

Bigadiç (Balıkesir, Türkiye) civarında gözlenen höylandit/klinoptilolit zeolit oluşumlarının teknolojik özelliklerinin incelenmesi

Öykü BİLGİN*, Sadiye KANTARCI

Şırnak Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Maden Mühendisliği Bölümü, Şırnak

Geliş Tarihi (Received Date): 12.12.2017

Kabul Tarihi (Accepted Date): 14.03.2018

Özet

Bigadiç (Balıkesir) ve civarında gözlenen klinoptilolit / höylandit oluşumları endüstride en yaygın olarak kullanılan ve yüksek ticari öneme sahip olan bir zeolit türüdür. Türkiye'de en önemli zeolit yataklanmaları Balıkesir-Bigadiç bölgesinde yer almaktadır. Bu yatakla, zeolit açısından yüksek rezerv potansiyeline sahiptir. Bazı zeolit türleri yapısal özelliği nedeniyle çevre kirliliği kontrolü, enerji sektörü, madencilik ve metalurji, tarım ve hayvancılık, kâğıt endüstrisi, kedi kumu, seramik endüstrisi, inşaat sektörü, sağlık sektörü, deterjan sektörü, meyve ve sebzelerin depolanması ve buzlanmanın önlenmesi gibi pek çok sektörde kullanılmaktadır. Bu çalışmada, Balıkesir-Bigadiç yöresinde gözlenen zeolit oluşumlarından üç farklı numune üzerinde mineralojik ve morfolojik tanımlama (XRD, ince kesit ve SEM) testleri, fiziksel ve kimyasal özelliklerinin belirlenmesine yönelik (kimyasal analiz, yağ emme, beyazlık ve ağartma yeteneği) testler ile numunelerin karakterizasyonları belirlenmiştir. Ayrıca kedi kumu ve seramik ön teknolojik testleri yapılarak sektörde hammadde olarak kullanılabilirliği araştırılmıştır.

Anahtar kelimeler: Zeolite, höylandit, klinoptilolit, teknolojik test, Balıkesir-Bigadiç.

Investigation of technological properties of observed höylandit / clinoptilolite zeolite formation near Bigadiç (Balıkesir, Turkey)

Abstract

The clinoptilolite / heulandite occurrences observed in Bigadiç(Balıkesir) and its surroundings is the most commonly used in industry due to the its high commercial

* Öykü BİLGİN, ykbilgin@yahoo.com.tr, <https://orcid.org/0000-0002-1276-5751>

Sadiye KANTARCI, sadiyekantarci26@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-1024-0812>

importance. The most significant zeolite deposits in Turkey are also found in the Balıkesir-Bigadiç region. These deposits have high reserve potential in terms of zeolite. Some zeolite species have been used in many sectors such as environmental pollution control, energy sector, mining and metallurgy, agriculture and livestock, paper industry, cat sand, ceramic industry, construction sector, health sector, detergent sector, storage of fruits and vegetables and prevention of ice. In this study, mineralogical and morphological characterization (XRD, thin section and SEM) tests, characterization tests of physical and chemical properties (chemical analysis, fat absorption, whiteness and bleaching ability) are determined on three different zeolite samples belonging to Balıkesir-Bigadiç region . In addition, preliminary technological tests of cat sand and ceramics have been carried out to investigate its usability as a raw material in the sector.

Keywords: Zeolite, heulandite, clinoptilolite, technological test, Balıkesir-Bigadiç.

1. Giriş

Türkiye’de zeolitleşmeye ana malzeme olabilecek kaya grupları çok geniş alanlarda özellikle Batı Anadolu ve İç Anadolu Bölge'sinde mostra vermektedirler. Bununla birlikte, belirli bir sahada zeolit potansiyelinin ortaya konulması arazi çalışmalarının yanısıra ayrıntılı laboratuvar çalışmalarını gerektirmektedir. Çoğunlukla zeolit içeren ayrılmış kayalarda homojen zeolit varlığı bulunmamaktadır ve aynı kayacın az zeolitli, zeolitli, yüksek zeolitli zonlarını birbirinden ayırt etmek kapsamlı ve oldukça maliyetli çalışma gerektirmektedir. Bundan dolayı, rezerv tespit çalışmalarını yapmak oldukça güçtür. Buna rağmen, ülkemizde zeolit açısından iyi çalışılmış yanal ve dikey ölçekte tüm varyasyonları bilinen patlamalı volkanizma ürünü piroklastik kayalar dikkate alınsa dahi ülkemizin zeolit zengini ve bir rezerv sorunundan bahsedilemeyeceği ortaya çıkmaktadır. Ayrıca, yüksek rezerve sahip olan zeolitli piroklastik kayaların içerisindeki zeolit oranının kalitesi de oldukça yüksektir [1].

Türkiye'de mostra veren zeolit oluşumları ana kayalarının oluşum ve yaş özellikleri açısından üç grup altında incelenmektedir.

- 1) Üst Kretase yaşlı denizaltı volkaniklerle ilişkili olan zeolit oluşumları; Bilecik - Söğüt, Şile, Göynük - Mudurnu Bölgelerindeki oluşumlar ana kaya yaygın olarak andezitlerden oluşmaktadır. Bu oluşumlar; genellikle homojen bir zeolitleşme gösterirler ve zeolit mineralleri çoğunlukla mordenit ve klinoptilolit' tir. Kayaç içerisindeki zeolit oranı orta seviyededir ve kristallerde kristalinite azdır.
- 2) Eosen-oligosen yaşlı denizel-karasal geçişli volkaniklerle ilişkili zeolit oluşumları; Karamürsel-Yalova-Çınarcık arası ve Gelibolu- Keşan-Uzunköprü arası oluşumlardır. Ana kaya çoğunlukla dasit ve andezitlerden oluşmaktadır. Dikey yönde zeolitleşme görülmektedir. Zeolit mineralleri olarak çoğunlukla klinoptilolit, analsim ve mordenit yer almaktadır. Klinoptilolit dışındaki minerallerde kristalinite daha yüksektir.
- 3) Miyosen-Pliyosen yaşlı karasal volkanikler ile ilgili zeolit oluşumları; diğer bölge oluşumlarına bakıldığında ana kaya çoğunlukla riyolit, riyodasit ve dasitlerden oluşmaktadır. Pek çok oluşum için zeolitleşme yanal değişimler göstermektedir. Fakat Bazı oluşumlar ise yanal ve düşey değişimli olarak gözlenmektedir. Zeolit mineralleri genellikle klinoptilolit, eriyonit, şabazit, fillipsit, mordenit ve analsim' dir. Klinoptilolit

mineralleri genellikle potasyum ve kalsiyumca zengin, fakat sodyumca fakirdirler. Klinoptilolit-Höylendit zeolit grubunda ısı kararlılıkları değişkenlik göstermektedir [1].

