

Sepiyolit : Özellikleri ve Kullanım Alanları

E. Sabah

Afyon Kocatepe Üniversitesi Afyon Meslek Yüksekokulu, Cevher Hazırlama Programı, AFYON

M. S. Çelik

İstanbul Teknik Üniversitesi Maden Fakültesi, Cevher ve Kömür Hazırlama Anabilim Dalı, İSTANBUL -

ÖZET: Fillosilikatler (tabakalı silikatler) grubuna mensup magnezyum hidrosilikatlerden ibaret doğal bir kil minerali olan sepiyolit; yüksek yüzey alanı, lifsi yapısı, porozitesi, kristal morfolojisi ve kompozisyonu, yüzey aktivitesi, düşük konsantrasyonlarda yüksek viskoziteli duraylı süspansiyonlar oluşturması vs. gibi teknolojik uygulamalara baz teşkil eden sorptif, katalitik ve reolojik özelliklerinden dolayı sayısız kullanım alanına sahip bulunmaktadır. Bu çalışmada sanayi sepiyoliti diye adlandırılan tabakalı sepiyolitün ülkemiz ve dünyadaki rezerv ve üretim durumları, kristal yapısı, mineralojik, fiziksel, fizikokimyasal, reolojik ve termal özellikleri sunulmuş; kullanım alanlarına yönelik olarak sepiyolitün nitelikleri hakkında ayrıntılı bilgiye yer verilmiştir.

ABSTRACT: Sepiolite, a magnesium hydrosilicate, is natural clay mineral which belongs to a group of layered silicates. It is used in numerous areas due to its high surface area, fibrous structure, porosity, crystal morphology and composition, surface activity, production of stable suspensions of high viscosity at low concentrations. These properties provide the basis for a variety of catalytical, sorptive and rheological application. In this study, various features of sepiolite such as its national and world-wide reserves and production figures, crystal structure, mineralogical, physical, physicochemical and rheological properties are presented along with detailed information on its diverse uses.

1. GİRİŞ

Sepiyolit, Sepiyolit-Paligorskite grubuna ait, magnezyum hidrosilikat ten ibaret doğal bir kil mineralidir. Tetrahedral ve oktahedral oksit tabakalarının istiflenmesi sonucu oluşan lifsi bir yapısı vardır ve lif boyunca devam eden kanal boşluklarına sahiptir (Vicente Rodriguez ve dig., 1994).

Sepiyolit, Fersman (1913)'a göre tabiatta iki değişik polimorfik yapıda çökelmektedir. Bunların birincisi; amorf, kompakt halde ve masif yumrular şeklinde olan ve dış görünüşü deniz köpüğünü andırdığı için almanca *Meerschaum*, Osmanlı türkçesiyle *Derya köpüğü* ve günümüzde *lületaşı* adı ile bilinen a-sepiyolit, ikincisi ise; küçük, yassı ve yuvarlak partiküller veya amorf agregalar halinde oluşan β-

sepiyolit tir (Saniz ve Nuhoğlu, 1992). Günümüzde *sanayi sepiyoliti* olarak bilinen ve süs eşyası yapımına uygun olmayan β-sepiyolit, tabakalı bir sepiyolit türü olarak, oluşumu, bileşimi, özellikleri ve kullanım alanları itibarıyla cc-sepiyolitten ayrılır.

Sepiyolitün kimyasal formülü, Nagy ve Bradley (1955) modeline göre $Si_uMg_{30}(OH)_6(H_2O)_6 \cdot 6H_2O$; Brauner ve Preisinger (1956) modeline göre ise $Si_{12}Mg_8O_{30}(OH)_8(H_2O)_4 \cdot 8H_2O$ 'dur.

Çeşitli sepiyolitler için hesaplanmış kimyasal formüllerin birçoğu, tetrahedral tabakada Si⁴⁺'in, Al⁺³ ve Fe⁺³ tarafından az miktarda ornatıldığını göstermektedir. Magnezyum ise, oktahedral Fe⁺³ pozisyonların %90 ile %100'ünü doldurmaktadır. Brauner ve Preisinger analiz sonuçlarına göre

kanyonların yaklaşık 8'i oktehdrali doldurur; oysa Nagy ve Bradley modeline göre 9 pozisyon doldurulmaktadır (Weaver ve Pollard, 1973).

Her¹ ne kadar magnezyum sepiyolit eri yaygın bir tür olsa da bunun "diğer türleri de belirlenmiştir. Rogers ve diğ. (1956), oktahedral pozisyonların %19' unun Al⁺³ ile doldurulmuş bulunduğu alüminyumlu sepiyolit tanımlamışlardır (Weaver ve Pollard, 1973). Xylotile (demir-sepiyolit)' de Si⁺⁴ 'in bir kısmı Fe⁺³ ile yer değiştirir. Bu esnada oluşan elektriksel yük kaybı Mg⁺² 'mun bir kısmının tetrahedral tabakadaki Fe⁺³ ile yer değiştirmesiyle dengelenmektedir (Alvarez, 1984; Caillere ve diğ., 1948). Nikelli, sepiyolit veya falkonit, oktahedral tabakada %9.78 NiO₂ içermektedir Ayrıca sodyumlu sepiyolit olan laflinit de ilk olarak Fahey ve Axelrod (1948) tarafından tanımlanmıştır. - Echle (1978), laflinitte, sepiyolit yapıdaki genel Mg' nin yerini yapının kanalları içindeki suda bulunan 2 Na iyonunun aldığını göstermiştir. Fahey ve arkadaşları

(1960), yaptıkları X-Ray analizlerinde, laflinitin sepiyolite çok benzediğini tespit etmişlerdir.

Türkiye'de şimdiye kadar tanımlanmış farklı türler; Eskişehir-Mihalıççık-Killik mevkiindeki laflinit ile Ankara-Beypazarı-Karasar ve Uşakgöl Yaylası mevkiindeki Al-Fe sepiyolit oluşumlarıdır (Irkeç, 1995).

- Sepiyolitin teorik SiO₂/MgO oranı 2.22 olup, SiO₂= %55.60 ve MgO= %24.99'dur.
- Susuz bazda bu oranlar, SiO₂= %61.70 ve MgO= %27.60'dır.
- Genelde ise, SiO₂= %53.90 ±1.9 ve MgO= %21-25 arasında değişmektedir.

Ülkemizdeki bazı lületaşı ve sedimenter sepiyolitler ile dünyadaki; bazı sepiyolitlerin kimyasal bileşimleri Çizelge 1'de verilmiştir (Irkeç, 1995; Jones ve Galan, 1988).

Çizelge 1. Bazı Lületaşı ve Sepiyolit Çesitlerinin Kimyasal Bileşimleri.

