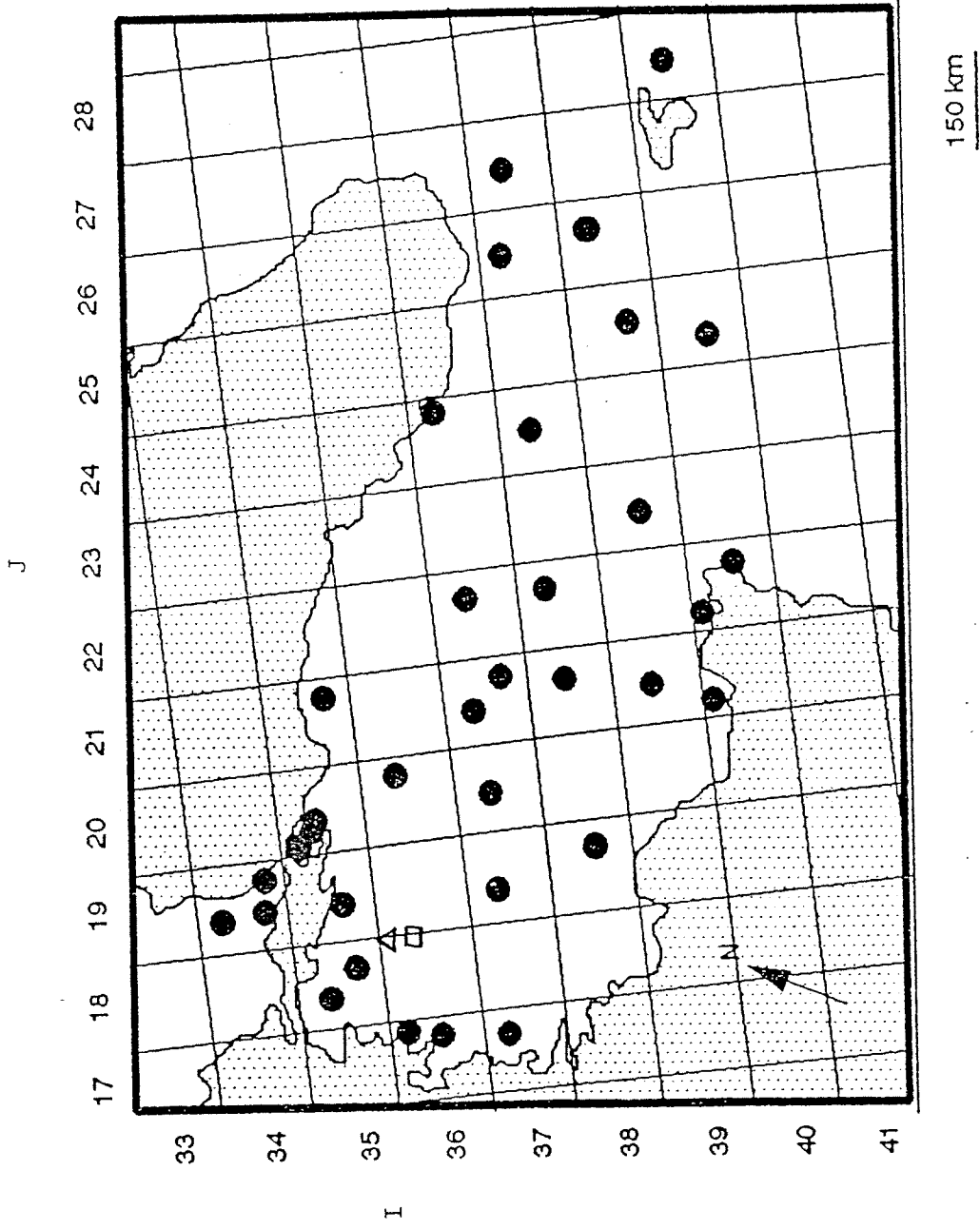
Scan: 6-79 99/01/4/#7400, Anode: CU



Bragg Açısı, 2θ ($\text{CuK}\alpha$)

Şekil 27. Manisa, Gördes Zeolit Sahasından Alınan Dolomitçe Zengin Örneğin X-Işını Kırınım Deseni (Örnek Kod No.: CLI-30, Kaynak: M.T.A. Enstitüsü)





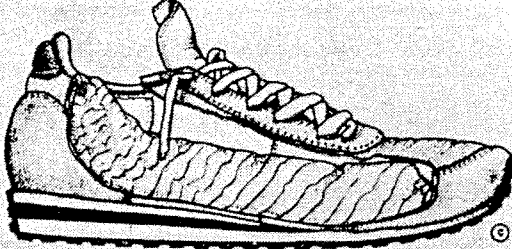
Şekil 28. Türkiye'deki Çimento Fabrikaları (●) ve Batı Anadolu Klinoptilolit Yatakları (△ Bigadiç, □ Gördes)

Çizelge 18. Batı Anadolu Klinoptilolit Yatakları Yakınındaki Çimento Fabrikaları



Fabrikanın Adı	Yeri (Grid no)		Üretim Kapasitesi ton/yıl
	I	J	
Balıkesir Çimento	35	18	350,000
Bursa Çimento	35	19	480,000
Batı Anadolu Çimento	36	17	860,000
Çimentaş	36	17	1,056,000
Darıca Çimento	35	20	990,000
Kartal Çimento	35	20	465,000
Çanakkale Çimento	35	18	825,000
Afyon Çimento	37	19	425,000

Sfinky Pinkys™ a New way to eliminate shoe odors.
**NO PERFUMES ODORLESS
COMPLETELY NATURAL**
Sfinky Pinkys™ "traps" foot odors by absorbing them.