Balıkesir - Bigadiç, Manisa - Gördes, İzmir - Urla, Kütahya - Şaphane ve Kapadokya gibi bölgelerde zeolit yatakları zengindir (Şekil-1). Bu yataklarda çoğunlukla klinoptilolit, şabazit, mordenit, erionit ve analsim minerallerinden oluşan zeolit yataklanmaları bulunmaktadır (Tablo 1) [2]. Klinoptilolit, dünyada en çok aranan zeolit minerali olup, günümüzde Gördes (Manisa) ve Bigadiç (Balıkesir) bölgelerinde % 80 oranında zeolit madenciliği yapılmaktadır [1].

Tablo 1. Türkiye zeolit oluşumları ve türleri [1-2].

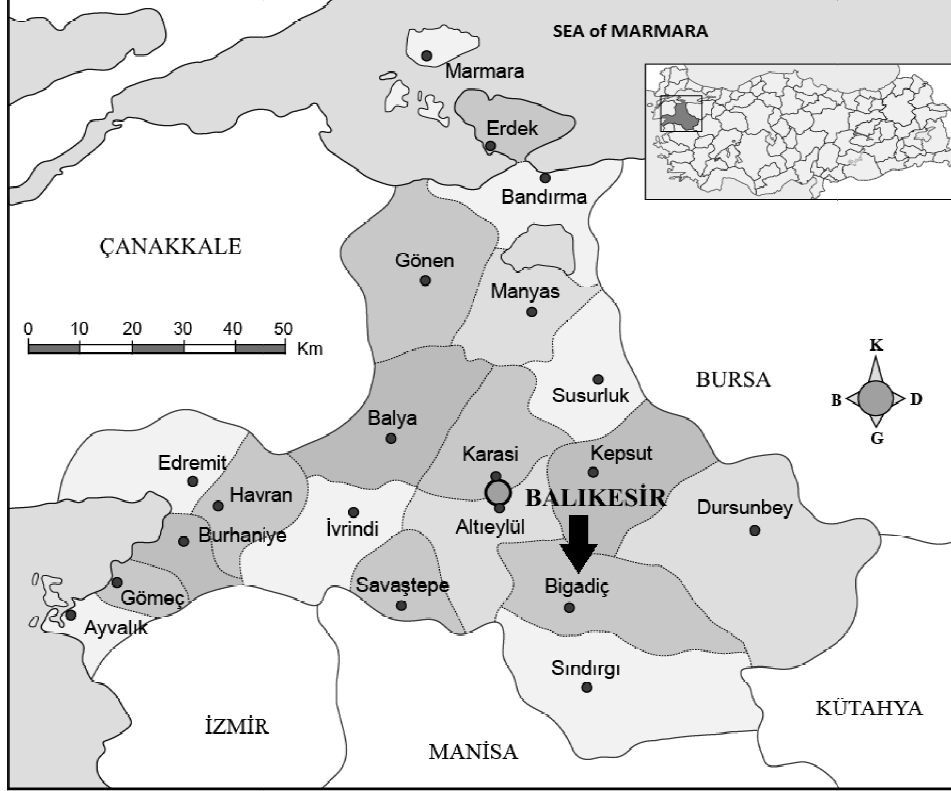
Bölge	Zeolit Türleri
Edirne - Uzunköprü güney ve batısı, Keşan kuzeyi ve güneybatısı	Klinoptilolit, mordenit, analsim
Çanakkale - Gelibolu kuzeybatısı	Klinoptilolit
İstanbul - Şile-Ağva arası	Mordenit
Yalova - Karamürsel-Yalova arası, Çınarcık güneyi	Klinoptilolit, mordenit
Bursa - Mustafakemalpaşa	Klinoptilolit
Balıkesir - Sultançayırı, Bigadiç	Klinoptilolit, analsim, höylendit
Manisa - Gördes	Klinoptilolit
İzmir - Foça, Çeşme, Urla	Klinoptilolit, analsim
Afyon - Sandıklı	Şabazit, fillipsit
Kütahya - Şaphane, Gediz, Emet	Klinoptilolit, analsim
Eskişehir - Kırka	Klinoptilolit, fillipsit
Bilecik - Söğüt yolu	Klinoptilolit
Kocaeli. Bilecik - Bahçecik, Gölpazarı	Analsim
Bolu - Göynük. Göynük-Mudurnu arası	Klinoptilolit, analsim, mordenit
Ankara - Polatlı, Mülk, Oğlakçı, Nallıhan, Çayırhan, Beypazarı	Klinoptilolit, analsim, vairakit, şabazit
Kalecik, Hasayaz, Çandır- Şabanözü	
Çorum - Uğurludağ	Klinoptilolit
Sivas - Yıldızeli	Klinoptilolit, mordenit
Nevşehir - Ürgüp	Klinoptilolit, analsim, şabazit. erionit, mordenit

Ülkemizin en önemli zeolit yataklanmaları Balıkesir-Bigadiç bölgesinde yer almakta olup yaklaşık 500 milyon ton rezerv tahmin edilmektedir. Diğer bölgelerde ise ayrıntılı çalışma yapılmamış olup, ülkemiz genelinde toplam rezervin artacağı düşünülmektedir [3].