Bileşim -(%>	Lületaşı		Sedimenter sepiyolit (Sanayi sepiyoliti)					Hidrotermal sepiyolit	Alüminyumlu sepiyolit	Lafinit
	(D)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
SiO ₂	52.90	54.02	53.70	55.97	60.60	52.05	52.50	57.00	52.43	50.80
MgO	25.89	23.13	23.31	22.81	22.45	23.74	21.31	10.10	15.08	16.18
Al ₂ O ₃	0.27	0.19	1.15	1.56	1.73	1.03	0.60	8.50	7.05	0.66
Na ₂ O	-	0.02	0.67	0.12	0.16	-	-	3.70	-	8.16
K ₂ O	-	0.02	0.61	0.27	0.58	-	-	1.20	-	-
Fe ₂ O ₃	0.36	0.51	0.64	0.77	0.62	0.04	2.99	25Q	2.24	1.05
FeO	-	-	0.02	-	-	0.01	0.70	-	2.40	1.51
MnO	-	-	-	0.02	-	-	-	0.20	-	-
TiO ₂	-	-	-	0.12	-	-	-	0.30	-	-
CaO	0.01	0.06	0.03	0.57	0.40	0.51	0.47	2.00	-	0.12
A.Z.	20.55	21.63	19.59	17.75	13.22	21.71	21.27	13.35	19.97	22.60

1. Eskişehir-Sepetçi (Sankaya ve diğ., 1985); 2. Konya-Yunak (Yeniol ve Öztunalı, 1985); 3. Konya (Stoessel ve Hay, 1978); 4. Eskişehir-Sivrihisar (ift, 1993); 5. İspanya-Vallecas (Singer ve Galan, 1984); 6. Japonya-Kuzuu District (İmsı ve diğ., 1969); 7. Madagaskar (Caillere, 1951); 8. Bolu-Kıbnscık (Irkeç, 1995); 9. Avustralya- Tintinara (Rogers ve diğ., 1956); 10. USA-Wyoming (Fahey ve diğ., 1960)

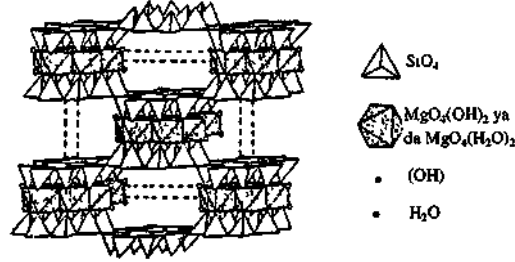
2. KRİSTAL YAPISI

Sepiyolit, kristalize olmuş kil mineralleri arasında yaygın ve önemli bir yere sahip olan fiUosilikatler grubuna ait bir kil mineralidir; ancak, amfibol tipi çift zincir yapısının oluşturduğu zincir kafes tipi (lifsi

yapı) nedeniyle, yine bu grup içinde yer alan, tabaka (düzlem) kafes tipi minerallerden ayrılmaktadır.

Sepiyolit, taban oksijen düzlemlerinden aşağı veya yukarı doğru yönelik şekilde düzenlenmiş Si-O tetrahedronları ile brusit benzeri oktahedral (sekiz yüzlü) tabakalardan oluşan bir kristal yapısına

sahiptir (Şekil 1). Burada, tepe oksijenleri aynı yönde olan tetrahedronlar, X-eksenine paralel olarak uzanan şeritleri oluştururken, zıt yönde olanları da oktahedral katyonlara bağlanarak lif doğrultusunda (X-ekseni boyunca) sürekli, dik doğrultuda (Y-ekseni boyunca) sınırlı boyutta 2:1 katmanlı yapı oluştururlar. Şeritlerin sepiyolitte üç, paligorskite ise iki piroksen zincirinin birbirine bağlanmasıyla oluşan genişlikleri vardır Şeritler arasındaki dikdörtgen kanallarda, Ca ve Mg iyonları ile değişen miktarlarda zeolitik su bulunur. Yapı formülünde (OH)₂ olarak gösterilen su molekülleri ise şerit kenarlarındaki oktahedral Mg'a koordine olurlar.



Şekil 1. Sepiyolit kristalinin şematik görünüşü-(Jones ve Galan, 1988).

Sepiyolit katyon değişim kapasitesi (KDK) ile ilgili literatür verileri oldukça değişkendir. Bu veriler aşağıdaki araştırmacılar tarafından;

• Grim (1968)	3-15 meq/100 g,
• Weaver ve Pollard (1973)	2(M5 meq/100 g,
• Otsuka (1973)	31.6 meq/100 g,
• Galan (1979)	26.0 meq/100 g
• Caillere(1982)	20-30 meq/100 g,

olarak belirlenmiştir. Verilerdeki bu değişiklikler, farklı sepiyolitlerin değişen kristal kompozisyonlarına bağlı olabilir. Katyon değişim kapasitesi, Si⁺⁴ 'in üç değerlikli katyonlarla yer değiştirmesi sonucu açığa çıkan ve büyük ölçüde kristal içi yer değiştirmelerle dengelenmeye çalışılan elektriksiz yükün kompanse edilmesi ihtiyacına ve lif kenarlarındaki kırılmış bağların varlığına dayalıdır. Soz konusu kırılmış kimyasal bağlar, özellikle daha iyi kristalin formlar gösteren sepiyolitlerde, katyon değişim kapasitesinin en önemli etkenidir (ırkeç,1995; Grim, 1968). Sepiyolit ve diğer kil minerallerinin nötr ortamda belirlenen KDK değerleri Çizelge 2'de verilmiştir.

Çizelge 2. Tipik Kil Minerallerinin pH=7'de Belirlenmiş KDK Değerleri (Çokça, 1993; Breck, 1974).

KİL MİNERALLERİ	KATYON DEĞİŞİM KAPASİTESİ SINIRLAR
	(meq/100 g)
Montmorillonit (Smektit)	80-150
Vermikülit	100-150
Zeolit	170-260
Sepiyolit-Atapulgit	20-30
Halosit.2H ₂ O	5-10
Halosit.4H ₂ O	10^0
İlit	10^0
Klorit	10-40
Kaolinit	3-15

3. ÖZELLİKLERİ

3.1. Mineralojik Özellikleri

Sedimanter tabakalar halinde çökelen sepiyolitler, genellikle toprağımsı, ince taneli ve kaygan görünümündedir. Bu tip sepiyolitlerde, sepiyolit minerali, bileşimde %90'ı aşan oranlarda bulunur ve buna eşlik eden mineraller de; genelde dolomit ve smektit grubu killer ile manyezit, paligorskite ve detritik minerallerdir. Bunların haricinde kil dışı karbonat mineralleri, kuvars, feldspat ve fosfatlar da olabilmektedir. Ayrıca, hemen her zaman organik maddeler de bu tipteki sepiyolit kilinin bileşiminde yer alır. Ancak, sepiyolit kiline koyu renk veren organik maddenin oranı %10'u aşmaz. Masif yapılı sepiyolit kilinde ise gerek intraklastlar, gerekse hamur maddesi sepiyolit mineralinden meydana gelir. Genellikle organik madde içermeyen bu tipteki sepiyolit içeriği %90'dan fazladır.

Dolomitli sepiyolitler çoğunlukla %50 ve daha fazla oranlarda sepiyolit içerirler. Sepiyolit dışındaki başlıca bileşen, dolomit mineralidir, yer yer değişik oranlarda illit, detritik kuvars ve volkanik cam da bulunur. Sepiyolit içeriğinin %50'nin altına düştüğü durumlarda, malzeme sepiyolitli dolomit niteliğini kazanır. Ancak, ana sepiyolit seviyesindeki malzemede sepiyolit hemen her zaman %10 ve daha fazla oranlarda bileşimde yer alır (Yeniol, 1992).