DIRECTIONS: Place Sfinky Pinkys™ "socks" in shoes overnight. Sfinky Pinkys™ special blend of natural earth materials starts absorbing foot odors immediately. Remove the "socks" in the morning and notice how fresh and clean your shoes smell (your Sfinky Pinkys™ can now go to work refreshing another pair of shoes in your closet during the day). Effective in any kind of footwear including leather shoes and boots.

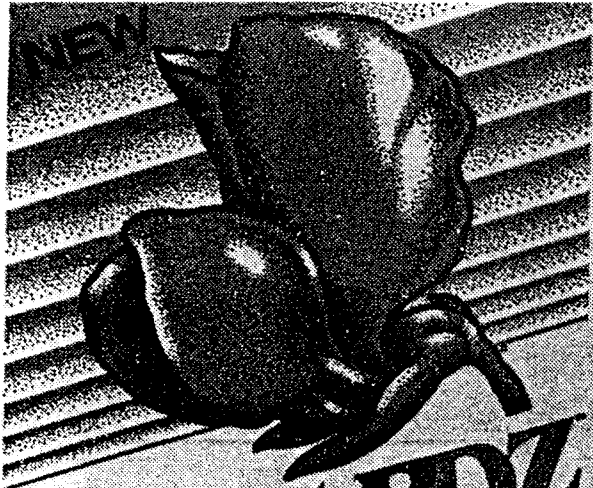


After three months of daily use or as needed, Sfinky Pinkys™ odor trapping ability can be restored by placing outside in the warm sun for a day. Sfinky Pinkys™ are so effective that if you're not satisfied we will buy them back.



A wholly owned subsidiary of Phelps Dodge Corporation
134 Union Blvd., Suite 840, Lakewood, CO 80228

(a)



Sweet PDZ
Horse Stall Refresher

(b)



ILLOSORB
-790

(c)

Şekil 29. Koku Gidericisi Uygulamalarında Zeolit Kullanımını Gösteren Uygulamalardan Örnekler

- (a). Ayakkabı Altlığı Koku Gidericisi (Klinoptilolit, A.B.D.)
- (b). Ahır Koku Gidericisi (Klinoptilolit, A.B.D.)
- (c). Çöp Bidonu Koku Gidericisi (Klinoptilolit, Macaristan)

BİBLİYOGRAFİK BİLGİ FORMU	
1- Proje No: KTÇAG-DPT-3	2- Rapor Tarihi: 1995
3- Projenin Başlangıç ve Bitiş Tarihleri: 1.8.1992 - 31.10.1994	
4- Projenin Adı: Türkiye'nin Doğal Zeolit Kaynaklarının Teknolojik Değerlendirmesi	
5- Proje Yürütücüsü ve Yardımcı Araştırmacılar: Proje Yürütücüsü: Ali ÇULFAZ, Yardımcı Araştırmacılar: Hayrettin YÜCEL, Ahmet Turhan URAL, Abdelrahim ABUSEFA	
6- Projenin Yürütüldüğü Kuruluş ve Adresi: Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Kimya Mühendisliği Bölümü, 06531, Ankara	
7- Destekleyen Kuruluş(ların) Adı ve Adresi: ----	
8- Öz (Abstract): Çok sayıda endüstriyel süreç ile tarım ve hayvancılık alanlarında potansiyel olarak uygulanabilirliği laboratuvar çalışmalarıyla önerilen doğal zeolitlerin tüketim düzeyi, gerek dünyada gerekse Türkiye'de çok düşüktür. Bu çalışmada Türkiye zeolitleriyle ilgili çalışmalar derlenmiş, yerbilimleri ağırlıklı çalışmalar, zeolit karakterizasyonuna ilişkin çalışmalar ve uygulamaya yönelik araştırmalar olarak sınıflandırılmış ve kritik değerlendirmeleri yapılmıştır. Zengin rezervleri olan Bigadiç ve Gördes klinoptilolitlerinin karakterizasyon deneyleri yapılmıştır (kimyasal analizleri, X-ışını kırınım desenleri, SEM fotoğrafları, TGA eğrileri, gözenek dağılımları, ısıl dayanıklılıkları, kation değişimi, vb.). Doğal zeolit kaynaklarının kullanım düzeyini ve pazar payını artırma amacıyla, zeolit karakterizasyonu çalışmalarına ağırlık verilmesi, uygulamaya yönelik araştırmaların iyi tanımlanmış zeolit malzemeler kullanılarak yapılması ve pazar geliştirme çalışmalarının kullanılan zeolitin birim malzeme değerinin düşük olduğu alanlarda yoğunlaştırılması önerilmektedir. Doğal zeolitler, klinoptilolit, karakterizasyon, teknoloji Anahtar Kelimeler: değerlendirme.	
9- Proje ile ilgili Yayın/Tebliğlerle ilgili Bilgiler Türkiye'nin Doğal Zeolit Kaynaklarının Teknolojik Değerlendirmesi, 2. Ulusal Kimya Mühendisliği Kongresi, 1996 (hazırlanmakta).	
10- Bilim Dalı: Kimya Mühendisliği, İnorganik Teknoloji Doçentlik B. Dalı Kodu: 603.03.02 ISIC Kodu: Uzmanlık Alanı Kodu:	
11- Dağıtım (*): <input type="checkbox"/> Sınırlı <input checked="" type="checkbox"/> Sınırsız	
12- Raporun Gizlilik Durumu : <input type="checkbox"/> Gizli <input checked="" type="checkbox"/> Gizli Değil	

(* Projenizin Sonuç Raporunun ulaştırılmasını istediğiniz kurum ve kuruluşları ayrıca belirtiniz