Zeolit potansiyeli Balıkesir-Bigadiç havzasında iki ana gruba sınıflandırılmaktadır. Alt jeolojik formasyonlardaki zeolit içeriği %30 civarında olup, höylendit ve klinoptilolit mineralleri ihtiva etmektedir. Üst jeolojik formasyonlardaki zeolit ise %82 oranında olup, klinoptilolit mineralidir. Üst jeolojik formasyonlar açık işletme madencilik yöntemine uygundur. Aynı zamanda, üst jeolojik formasyonlardaki zeolitin negatif iyon içeriğinin atık su arıtımı için oldukça uygun olduğu tespit edilmiştir. Bununla birlikte toksik gazların emilimini sağladığından hayvancılık sektöründe de kullanıma uygun olduğu belirlenmiştir [4].

Balıkesir-Bigadiç ilçesinin kuzeyi üst-kretase yaşlı ofiyolitik melanj litolojilerine ait kayalar ile Neojen yaşlı volkanik ve volkano sedimenter havza kayalarından oluşmaktadır. Bu formasyonlardan ofiyolitik melanj kayaları ve Alt Miyosen yaşlı volkanikler, Orta Miyosen-Alt Pliyosen yaşlı sedimanter istifin tabanını

oluşturmaktadır. Kuvaterner yaşlı bazalt ve alüvyonlar ise en üstte yer almaktadır. Baysal ve diğerleri tarafından yapılan çalışmada; genel olarak 10 litosferik birime ayrılmış olan kayalar; taban volkaniti, taban volkanoklastiti, taban kireçtaşı, alt tuf, alt boratlı birim, üst tuf, üst boratlı birim, pliyokuvartemer, çökel, kuvaterner bazalt olarak ayrılmıştır [4,5].



Şekil 1. Balıkesir - Bigadiç bölgesi haritası.

Balıkesir - Bigadiç bölgesinde Tablo-1.'de görüldüğü üzere Klinoptilolit, analsim ve höylandit türü zeolit mineralleri bulunmaktadır. Ayrıca Köktürk v.d. tarafından yapılan çalışmada, Bigadiç zeolit oluşumları incelendiğinde zeolit minerali olarak % 75'in üzerinde klinoptilolit-höylandit'in varlığını ortaya konulmuştur [6].

Doğal klinoptilolit yüksek absorpsiyon kapasitesi, kation değişimi, kataliz ve dehidrasyon kapasiteleri ile en çok tercih edilen zeolit mineral türüdür [7].

Klinoptilolit ile höylandit arasındaki fark, silisli klinoptilolit silis içeriğince daha zengin ve ısıya karşı daha dayanıklı olmasından kaynaklanmaktadır. Örnek verilecek olursa; höylandit, 230°C'de faz değişimine uğramakta ve 350°C'de ise tamamen amorflaşmaktadır. Klinoptilolit kristal yapısı 700°C sıcaklığa kadar dahi bozulmamaktadır.

Zeolit minerallerinin endüstride kullanılabilirliğine uygunluğu genellikle yapısında gözenek boşluklarının fazla olması, yüksek sıcaklığa dayanıklılığı ve kimyasal olarak nötr bir yapıya sahip olmasına bağlıdır [7].

Bu çalışmada, Balıkesir-Bigadiç yöresi zeolit yataklarından alınan örneklerin fiziksel ve kimyasal özellikleri incelenerek hammadde olarak kullanım amaçlarına göre uygunlukları araştırılmıştır.

2. Materyal ve yöntem

Balıkesir-Bigadiç yöresi zeolit yataklarından alınan üç farklı zeolit örneği sahadan alınarak mineralojik (ince kesit ile mikroskopik inceleme, XRD ve SEM görüntüleme), fiziksel (beyazlık ölçüm, ağartma yeteneği, porozite, yağ emme kapasitesi, gerçek yoğunluk testleri) ve kimyasal analize tabi tutulmuştur. Ayrıca zeolit numunelerinin seramik sektöründe ve kedi kumu olarak kullanılabilirliği incelenmiştir. Analizler MTA (Maden Tetkik ve Arama) laboratuvarında ASTM standartlarına uygun olarak yapılmıştır.

Mineralojik ve Morfolojik Tanımlama:

Toz haline getirilmiş kayaç ve mineral örnekleri Cu X-ışın tüplü Philips PW 3710/1830 XRD analiz cihazı ile 2-70° arasında gerçekleştirilen XRD çekimi yapılarak difraktogramların çizilmesi, standartlara uygun bir şekilde ince kesitleri hazırlanmış olan örneklerin polarizan mikroskopta fotoğraf çekimi yapılarak mineralojik tanımlamaları ve yüksek vakum koşulları altında numune yüzeyinden sinyal görüntüleri (SEM) alınarak zeolit numunelerinin mineralojik ve morfolojik özellikleri belirlenmiştir. XRD analizlerinde ASTM No:41-1478, ASTM No:33-1161 ve ASTM No:5-585 standartlarına göre tanımlamaları yapılmıştır.

Fiziksel ve Kimyasal Tanımlama:

- Kimyasal analiz testlerinde SiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃, CaO, MgO, Na₂O, K₂O, TiO₂, P₂O₅, MnO ve Kızdırma kaybı ölçümleri.
- Yağ emme deneyi TS-2583 EN ISO 787-5/Aralık 1997 “Pigmentler ve dolgu maddeleri için genel deney metotları – Bölüm 5:Yağ absorblama değerinin tayini” standardına göre,
- Beyazlık analiz testi, Minolta Chroma Meter CR300 cihazı kullanılarak,
- Ağartma Yeteneği tayini iki aşamada değerlendirilmiş olup, Orijinal Numunenin Ağartma Yeteneği Tayini ve Aktifleştirilmiş Numunenin Ağartma Yeteneğinin Tayini analizleri yapılmıştır. Orijinal Numunenin Ağartma Yeteneği Tayininde Numune 55 ± 5 °C sıcaklıkta sabit kütleye gelinceye kadar kurutulduktan sonra 200 mesh (74mikron) elek altına geçecek şekilde öğütülür. 1 g numune tüpe konularak üzerine 20 ml fuel oil – benzol karışımı ilave edilerek 10 dk çalkalanır. 24 saat sonra kalorimetreden % T (geçirgenlik) değeri okunur ve tonsil denkliği belirlenir. Aktifleştirilmiş Numunenin Ağartma Yeteneğinin Tayininde ise kurutma ve öğütme işlemlerini takiben 100 ml saf su uygun behere konularak üzerine 20 g numune ilave edilir. Bir bagetle iyice karıştırılır ve 12.5 ml %98 ‘lik derişik H₂SO₄ dikkatli bir şekilde ilave edilir. Bir hot plate (ısıtıcı plaka) üzerinde 1.5 saat kaynama noktasında bekletilir. Kaynama süresi sonrası numune. deneyin başlangıcından itibaren 24 saat sonrasına kadar bekletilmeye bırakılır. Daha sonra numune. vakum altında. süzüntüde asit kalmayınca kadar süzülür ve kurumaya bırakılır. Kurumuş kek halindeki numune tekrar öğütülüp orijinal numuneye uygulanan ağartma işlemi tekrarlanır.