3.2. Fiziksel Özellikleri

Kaygan görünümü, ince taneli, toprağımsı bir yapıya sahip tabakalı sepiyolit, genellikle beyaz, krem, gri

veya pembe renkli olabilmektedir; organik madde içeriğine bağlı olarak, Sivrihisar güneyi Neojen havzasındaki bazı türlerde olduğu gibi, koyu kahverengi ve siyahımsı da olabilir. Ampandrandawa (Madagaskar) ve Çin sepiyolitleri gibi bazı uzun lifli formlar ise krizotil benzeri beyaz ve açık sarı renklidir. Sedımanter oluşumlu, uzun lif demetleri şeklinde bulunan β -sepiyolit (tabakalı sepiyoht) lif uzunluğu 100 Å-3 ile 5u,m, genişliği 100-300 Å ve kalınlığı 50-100 Å arasında değişebilmektedir. Bununla birlikte bu liflerin uzunlukları standart olmayıp, dünyanın pek çok yerinde farklı uzunluklara sahip sepiyolitler bulunmaktadır. Örneğin Çin ve Ampandrandawa (Madagaskar) sepiyolitlerinin lif uzunluğu bir kaç milimetre hatta santimetreye varmaktadır. Vallecas (İspanya) sepiyolitinin lif boyuttan ise 8000x250x40 Å'dur (Jones ve Galan, 1988). Şekil 2'de, tarama elektron-mikroskop (SEM) fotoğrafı görülen, Polatlı (Ankara) güneyindeki Turktaciri bölgesinden alınan orijinal kahverengi sepiyolit lif uzunluğu da 5-10u,m olarak



Şekil 2. Kahverengi sepiyolit (Polatlı-Turktaciri) lif demetlerinin SEM'de görünümü (Arık ve diğ., 1996).

Sepiyoht gözenekli (poroz) bir yapıya sahiptir ve ortalama mikropor çapı 15 Å, mezopor yan çapı ise 15-45 Å arasında değişmektedir. Yoğunluğu 2-2.5 g/cm³ arasında olup, çok gözenekli olan türlerin yoğunluğu zaman zaman birin altına düşebilmektedir; kuruduğu zaman yoğunluğu düşeceğinden suda yüzme özelliği gösterir.

Monoklinik veya psödorombusal sistemde kristalleşen sepiyolit Mohs sertliği 2-2.5 civarında ve ortalama kırma indeksi 1.50 olup, negatif baksiyal optik işaret verir. Nemli olduğunda tırnakla

çizilebilir, dil ile dokunulduğunda kil gibi çeker. Sepiyolit kuruma sıcaklığı 40°C'dir; erime sıcaklığı ise 1400-1450°C arasında-değişmektedir. Sepiyolit sahip olduğu fiziksel özellikler, Çizelge 3' de topluca verilmiştir. -

Çizelge 3. Tabakalı Sepiyolit (Sanayi Sepiyoliti) Fiziksel Özellikleri.

YAPI	Lifsi, toprağımsı
GÖRÜNÜM	Kaygan
RENK	Beyaz, krem, kahverengi, gri veya pembe, açık san
LİF BOYUTLARI	
uzunluk	100 Å-3 ile 5 (im
genişlik	100-300 Å
kalınlık	50-100 Å
GÖZENEK BOYUTLARI	
mikropor çapı	15 Å
mezopor yarıçapı	15-45 Å
YOĞUNLUK	2-2.5 g/cm ³
SERTLİK (Mohs'a göre)	2-2.5
KIRILMA İNDEKSİ	1.50
KURUMA SICAKLIĞI	40°C
ERİME SICAKLIĞI	1400-1450°C

3.3. Fizikokimyasal Özellikleri

3.3.1. Sorptif Özellikler

Kil minerallerinin iç yapıları ve kimyasal bileşimleri baz alınarak yapılan sınıflamaya göre sepiyolit, kristalin killerin zincir yapılı olan grubuna aittir. Zincir yapısına sahip minerallerin kristal yapılarında üç tür aktif soğurma merkezi mevcuttur (Serratos, 1978). Bunlar :

- Tetrahedral silika tabakasındaki oksijen atomları. Bu minerallerin tetrahedral tabakalarındaki düşük izomorf değişim derecelerinden dolayı oksijen atomları zayıf elektron taşıyıcısıdır ve bunların adsorbe türlerle etkileşimi de zayıf olacaktır.
- Yapıdaki zincirlerin kenarlarıda magnezyum iyonları ile koordine olmuş su molekülleri (her Mg⁺² iyonu için iki H₂O-molekülü). Bunlar, sorplanan türlerle hidrojen bağları oluşturabilir.
- Lif eksenini boyunca uzanan Si-OH gruplarıdır. Bunlar tetrahedral tabakanın dış yüzeylerinde Si-O-Si bağlarının kırılması sonucu oluşurlar. Söz konusu kırılmadan doğan artık yük, bir proton veya bir hidroksil molekülü ile bağlanarak yükünü nötrleştirir. Bu gruplar, lif eksenini boyunca 5 Å

aralıklarla dizilim gösterir ve bunların sıklığı, kristalin doğal yapısı ile liflerin boyutları ile ilişkilidir. Bu Si-OH grupları, sepiyolitın dış yüzeyinde adsorplanan moleküllerle etkileşime girebilir ve belirli organik reaktifler ile kovalent bağ oluşturma yeteneğine sahiptir.

Sepiyolit kendine has yapısı itibarıyla son derece yüksek bir sorpsiyon özelliğine sahiptir ve kendi ağırlığının 200-250 kah kadar su tutabilir. 300°C'ın üzerine ısıtıldığında, yapısal değişikliklere ve gözeneklerin tahrip olmasına bağlı olarak, sorpsiyon kapasitesi azalır; sepiyolitın genleşme özelliği yoktur. Zeolitık su, yapısal zincirlerin kenarlarında magnezyum iyonlarına koordine olmuş su molekülleri ile hidrojen bağları oluşturur. Koordinasyon ve zeolitık su molekülleri, yüksek polariteli küçük moleküller ile yer değiştirebilir. Örneğin kısa zincirli primer alkoller, kanalların içine >ayılarak zeolitık su moleküllerinin ve hatta koordinasyon suyu moleküllerinin yerini alabilirler. Daha fazla zincir uzunluğuna sahip alkollerde ise, sadece dış yüzeylerdeki açık kanallarda zeolitık su ve koordinasyon suyu molekülleri ile yer değiştirilebilir. Yine katyonik reaktifler grubuna giren uzun hidrokarbon zincirine sahip amin türü organik maddelerle yapılan adsorpsiyon çalışmaları, amin moleküllerinin sadece sepiyolitın dış yüzeylerinde tutunmayıp aynı zamanda kanal boşluklarına da yerleştiğini ve adsorpsiyon olayının, primer aminlerde, amin moleküllerinin oktahedral tabakada yer alan bağl ve zeolitık su molekülleri arasında hidrojen bağı oluşturarak (Sabah ve diğ., 1997): kuvarterner aminlerde ise Mg⁺² iyonu ile amonyum iyonu arasındaki iyon değiştirmeden ve Van der Waals güdümlü zincir-zincir etkileşimlerinden kaynaklandığını göstermiştir (Sabah, ve diğ., 1998; Kara ve diğ., 1998).

Sepiyolit, genellikle su ve amonyum gibi polar moleküller ile polar olmayan bileşikleri ve nispeten daha az miktarda metil ve etil alkollerini adsorplayabilmektedir. Ancak, polar olmayan bileşiklerin adsorpsiyonu dış yüzeylerle sınırlı olup tutulan molekülün boyutuna ve şekline bağlıdır. Lineer ve dalh-budaklı parafin zincirlerinin adsorpsiyonu için serbest enerji -ve entropi değişimleri üzerine yapılan çalışmalar, bu moleküllerin dış yüzeylerdeki açık kanallara yerleştiğini ortaya koymuştur (Alvarez, 1984).

3.3.2. Yüzey Alemi Modifikasyonları

Sepiyolitın tanımlanmış yapısal modeli dikkate alındığında, kristal yapılarındaki süreksizliklere bağlı kanalların 3.6x10.6 Å'luk bir kesiti için belirlenen yüzey alanı, yaklaşık olarak 800-900 m²/g'dır. Teorik olarak bunun 400 m²/g'ı dış yüzey, 500 m²/g'ı de iç yüzey alanıdır (Alvarez, 1984; Serna ve Van Scoyoc, 1978). Yüzey alanı ölçümleri, kullanılan absorbat molekülün kristal içi kanallara nüfuz edebilme kapasitesine bağlıdır. Kullanılan metoda göre yüzey alanı değişmektedir. (Çizelge 4).