Kullanım Sektörüne Uygunluğunun Araştırılması:

Numunelerin Seramik Ön Teknolojik ve Kedi Kumu Olarak İncelemeleri yapılmıştır.

- Numunelerin Seramik hammaddesi olarak uygunluğunun araştırılmasında, Asitte reaksiyon. Suda dağılma, Elle plastiklik, 1150°C, 1300°C ve 1430°C’lerdeki pişme rengi ve pişme durumuna göre; pişme testleri (konik şekillendirici ile yapılır.)

yapılarak optik mikroskopik analiz yöntemleri ile mineralojik bileşimleri tanımlanma (XRD) ve kimyasal analiz birlikte incelenmiştir.

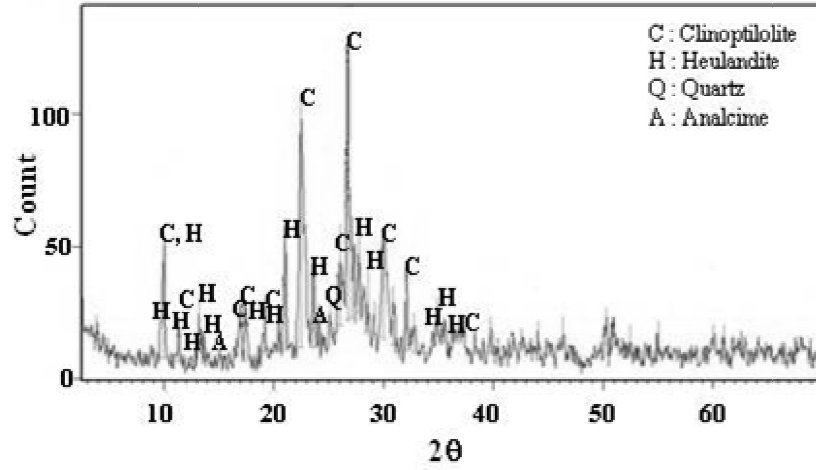
- Numunelerin Kedi kumu olarak uygunluğunun araştırılmasında testler TS-12131/Şubat 1997 “Sepiyolit-Kedi kumu üretiminde kullanılan” standardına göre yapılarak incelenmiştir.

3. Bulgular ve tartışma

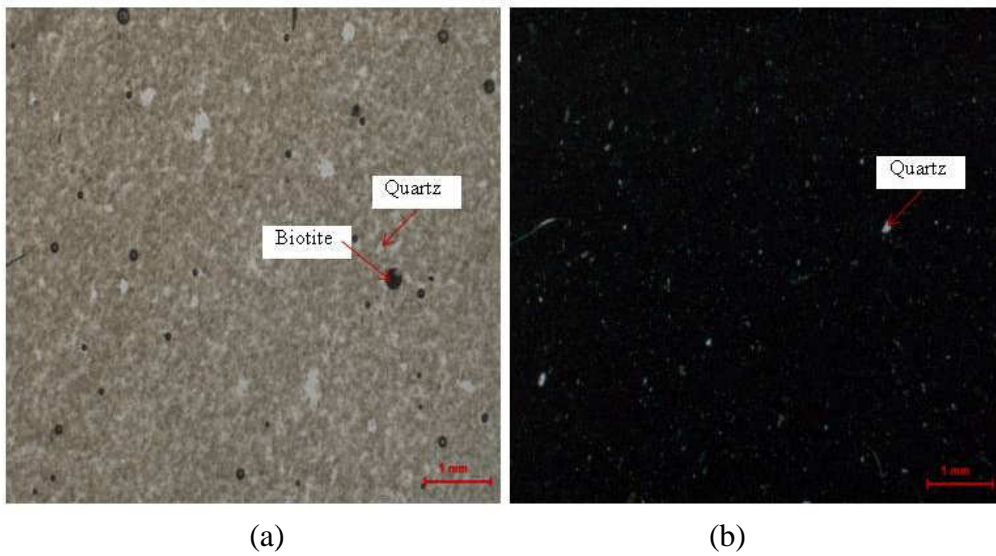
3.1. Mineralojik ve morfolojik tanımlama

Numunelerin mineralojik tanımlamaları için yapılan XRD ve ince kesit analizinde;

- Z-1 numunesinde zeolit grubu mineral (höyländit-clinoptiolite, çok az analsim), feldspat grubu mineral, çok az mika grubu mineral, çok az karışık tabakalı kil grubu mineral, çok az amfibol grubu mineral, çok az kuvars, çok az kaolen grubu kil minerali, çok az kalsit, çok az klorit grubu mineral, amorf malzeme (Şekil 2 ve Şekil 3),

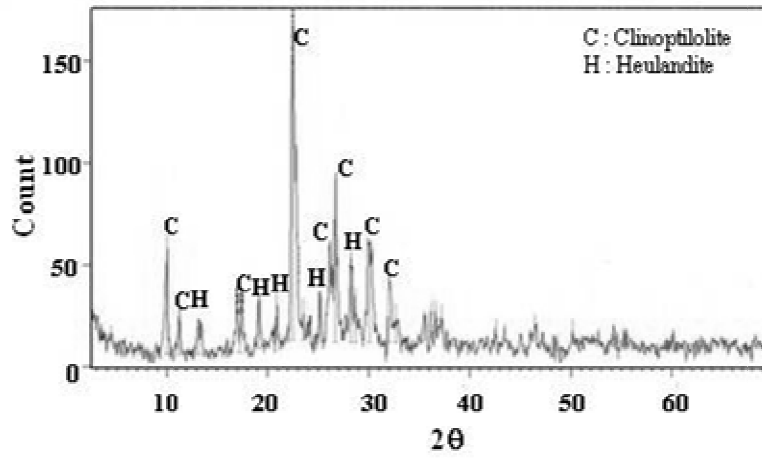


Şekil 2. Z-1 numunesi X-Ray difraktometre paterni.

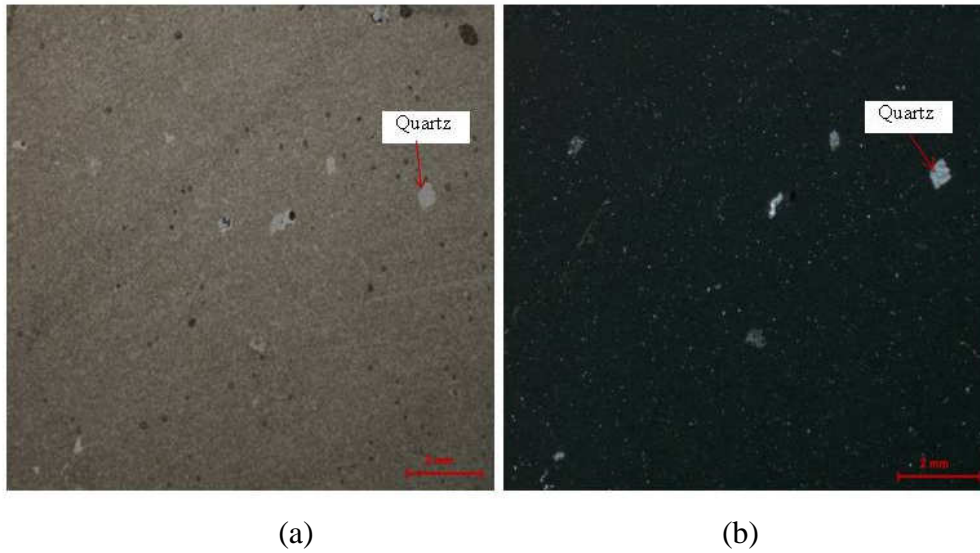


Şekil 3. Z-1 numunesine ait ince kesit görüntüsü a) Tek nikol b) Çift nikol.

- Z-2 numunesinde zeolit grubu mineral (höylandit-clinoptiolite), feldspat grubu mineral, çok az mika grubu mineral, çok az amfibol grubu mineral, çok az kuvars, amorf malzeme (Şekil 4 ve Şekil 5),

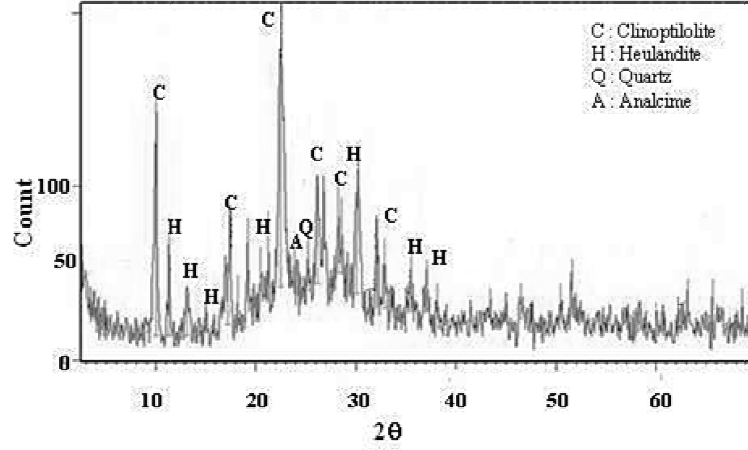


Şekil 4. Z-2 numunesi X-Ray difraktometre paterni.

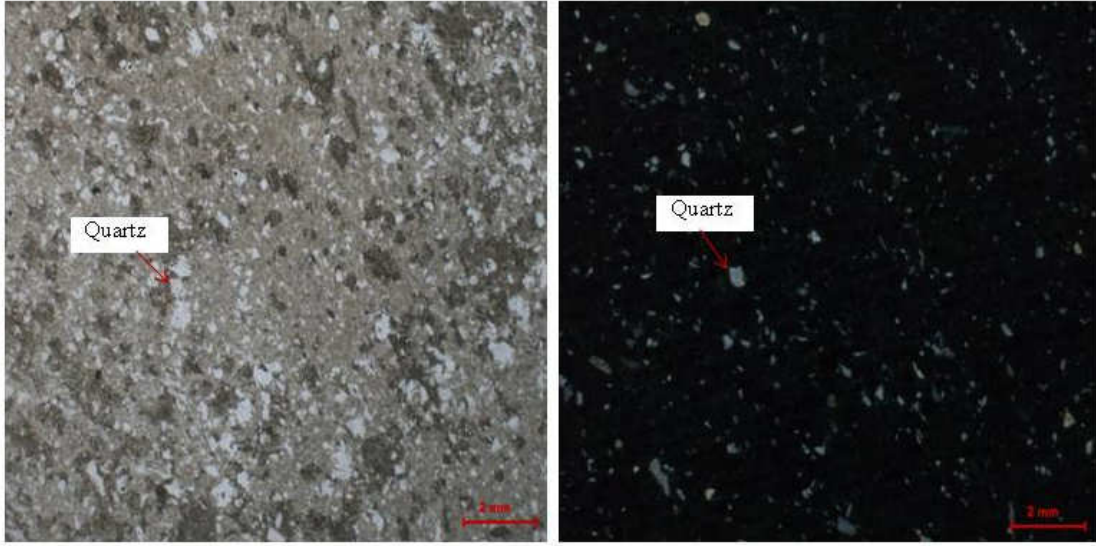


Şekil 5. Z-2 numunesine ait ince kesit görüntüsü a) Tek nikel b) Çift nikel

- Z-3 numunesinde ise zeolit grubu mineral (höylandit-clinoptiolite, çok az analsim), feldspat grubu mineral, çok az mika grubu mineral, çok az smektit grubu minerali, çok az amfibol mineral, çok az kuvars, çok az kalsit, çok az opal.jips?, amorf malzeme tespit edilmiştir (Şekil 6 ve Şekil 7).