Çizelge 4. Sepiyolitın Değişik Absorbatlar ile Belirlenmiş Yüzey Alanı Değerleri.

YÜZEY ALANI (m ² /g)	ABSORBAT (gaz veya sıvı)
60	Setilpiridinyum bromur
275	Piridin
276	BET
330	Hegzan
470	Etilen glikol

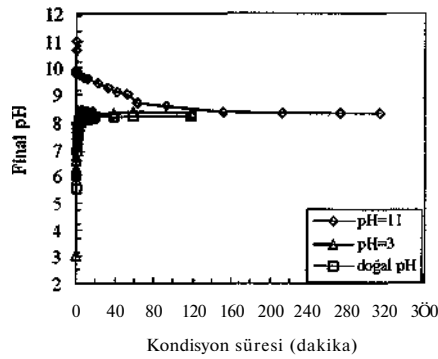
Diğer killerde olduğu gibi, sepiyolitın yüzey alan ve gözenekliliği ısı aktivasyon, asit aktivasyon veya her ikisi de uygulanarak değiştirilebilmektedir.

3.3.3. Kolloidal Özellikleri

Sabah (1998) tarafından sepiyolitın 'kolloidal davranışını belirleyebilmek için %10 kah oranındaki bir süspansiyonda doğal, asidik ve bazik pH'larda zamana bağlı, olarak yapılan ölçümlerde, sepiyolitın kfndi tabi denge pH'sına (pH=8.5) yaklaşık 18 dakikada ulaştığı; buna karşılık başlangıç pH'sı 3'e ayarlanan sepiyolit süspansiyonunun 14 dakika içinde, başlangıç pH'sı 11'e ayarlanan süspansiyonun ise 3.5 saat içinde tabi denge pH'sına ulaştığı belirlenmiştir (Şekil 3). Buradan sepiyolit süspansiyonlarının her ortamda pH=8.5 civarında tampon bir pH oluşturdukları anlaşılmaktadır.

Katı konsantrasyonuna bağlı olarak yapılan zeta potansiyel ölçümleri, sepiyolitın düşük kah konsantrasyonlarında (2-4 mg/ml) negatif yük sergilediğini ve zeta potansiyelinin -15.4±2 mV civarında sabit kaldığını göstermiştir. Bu durum, sepiyolitın tuz tipi minerallerden çok kil gibi davrandığına işaret etmektedir. Yine beyaz ve kahverengi Türk sepiyolitları ile pH'ya bağlı olarak yapılan zeta potansiyel ölçümlerinde, beyaz sepiyolitın sıfır yük noktası (syn) pH=4 civarında

(Sağlam, 1996); kahverengi sepiyolitün syn'i si ise pH=5 civarında bulunmuş ve kation değişiminden dolayı özellikle çok değerlikli iyonların (Ca²⁺, Al³⁺, Pb²⁺, Co²⁺) magnezyum ile yer değiştirerek yüzeyin yükünü belirlemede önemli rol oynadıkları tespit edilmiştir. (Sabah ve diğ., 1998).



Şekil 3. Değişik başlangıç pH'larda kıvamlandırılan sepiyolit süspansiyonlarının pH-profilleri (Sabah ve diğ., 1998).

3.4. Reolojik Özellikleri

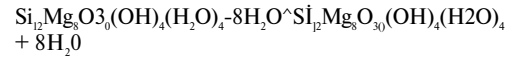
Sepiyolit ve Paligorskit jel oluşturma özelliğine sahip en önemli iki kil mineralidir. Bunlar diğer killere nazaran nispi olarak düşük konsantrasyonlarda, su veya yüksek-düşük polariteye sahip diğer organik çözücüler ile, yüksek viskoziteli ve duraylı süspansiyonlar oluşturabilirler. Sepiyolit, polar olmayan çözücülerle de 'duraylı süspansiyonlar oluşturabilir; ancak, daha önceden sepiyolitün hidrofil yüzeyinin yüzey aktif bir madde ile değiştirilmesi gereklidir (Alvarez, 1984).

Elektron mikroskopunda yapılan incelemelerde, sepiyolitün iğne şeklindeki partiküllerinin aglomera >apıda olduğu ve bunların çalı-ot yığınlarına benzer geniş lif kümeleri oluşturduğu gözlemlenmiştir. Bu lif yığınları, suda veya yüksek-düşük polariteli diğer çözücülerde kolayca dağılarak sıvıyı bünyelerine hapseder ve bu yolla süspansiyonun viskozitesini artırır. Bu tür sepiyolit süspansiyonları Newton yasasına uymayan (Non-Newtonian) davranış biçimi gösterirler. Bu durum süspansiyonun konsantrasyonu, pH 'sı, çekme gerilimi ve elektrolitin bileşimi gibi bir çok parametreye' bağlıdır (Alvarez, 1984; Tolsa Research Report, 23-82).

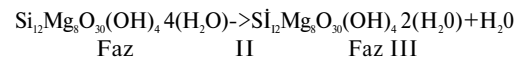
3.5. Termal Özellikleri

Doğal sepiyolit; fiziksel adsorplanmış higroskopik su, kimyasal adsorplanmış zeolitik su, kristal yapıda bulunan bağlı su ve hidroksil suyu olmak üzere dört çeşit su içermektedir. Sepiyolite ısı işlem uygulandığında, adı geçen su molekülleri nedeniyle, değişik termal davranışlar göstererek yapısal ve morfolojik değişimlere uğramaktadır. Diferansiyel Termik Analiz (DTA) ve Termo Gravimetrik Analiz (TGA) yöntemleri ile farklı sıcaklık bölgeleri dikkate alınarak simultane olarak belirlenebilen bu değişimlere ait kimyasal formüller aşağıda verilmiştir (Rautureau ve Mifsod, 1977):

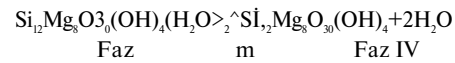
- 20-200°C (higroskopik ve zeolitik su kaybı)



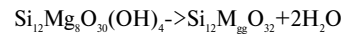
- 200-400°C (zayıf bağlı kristal su kaybı)



- 400-550°C (kuvvetli bağlı kristal su kaybı)



- 550-875°C (faz dönüşümü veya enstatit oluşumu)



3.6. Katalitik Özellikleri

Kil minerallerinin katalitik aktivitesi, bunların yüzey aktivitelerinin bir fonksiyonudur. Heterojen katalizörlerin etkinlik, seçicilik, büyük yüzey alanı, mekanik sağlamlık ve termal duraylılık gibi önemli özellikleri, katalizör taşıyıcının gözenekli yapısı ile yakından ilgilidir. Bıı ve buna benzer özelliklerinden dolayı sepiyolit minerali, son zamanlarda katalizör taşıyıcı olarak simektit ve kaolin grubu minerallere tercih , edilmektedir. Sepiyolit partiküllerinin yüzeyinde lif«kseni boyunca 5 Å ara ile sıralanan Si-OH grupları, belirli derecede asit özelliğe sahiptir ve katalizör ya da reaksiyon merkezi olarak davranabilir. Doğal sepiyolitte SiO₂ mol oranının daha yüksek olması asidik özelliğin daha yüksek olmasını sağlamaktadır. Isıl aktivasyon sıcaklığı ile sepiyolitün asidik karakteri daha da artmakta ve buna paralel olarak asit icatalizli reaksiyonlardaki katalizör etkinliği de fazlaşmaktadır. Katalizör' etkinliğin en yüksek olduğu ısı aktivasyon sıcaklığı 500-

600°C'dir. Sepiyolit hem asidik hem de bazik merkeze sahip olması nedeniyle, asit-baz çift fonksiyonlu bir katalizördür (Çetışli, 1985).