Şekil 6. Z-3 numunesi X-Ray difraktometre paterni.

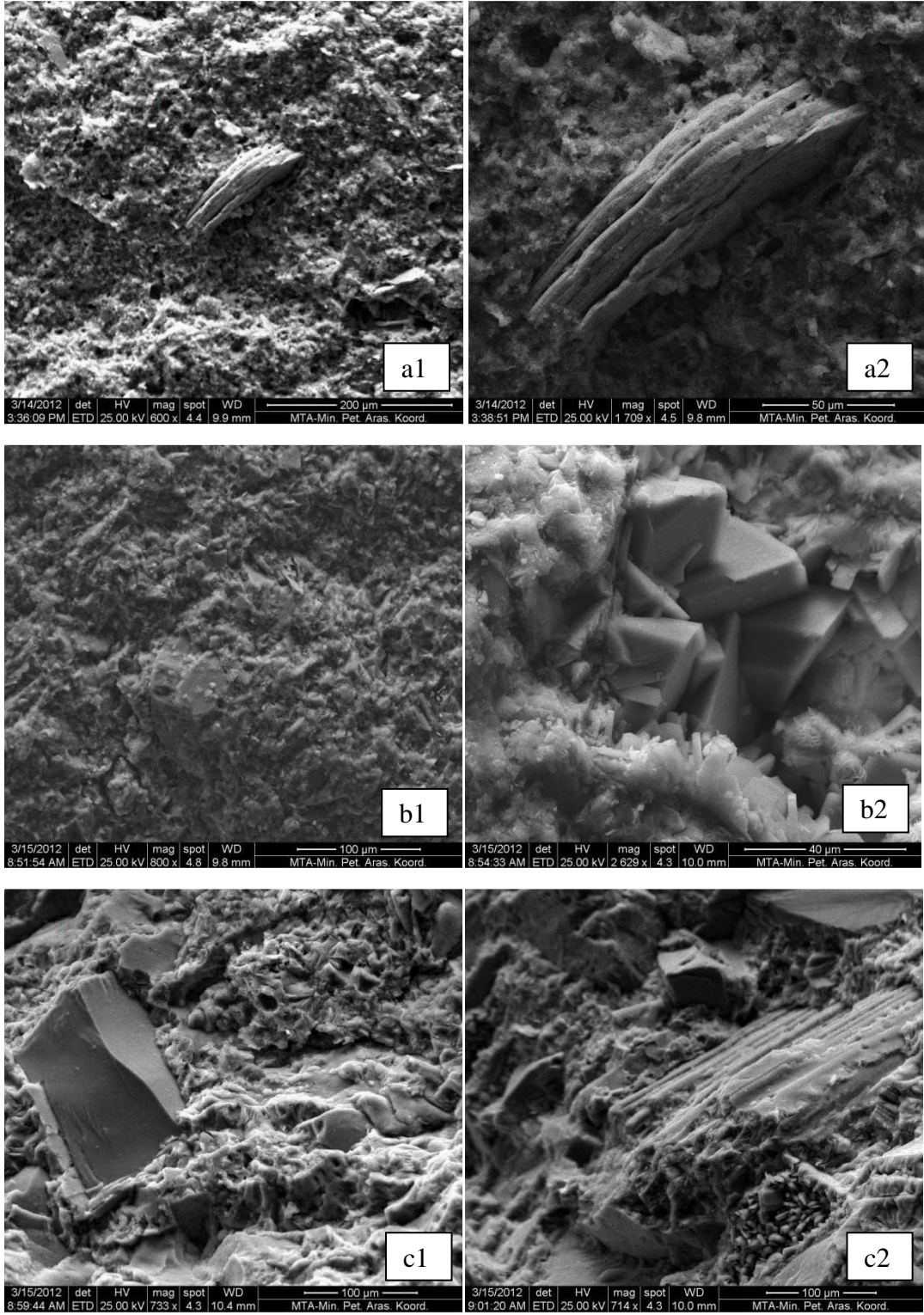


(a)

(b)

Şekil 7. Z-3 numunesine ait ince kesit görüntüsü a) Tek nikol b) Çift nikol.

Zeolit numunelerinin morfolojik özelliklerinin belirlenmesi için yapılan elektronmikroskop (SEM) görüntüleri Şekil 8' de verilmiştir. Klinoptilolit genel olarak yığınlar halinde kristal bir yapı ve az miktarda amorf yapı ile birlikte heterojen bir yapı gösterdiği belirlenmiştir. Şekil 8' de gösterilen SEM görüntülerinde Z-1 ve Z-3 numunelerinde zeolit minerallerinin yapraksı formda olduğu gözlenirken, Z-2 numunesinde ise kübik yapı tanelere rastlanmaktadır.



Şekil 8. Zeolit minerallerinin SEM görüntüleri a1-a2) Z-1 b1-b2) Z-2 c1-c2)Z-3.

3.2. Fiziksel ve kimyasal tanımlama

Zeolit numunelerinin standartlara uygun bir şekilde yapılmış olan fiziksel özellikleri Tablo 2'de verilmiştir.

Z-1, Z-2 ve Z-3 numunelerinin yağ emme değerleri sırasıyla 45 ml/100g, 49 ml/100g ve 55 ml/100g olup Z-3 numunesinin diğer numunelere göre gözenekli yapısının fazla olması nedeniyle yağ emme değerinin daha fazla olduğu görülmektedir (Tablo 2).

Tablo 2' den görüleceği üzere Z-1, Z-2 ve Z-3 numunelerinin yüzde beyazlık analizi sonucunda; numuneler sırasıyla % 77,55, % 71,17 ve % 77,58 beyazlığa sahiptir. L*,a*, b* sonuçlarına bakıldığında; b* değerlerinde görüleceği üzere sarı ve mavi renk aralığında oluşan renklemenin numunenin içerisindeki safsızlıklardan kaynaklandığı düşünülmektedir. Z-3 numunesinin diğer numunelere nazaran daha beyaz olduğu tespit edilmiştir.