4. DÜNYADA VE TÜRKİYE'DE SEPIYOLİT

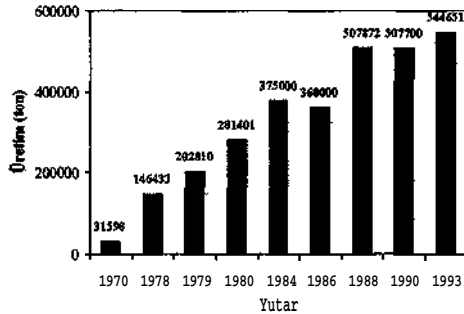
4.1. Dünyada Mevcut Durum

4.1.1. Rezervler

Dünya sedimanter sepiyolit üretiminin hemen hemen tamamı İspanya tarafından karşılanmaktadır. Pek çok sepiyolit yatağı bulunan bu ülkeye ait sepiyolit rezervleri 15-20 milyon ton civarındadır (González-Barros, 1995). İspanya dışında Çin Halk Cumhuriyeti'nde bazı ekonomik sepiyolit yataklarının varlığı bilinmektedir. Bu sepiyolit oluşumları son derece uzun lifli olup asbesti andırmaktadır. Rezervleri konusunda bilgi yoktur, ancak, bir miktar üretim yapılarak İspanya'ya gönderildiği bilinmektedir.

4.1.2. Üretim

Sanayi sepiyoliti olarak adlandırılan sedimanter sepiyolit ABD, Çin ve Türkiye'de az miktarda üretimi dışında, İspanya dünya pazarını tek başına elinde tutmaktadır. 1970 yılında üretim 31598 ton iken 1993 yılının ilk altı ayında bu rakam 544651 tona ulaşmıştır. İspanya'da değişik yıllarda üretilmiş sepiyolit miktarları Şekil 4'de verilmiştir (Sariz ve Ayverdi, 1991 ; González-Barros, 1995; Can, 1992).



Şekil 4. İspanya'da üretilen sepiyolitın yıllara göre dağılımı.

Üretilen sepiyolitın %90'ı ihraç edilmektedir

Söz konusu üretimi gerçekleştiren İspanya'nın önde gelen üretici firmaları, Toisa SA, Sepiol SA, MYTA, Minas Volcan SA, BENESA, Minas de Pareja SA'dır.

4.2. Türkiye'de Mevcut Durum

4.2.1. Rezervler

Türkiye'nin ekonomik olarak değerlendirilebilecek sanayi veya tabakalı tip sepiyolit yatakları, Eskişehir, Çanakkale, Bursa, Kütahya ve İsparta'da bulunmaktadır. Eskişehir civarında, Neojen yaşlı göl fasiyesinde sedimanter olarak teşekkül eden sepiyolit zuhurlanna ait mümkün rezerv verileri Çizelge 5'de gösterilmiştir (Can, 1992).

Çizelge-5. Eskişehir Civarındaki Bazı Bölgelerin Tabakalı Sepiyolit Rezervleri (ton).

BÖLGE	REZERV (mümkün)
Yörükçayır	4.680 000
Kepeztepe	3.200.000
Çerkezkireç	32.000.000
Söğütük	16.800.000
TOPLAM	56.680.000

Bunların dışında, sepiyolit içeriği %50'nin altında olan ve dokusal özellikleri itibarıyla hayvan yaygısı (pet-litter) olarak kullanılabilen saptanan oluşumlar belirlenmiştir, %50'nin üzerinde sepiyolitli cevher rezervi, görünür rezerv bazında 1.5 milyon ton civarındadır. Hayvan yaygısı (pet-litter) olarak kullanılmaya elverişli sepiyolit rezervlerinin ise, bir kaç milyon ton civarında olduğu tahmin edilmektedir (DPT, 1996).

4.2.2. Üretim

Ülkemizde tabakalı sepiyolit (sanayi sepiyoliti) üretimi, Eskişehir-Sivrihisar güneyi Neojen havzasında, İlyaspaşa ve Yenidoğan köyleri civarındaki ocaklarda zaman zaman yürütülmektedir. Buna ilaveten, Günyüzü-Kayakent civarında da sepiyolitli dolomit üretimi yapılmaktadır (DPT, 1996).

Türkiye'de üretim yapan başlıca kuruluşlar arasında Mayaş Madencilik A.Ş., Turan Madencilik A.Ş., Doğuş Madencilik A.Ş. ve Koral Industrial Minrerals Madencilik San. Tic. Ltd. Stı. Sayılabilir.

5. KULLANIM ALANLARI

Sepiyolit, yüksek yüzey alanı, hfsi ve gözenekli yapısı, fiziko-kımyasal aktivitesi Vs gibi özelliklerinden dolayı adsorban killer arasında yaygın bir kullanım alanına sahiptir.

Sepiyolitın teknolojik uygulamalarına yönelik akademik ve teknik düzeyde yürütülen çalışmalar, üniversitelerin ilgili bölümleri, araştırma enstitüleri ve sanayi kuruluşlarında halen yoğunlaşarak devam etmektedir. 1980-1996 yılları arasında değişik uygulamalara yönelik olarak yapılan çalışmaların dağılımları, Şekil 5'de patent ve makale şeklinde gruplandırılarak verilmiştir. Önemli sayılabilecek miktarda rezerve sahip olan ülkemizde, sepiyolit kullanımı henüz yaygın olmamakla birlikte hayvan yavrusu (pet-litter) olarak kullanımı için yurt içi piyasa oluşmaya başlamıştır. Ancak, Japonya ve İspanya'da sepiyohtın teknolojik kullanımı ile ilgili olarak alınmış çok sayıda patent mevcuttur (İrkeç, 1993). Özellikle 1985 yılından itibaren alman patent sayısındaki artış dikkat çekicidir. Bugün için sadece Japonya'da, sepiyohtın doğrudan veya dolaylı olarak kullanımına yönelik 2500'ün üzerinde patentin mevcut olduğu bilinmektedir (İrkeç, 1995)

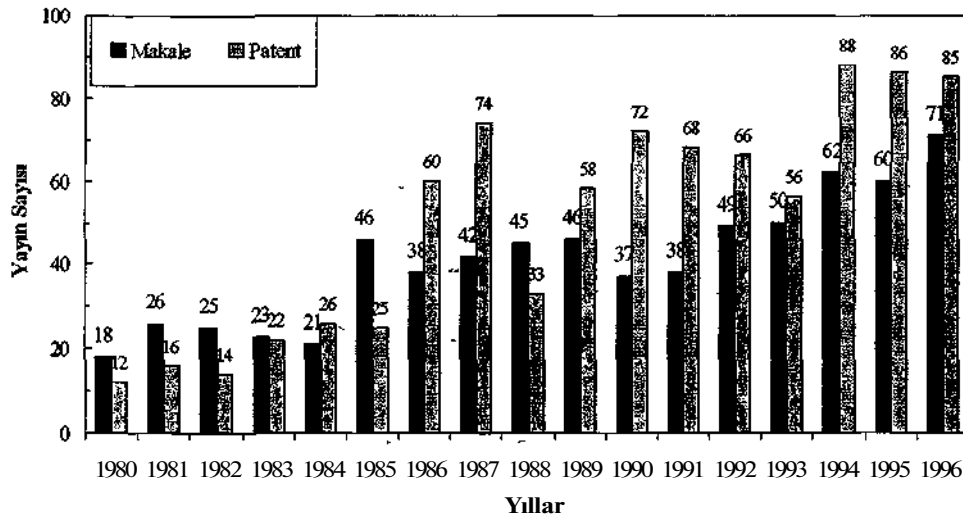
Sepiyolit mineralinin teknolojik uygulamaları, sahip olduğu üç temel özelliğe dayanmaktadır. Bunlar;

- sorptif özelliğine dayalı sorptif amaçlı uygulamalar,
- katalitik özelliğine dayalı katalitik amaçlı uygulamalar,
- reolojik özelliğine dayalı reolojik amaçlı uygulamalar olup bu uygulamalara dayalı kullanım alanları Şekil 6'da toplu olarak gösterilmiştir.

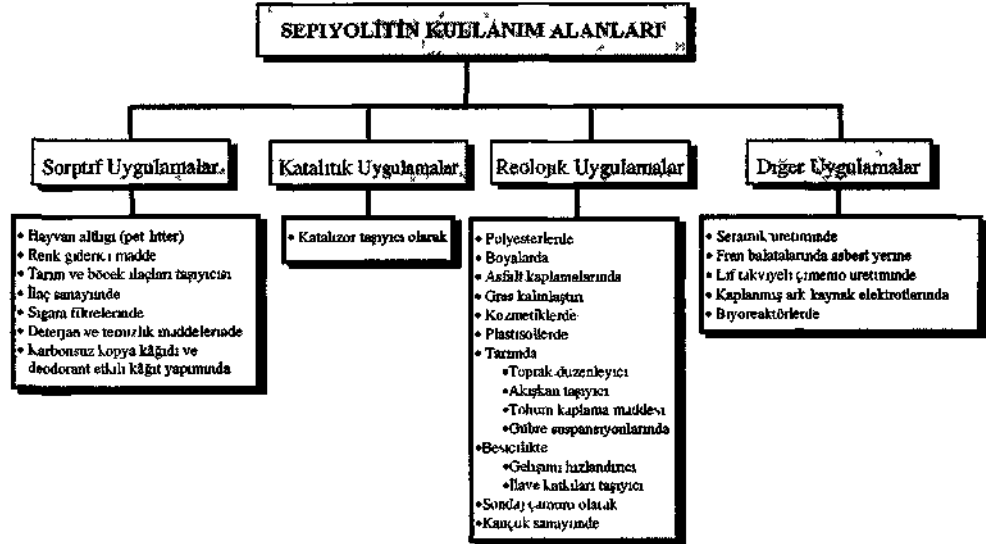
5.1. Kullanım Alanlarına Yönelik Nitelikleri

Sepiyoitin sorpsiyon kapasitesi, diğer killerden daha yüksektir. Mekanik direnç ile birlikte bu özellik, su ve yağ absorbanı olarak çok çeşitli alanlarda kullanımına imkân verir (Çizelge 6)

Sepiyolit ayrıca yüksek oranda rutubet ve organik buhan emme kapasitesine sahiptir. Başlangıçta absorpsiyon hızı, silika jel veya aktif aluminaya göre daha düşük olmasına karşın hegzan, benzen ve metil alkol" gibi organik sıvıları çok daha yüksek kapasitede absorbe edebilir (Çizelge 7).



Şekil 5. Sepiyoit ile ilgili olarak 1980-1996 yılları arasında alınan patent ve yayınlanan makalelerin dağılımı (Chemical Abstract'tan taranmıştır).



Şekil 6 Sepiyolit kullanım alanları (Sabah ve Çelik, 1998)

Çizelge 6 ASTM Standartlarına Göre Boyutlandırılmış Sepiyolitın Absorpsiyon Özellikleri (Singer ve Galan, 1984)

BOYUT GRUBU	(mm)	-3.35+1.00	-3.35+0.55	-1.00+0.55	-0.55+0.25
Yiğın yoğunluğu	(g/l)	450-500	450-750	530-570	550-600
Su absorpsiyonu	(Foord tesn)	80-90	95-105	105-115	110-120
Yağ absorpsiyonu	(Foord testi)	65-70	75-80	80-90	90-100
SAE 10 Yağ absorpsiyonu	(Wesninghouse testi)	30-65	70-75	75-85	85-95
SAE 20 Yağ absorpsiyonu	(Westinghouse testi)	55-60	65-70	70-80	80-90
Shell index	(kg/cm ³)	-	3.5-4.0	-	-
Nem içenği	(%)	12 ± 3	12 ± 3	12 ± 3	12 ± 3

Çizelge 7 Organik Buharların Sepiyolit, Sıhka-jel ve Aktif Alumina Tarafından Adsorplanma Hızı ve Miktarları (Alvarez, 1984, Robertson, 1957)

SÜRE (saat)	HEKZAN BUHARI sepilyolit			BENZEN BUHARI sepilyolit			METİL ALKOL sepilyolit						
	SiO ₂	Al ₂ O ₃		SiO ₂	Al ₂ O ₃		SiO ₂	Al ₂ O ₃					
3	410	18	5	12	0	»	16.4	22	9	10	7		
24	27	6	264	23	1	40	9	28	9	25	0		
120	«7	3	27	3	24	6	58	6	30	1	28	7	
480	45	6	27	3	25	4	60	7	317	313	452	319	270

istenmeyen kokuları absorbe etme konusunda büyük bir kapasiteye sahip olan sepilyolitın en büyük tüketim alanı, evcil ve ahır hayvanlarının artıklarının emilmesinde hayvan altığı (pet-litter) olarak kullanımıdır. Özellikle Avrupa'da kedi toprağı (cat-litter) olarak bol miktarda tüketilmektedir. Bu alan da tüketim için istenen standartlar Çizelge 8'de

verilmiştir. Halen bu alanda Avrupa pazarı 1 milyon ton civarında olup buna, ağır killer olarak tanımlanan Cabentonit (fuller's earth) ve Na-bentonit, hafif killer (LWC) olarak adlandırılan sepilyolit, palgöskirt ve diatomit, silisli mineraller, talaş veya sentetik malzemeler dahildir (Çizelge 9). Bu pazar her geçen yıl istikrarlı bir şekilde büyümektedir.

Çizelge 8 Kedi Toprağı (Cat-Litter) için Urun Standartları

KİL TÜRÜ	RENK	YIĞIN YOĞUNLUĞU (kg/m ³)	ABSORPSİYON (%-Ağırlık)	TANE BOYUTU (mm)
Palıgorskıt (Senegal)	beyaz	600-650	80-100	-6 0+1 00
Sepiyolit (İspanya)	beyaz	500-715	75-95	-6 3+0 25

Çizelge 9 1992 yılı Avrupa Kedi Toprağı (Cat-Litter) Pazarı (1000ton)

ULKE	HAFİF MALZEMELER	AĞIR KİLLER	TOPLAM
Almanya	160	70	230
Fransa	200	5	205
İngiltere	80	70	150
Hollanda	95	5	100
italya	75	10	85
Belçika	38	2	40
isviçre	25	5	30
isveç	10	15	25
ispanya	25	-	25
Avusturya	20	4	24
Danimarka	15	2	17
Finlandiya	5	5	10
Norveç	3	1	4
Portekiz	2	1	3
TOPLAM	753	195	948

Çizelge 10, Avrupa ülkelerince ithal edilmiş kedi toprağı (cat-litter) malzemelerinin ülkelere göre dağılımını göstermektedir (O'Dnscoll, 1992)