Tablo 2. Numunelerin fiziksel özellikleri.

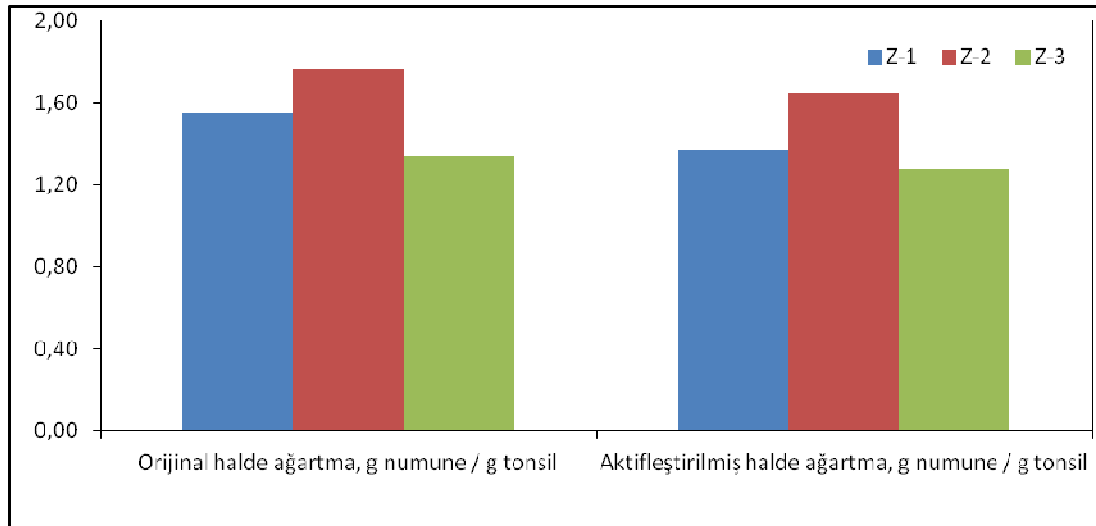
Numune İşareti	Z-1	Z-2	Z-3
Yağ Emme Değerleri (ml/100g)	45	49	55
% Beyazlık	77,55	71,17	77,58
L	90,57	87,56	90,58
a	-0,73	-2,37	-1,52
b	5,68	9,35	8,09
Orijinal halde ağartma. g numune / g tonsil	1,55	1,77	1,34
Aktifleştirilmiş halde ağartma. g numune / g tonsil	1,37	1,65	1,28

L*: beyaz renk değeri

a*: 0'dan +100'e kırmızı; 0'dan -100'e yeşil renk değerini

b*: 0'dan +100'e sarı; 0'dan -100'e mavi renk değeri

Z-1, Z-2 ve Z-3 numunelerinin orijinal halde ve aktif halde ağartma yetenekleri değerlendirildiğinde sırasıyla Z-2 > Z-1 > Z-3 olduğu görülmektedir (Tablo 2, Şekil 9).



Şekil 9. Orijinal halde ağartma ve aktifleştirilmiş halde ağartmayı gösteren diyagram.

Zeolit numunelerinin kimyasal analizleri sonuçları Tablo 3.'de verilmiştir. Z-1, Z-2 ve Z-3 numunelerin SiO₂ içeriği sırasıyla % 70,9, % 69,3 ve % 71,4; Al₂O₃ içeriği sırasıyla % 11,7, % 10,5 ve % 10,9 ve Fe₂O₃ içeriği sırasıyla % 1,1, % 2,1 ve % 1,1 arasında değişmektedir.

Tablo 3. Numunelerin kimyasal analiz sonuçları.

Numune	Analiz / Test Sonuçları (%)		
	Z-1	Z-2	Z-3
Na ₂ O	0.2	0.1	0.5
MgO	1.1	1.4	0.9
Al ₂ O ₃	11.7	10.5	10.9
SiO ₂	70.9	69.3	71.4
P ₂ O ₅	<0.1	<0.1	<0.1
K ₂ O	4.4	2.3	4
CaO	2.6	3.3	2.6
TiO ₂	0.1	0.1	0.1
MnO	<0.1	<0.1	<0.1
Fe ₂ O ₃	1.1	2.1	1.1
A.Za. (1050°C)	7.45	9.45	8.35

3.3. Kullanım sektörüne uygunluğunun araştırılması

Seramik Ön Teknolojik İncelemeleri

Pişme durumu ve renkleri göz önüne alınarak yapılan incelemeye göre; Z-3 teknoloji numaralı numunenin pişme rengi 1150°C' de krem ve 1300°C' de yeşilimsi açık kahverengi olduğundan numunenin seramik sanayi açısından yardımcı mineral olarak kullanımında sorun teşkil etmez. Ancak 1300 °C de pişme sonucunda numunenin pişme küçülmesi fazladır. Genel olarak seramiklerde pişme küçülmesi değerlerinin düşük olması ve pişme renginin beyaza yakın olması istenmektedir. Bununla birlikte pişme küçülmesi değerleri göz önünde bulundurularak, kullanılması öngörülen sektörlerde uygun sıcaklıklarda farklı reçetelerde numunenin yardımcı mineral olarak kullanımı, üretim alanında denenebilir. Z-2 teknoloji numaralı numune için de rengi göz önünde bulundurulmak kaydıyla yukarıda bahsedilen yorumların aynen geçerli olduğu söylenebilir. Z-1 teknoloji numaralı numunelerin ise seramik sanayinde kullanıma uygun olduğu düşünülmemektedir. Tablo 4'te numunelerin seramik ön teknolojik inceleme sonuçları verilmektedir.

Tablo 4 Numunelerin seramik ön teknolojik incelemeleri.