Çizelge 10 1991 Yılı Avrupa Kedi Toprağı (Cat-Litter) Malzemesi ithalatı (ton)

İTHALATÇI ÜLKE	SEPİYOLİT (ispanya)	LWC (İspanya)	MOLER (Danimarka)	PALİGORSKİT (Senegal)	FULLER'S EARTH (ingiltere)
Belçika-Luxemburg	314784	-	9826	-	-
Finlandiya	-	-	-	-	3179
Fransa	201422	23096	2161	50581	-
Almanya	105298	-	23270	-	9032
Italva	53813	30082	-	5500	-
Hollanda	13345	-	14707	-	-
isveç	-	-	-	-	3354
isviçre	-	-	6032	-	-
ingiltere	64321	17179	21233	-	-
TOPLAM TONAJ	773324	78331	84988	58126	27794
TOPLAM DEĞER (\$)	70 4 Mil	10 7 Mü	17 1 Mil	4 2 Mil	4 5 Mil

Deterjan ve temizlik maddelerinde kullanımı son yıllarda incelemeye alınan yüksek iyon değişim kapasitesine sahip killer, sert suların yumuşatılması işlemlerinde uygulama alanı bulmaktadır Çizelge 11, sıvı deterjan bileşimlerinde süspansiyon malzemesi

olarak kullanılan sepiyolitın özelliklerini göstermektedir (Alvarez, 1984)

Sepiyolitın reolojik özelliklen, sepiyolitlı süspansiyonları çok yararlı bir tiksotropi (süspansiyonda katı tanelerin çökmeye karşı gösterdikleri

direncin, süspansiyonun hareketlenme-siyile azalıp, killere göre tuzlu ortamlarda daha duraylı olmasıdır (Alvarez, 1984).
durgun halde iken artması) malzemesi ve kalınlaştırıcı (thickener) haline getirir (Çizelge 12).
Sepiyolitin bir diğer önemli reolojik özelliği de, diğer

Çizelge 11. Deterjan Sanayiinde Kullanılan Sepiyolitm Özellikleri.

	SUNİ OLARAK KIRLETİLMİŞ SU (hücre /mi)	15°C'de 2 SAAT %2 ORANINDA SEPIYOLİT İLE MUAMELE EDİLMİŞ SU (hücre /mi)	AZALMA ORANI (%)
Toplam mezofil aerobik bakteri	656000	193000	70.58
Sporlu mezofil aerobien bakteri	280	40	85.71
Mantar	134	67	49.81
Enterobakteriler	1100000	93000	91.54
Psodomonas	4600000	930000	79.78
Streptokok	4300	1500	65.12
Kukurt indirgeyici bakteriler	9500	2500	73.63
Clostridium sporları			
E koli	268000	11000	95.90
Mikrococcus	495000	105000	78.78
B Cereus	600000	-	100.00

Çizelge 12. Sepiyolitin Reolojik Özelliklerinin Diğer Tiksotropik Maddelerle Karşılaştırılması.

Sepiyolit	-	-	-	5	5
PVC MIRVYL P-207	100	100	100	100	100
DDP	75	75	75	75	75
Epoksi soya yağı	5	5	5	5	5
Nuostabe V-1788	3	3	3	3	3
Amerikan Paligorskiti	-	5	-	-	-
Organofilik Bentonit	-	-	-	5	-
Pirojenik Silika	-	-	2.5	-	-
Monazolin O Klorid	-	-	-	-	-
Tuz	-	0.75	-	-	0.75
Metil Alkol	-	-	-	15	-
BROOKFIELD VİSKOZİT.				*	
2.5 D/D	4000	165000	16800	62000	168000
20 D/D	3900	67000	9600	48000	90000
TİKSOTROPİ İNDEKSİ	1.02	2.46	1.75	1.29	1.87

Tiksotropi İndeksi = 25 D/D'deki viskozite/ 20 D/D'deki viskozite

Sepiyolit likit polyester reçinelerinde kalınlaştırıcı (thickener) ve tiksotropi sağlayıcı katkı maddesi olarak kullanılır. Böylece pigmentlerin çökmesi ve uygulamadan sonra eğilmesi önlenmektedir. Sepiyolitin bu tür organik ortamlarda kullanılabilmesi için hidrofil yüzeylerinin polyester ile uyumlu hale getirilmesi gerekir. Bunun için, reçinenin polimerizasyonunda kullanılan katalizör veya aktifleştiriciler ile etkileşime girmeyecek yüzey aktif bir reaktif kullanılabilir.

sepiyolitin viskozite değerleri ve tiksotropi indeksi verilmiştir (Alvarez, 1984; Tolsa Research Report, 37-83).

Yüzey aktif maddelerle yüzeyi hidrofobik hale getirilen ve bu sayede madeni yağlarda iyi bir dağılma özelliği gösteren sepiyolitten yüksek viskoziteli gres yağı elde edilebilir (Çizelge 14).

Çizelge 13'de, Estratil Al-100'de dörtlü amonyum tuzları ile yüzey özellikleri değiştirilmiş (işlenmiş)

Çizelge 13. İşlenmiş Sepiyolit Viskozitesi ve Tiksotropi indeksi.

İŞLENMİŞ SEPIYOLİT (%)	BROOKFIELD (D/D)	BROOKFIELD VİSKOZİTESİ (cps)	TİKSOTROPI İNDEKSİ (2.5 D/D/20 D/D)
0.5	25	1600	1.23
	20	1300	
1.0	25	2400	1.57
	20	1525	
2.0	2.5	9400	2.87
	20	3275	
3.0	2.5	16000	2.94
	20	5450	

Çizelge 14. %10'luk Organofitik Sepiyolit Süspansiyonundan Elde Edilen Gres Yağının Viskozite Değerleri

ÇÖZÜCÜ	5 D/D'de BROOKFIELD VİSKOZİTESİ
	(cps)
Diizooktil Adipat	1120000
%50 polibütenli madem yağ	520000

Günümüzde sondaj çamuru olarak genellikle kil süspansiyonları kullanılmaktadır. Sepiyolit elektrolit varlığına karşı minimum hassasiyet gösterdiğinden, tuzlu ortamlarda, diğer killere (bentonit vs.) göre daha duraylıdır ve bu özelliğiyle, petrol sondajlarında

kullanılan sondaj çamurlarında tercih edilen bir kil mineralidir (Alvarez, 1984; Chambers, 1959). Özellikle lafinit kilinin (Na-sepiyolit) su bağlama özelliklerinin keşfedilmesinden sonra, bunun katkı maddesi olarak filtrasyon yeteneği zayıf olan sepiyolit çamurlarına katılması düşünülmüş ve bu bağlamda olumlu sonuçlar alınmıştır. Ayrıca, lafinitin tuz kirlenmesinden de etkilenmediği belirlenmiş ve bu karışımın tuzlu çamur yapımında kullanılabileceği ortaya konmuştur (Serpen ve diğ., 1997). Çizelge 15, Sivrihisar yöresine ait farklı havzalardan alınan sepiyolit numuneleri ile sondaj çamuru katkı maddesi elde etmek için yapılan araştırmalardan alınan sonuçları göstermektedir (Öcal ve diğ., 1995).

Sepiyolit, bentonit, lignosülfonat ve diğer bağlayıcılar kullanılarak yapılan araştırmalar sonucunda, sepiyolit diğerlerinden daha iyi bağlayıcı özelliğe sahip olduğu tespit edilmiştir. Bu nedenle balık, kümes hayvanları ve küçük baş hayvan yemlerinin peletlenmesinde yaygın olarak kullanılmaya başlanmış ve domuzlar için kullanılan yağlı tip yemlerden tavşanlar için kullanılan lifsi yemlere kadar bir çok farklı türde yemlerin peletlenmesinde başarılı sonuçlar elde edilmiştir.