Numune İşareti	Z-1	Z-2	Z-3
Orijinal Rengi ve Durumu	Yeşilimsi krem irili ufaklı parçalar halinde	Benekli yeşilimsi krem irili ufaklı parçalar halinde	Yeşilimsi krem irili ufaklı parçalar halinde
Suda Dağılma	Var (Az)	Var (Az)	Var
Elle Plastiklik	Plastik	Az plastik	Az plastik
Seyreltik asitle reaksiyon	Yok	Yok	Yok
Pişme 1150 santigrat derece	Erime başlangıcı, koyu kahverengi	Sinter, açık koyulu pembemsi kahverengi	Pişme, krem rengi
Pişme 1300 santigrat derece	Erime, yeşilimsi açık kahverengi	Erime, yeşilimsi açık kahverengi	Erime, yeşilimsi grimsi açık kahverengi

Kedi Kumu Olarak İncelemeleri

Kedi kumu olarak kullanılacak ürünün standartlarında genel olarak; ürünün beyazlığı, su emme değerinin yüksek olması ve düşük birim hacim ağırlığa sahip olması istenir. Bunların dışında, mineralojik analizlerle asbest, zeolit ve kristobalit oranlarının Dünya Sağlık Teşkilatı ve ülke normlarına uygun ve altında olması istenir. Özellikle ABD'ye yapılacak tüm maden ihracatlarında bu değer % 0,5 gibi düşük değerde olması istenmektedir [8].

Kedi kumu olarak kullanılabilir numunelerin incelenmesinde ön şart, çamurlaşmanın belirlenmesidir [9]. Z-1, Z-2 ve Z-3 numuneleri için çamurlaşma ve yumuşama testleri neticesinde çamurlaşma olmadığı belirlenmiştir. Bu duruma istinaden su emme testi yapılmıştır. Kedi kumu ürün standartlarında absorpsiyon özelliğinin %75 - 100 arasında olması istenilmektedir [8,9]. Bu duruma istinaden Z-1, Z-2 ve Z-3 numunelerinin su emme değerlerinin düşük olması sebebiyle numunelerin absorblama yeteneği daha yüksek malzemelerle belli oranlarda karıştırılarak kullanılabilirliği düşünülmektedir. Tablo-5'te numunelerin kedi kumu olarak inceleme sonuçları verilmiştir.

Tablo 5. Numunelerin kedi kumu olarak incelemeleri.

Numune İşareti	Z-1	Z-2	Z-3
Su emme (absorpsiyon) kapasitesi, %	40	45	44
Çamurlaşma (Mudding Down) ve yumuşama özelliği	Çamurlaşma ve yumuşama yok	Çamurlaşma ve yumuşama yok	Çamurlaşma ve yumuşama yok

4. Sonuçlar

Bu çalışmaya konu olan Balıkesir-Bigadiç yöresinden alınan Z-1, Z-2 ve Z-3 numuneleri üzerinde mineralojik ve morfolojik tanımlama, fiziksel ve kimyasal özelliklerinin belirlenmesine yönelik testler yapılmıştır. Mineralojik ve morfolojik tanımlama testleri için yapılan XRD, ince kesit ve SEM analizleri neticesinde genel olarak zeolit numunelerinde höylendit ve clinoptiolite türü zeolit mineralleri gözlenmiş olup bu minerallerin yığınlar halinde kristal bir yapı ve az miktarda amorf yapı ile birlikte heterojen bir yapı gösterdiği tespit edilmiştir. Fiziksel ve kimyasal özellikleri incelendiğinde numunelerin gözenekli bir yapıya sahip olmasından dolayı yağ emme kapasitelerinin, beyazlık oranlarının ve SiO₂ içeriklerinin yüksek olduğu tespit edilmiştir. Kullanım sektörüne uygunluğunun araştırılması için yapılan seramik öne teknoloji incelemelerinde, seramik sanayi sektöründe yardımcı mineral olarak kullanımının Z-3 ve Z-2 numuneleri için uygun olduğu; fakat Z-1 numunesinin ise uygun olmadığı belirlenmiştir. Kedi kumu olarak kullanılabilirliğinin incelenmesi neticesinde ise Z-1, Z-2 ve Z-3 numunelerinin su emme kabiliyetinin düşük olması sebebiyle numunelerin absorblama yeteneği daha yüksek malzemelerle belli oranlarda karıştırılarak kullanılabilirliği düşünülmektedir.

Kaynaklar

- [1] Esenli, F., Türkiye’de doğal zeolit rezervleri, madenciliği, üretim ve pazarlama durumu, **Tübitak Ulusal Doğal Zeolitler Sempozyumu**, TÜBİTAK-MAM, 24 Haziran 2002, Gebze, Kocaeli,1-10, (2002).
- [2] Soyulu, M. ve Gökkuş, Ö., Türkiye'deki doğal zeolitler ve iyon değişimi uygulamaları, **Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi**, 6(1), 11-20, (2017).
- [3] Baran, E., Tekli ve ikili sistemde zeolit yüzeyine malachite green ve rhodamine B'nin adsorpsiyonunun araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Kilis 7 Aralık Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kilis, (2012).
- [4] GMKA, 2011. Balıkesir ili maden potansiyeline bir bakış, Güney Marmara Kalkınma Ajansı, <https://www.gmka.gov.tr/dokumanlar/yayinlar/GMKA-Balikesir-MadenPotansiyeline-Bir-Bakis.pdf>, (08.12.2017).
- [5] Baysal. O. ve diğer., Bigadiç Borat Havzası jeolojisi ve ekonomik potansiyelinin tespit edilmesi projesi. Hacettepe Üniversitesi Yer Bilimleri Uygulama ve Araştırma Merkezi, Proje Kodu YUVAM/84/3, Ankara, (1985).
- [6] Köktürk, U., Zeolit madenciliği ve çevre sağlığına etkileri, **Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu**, 21-22 Nisan, DEU Üniversitesi, İzmir, (1995).
- [7] <http://www.gordeszeolite.com/zeolit-klinoptilolit>, (08.12.2017).
- [8] DPT, Endüstriyel hammaddeler alt komisyonu genel endüstri mineralleri-II (Mika-Zeolit-Lületaşı) çalışma grubu raporu, **Sekizinci Beş Yıllık Kalkınma Planı**, Ankara, (2001).
- [9] Sabah, E. ve Çelik, M.S., Sepiyolit: özellikleri ve kullanım alanları, **3.Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu**, 14-15 Ekim, İzmir, Türkiye, (1999).