Çizelge 15. Sepiyolit Numunelerinin Sondaj Çamuru Katkı Maddesi Olarak Özellikleri

ÖZELLİKLER		Kahverengi Sepiyolit	Koyu bej Sepiyolit	Bej Sepiyolit	Kahverengi saf Sepiyolit
VERİM	(bbl/short ton)*	112.6	156.7	157.2	132.7
YOĞUNLUK	(bbl/short ton)	102.3	142.4	142.9	120.6
KUM MİKTARI	(g/cm ³)	1.04	1.03	1.03	1.04
FİLTASYON	(%)	<0.25	<0.25	<0.25	<0.25
FİLTASYON	(mi)	143	84	100	140
(%3 CMC ilavesi ile)	(mi)	70	80	-	-

* 1 bbl = 158.97 litre

Çizelge 16. Hayvan Yemi Üretiminde Kullanılan Sepiyolit Standartları.

ÖZELLİKLER		UYGULAMA	
		Bağlayıcı	Kekleşme Önleyici ve Taşıyıcı
Tane boyutu	(mm)	-0.150	-0.300+0.125
Yığın yoğunluğu	(g/0)	545±40	615±30
Nem içeriği	(%)	8±2	8±2
Westinghouse yağ absorpsiyonu	(%)	-	92±7
Keten tohumu yağ absorpsiyonu	(%)	93+5	-
Moh's sertliği	-	2.0-2.5	2.0-2.5
Kasyon değişim kapasitesi	(meq/100 g)	15±5	15+5

Hayvan yeminde kullanılan sepiyolit ürünleri için aranan standartlar, Çizelge 16'da verilmiştir (Loughbrough, 1993).

Kauçuk sanayinde, organik ve inorganik bileşimli dolgu maddeleri kullanılır. Halen kullanılan inorganik dolgu maddesi iki tiptir. Bunlar; örneğin sıhka gibi, kimyasal olarak çöktürülmüş malzemeler de sepiyolit gibi mikronize doğal malzemelerdir Dolgu maddeler ayrıca, kuvvetlendirici (re-inforcing), yarı kuvvetlendirici (semi-inforcing) ve seyrelticiler olarak da gruplandırılabilirler. Çok geniş yüzey alanı, siloksan ve silanol grupları içermesi

nedeniyle sepiyolit, elastik özelliğe sahip plastik maddelerin varlığında belirli bir aktivite gösterebilir ve yarı kuvvetlendirici bir dolgu maddesi gibi davranır. Şu halde sepiyolit, ucuz bir canlandırıcı ile birlikte, diğer dolgu maddelerine nazaran çok daha iyi mekanik özelliklere sahip, vulkanize kauçuk üretimine son derece elverişli bir katkı maddesidir (Alvarez, 1984; Tolsa Research Report, 9-83). Çizelge 17, kauçuk sanayiinde dolgu maddesi olarak kullanılan sepiyolit ve diğer dolgu maddelerin özelliklerini karşılaştırmalı olarak göstermektedir.

Çizelge 17. Kauçuk Sanayinde Kullanılan Değişik Dolgu Maddelerinin Özellikleri

	ÇOKELTİLMİŞ			
	SEPIYOLİT	SİLİKA	KAOLEN	KARBON SİYAHİ
SMR5CV	100	100	100	100
SEPIYOLİT	61	-	-	-
ULTRASİL VN-S	-	61	-	-
HEXAFİL	-	-	72	-
N-762	-	-	-	50
CIRCOSOL 4240	2	2	2	2
TEA	6	6	6	-
ÇİNKO OKSİT	5	5	5	5
STEARİK OKSİT	1	1	1	1
SANTO WHITE 54	1	1	1	1
KÜKÜRT	2.5	2.5	2.5	2.5
MBTS	15	15	1.5	1.5
DPG	0.8	0.8	0.8	0.8
MOONEY (120°C) minimum viskozite	46,	100	28	30
REOMETRE (140°C)				
T, -dakika	20	142	1 18	4 30
T90 -dakika	11	12	12	6
T [^] Lbxinch	52	73	37	44
1 Lbxinch	42	51	32	40
FİZİKSEL-MEKANİK ÖZELLİKLER				
Sertlik (shore A)	78	90	64	64
Esneklik (%)	57	55	72	83
Sıkıştırma Noktası (22s/70°C)	46	34	39	21
Düzgün Yırtılma (kg/mm)	1.8	17	0.5	0.5
Gerilme Dayanımı (Mpa)	21.6	247	23.1	22.0
Genleşmeyle Uzama (%)	420	630	510	440
% 100 Modül (%)	7.6	27	3.0	2.9-
%300 Modül (96)	17.0	73	6.2	11.5
YAŞLANDIRMA				
Yaşlandırılmış Gerilme (5 gün/85 °C)	90	93	90	60
Yaşlandırılmış Gerilme (10 gün/85 °C)	76	71	56	43

Asbestli sürtünme malzemeleri, motorlu araçların fren sistemlerinde kullanılan geleneksel malzemelerdir. Ancak, 1970'li yıllardan itibaren yumtülen faaliyetler ile, asbestin insan sağlığı

üzerindeki kansorejen etkisi, geniş kitlelere duyurulmuş ve kullanımdan kaldırılması yönünde kuvvetli kamuoyu baskıları oluşmuştur. Bu nedenle, gelişmiş ülkelerde, alternatif olarak kullanılabilen

bir çok doğal ve sentetik malzeme üzerinde araştırmalar yoğunlaştırılmış, lifsi yapıda olması ve buna karşılık kanserojen etkisinin asbeste kıyasla son derece düşük olması dolayısıyla, sepiyolit asbest yerine kullanılması gündeme gelmiştir. Halen üretilmekte olan asbestli sürtünme malzemeleri ile karşılaştırıldığında, sepiyolitli sürtünme malzemelerinin daha iyi ısı direnç, düşük sürtünme, düşük özgül ağırlık ve presle daha iyi şekillendirme özelliklerine sahip olduğu belirlenmiştir (Çizelge 18). Üretim maliyeti asbestli malzemelere göre biraz yüksek olmasına karşın, malzemenin kullanım ömrü göz önüne alındığında sepiyolitli malzeme daha ucuz gelmektedir.

Çizelge 18. Sürtünme Malzemeleri Üretiminde Kullanılan Sepiyolit Özelliği (Alvarez, 1984).

ÖZELLİKLER		DEĞERLER
Sürtünme Faktörü (100-350°C arası)	.	0.40±0.08
Sürtünme Kaybı	(cm ³ /kgm)	<4.67x10 ⁻⁷
Brinell Sertlik Numarası	(kg.f/mm ²)	30.16
Darbe Dayanımı	(kg.f/mm ²)	4.40
Bükülme Dayanımı	(kg.f/mm ²)	4.48
Maksimum Gerilme	(mm/mm)	8.36x10 ⁻³

6. KAYNAKLAR

- Alvarez, A., 1984, Sepiolite: Properties and Uses, In: A.Singer and E. Galan, eds. Palygorskite-Sepiolite. Occurrences, Genesis and Uses, Developments in Sedimentology 37, Elsevier, Amsterdam, 253-287.
- Ank, H., Kadir, S ve Sarıtaş, S., 1996, Kahverengi Sepiyolit Sıcaklığa Bağlı Olarak Dönüşümlerinin ve Refrakterlik Özelliğinin Araştırılması
- Brauner, K. and Preisinger, A., 1956, Struktur und Entstehung des Sepioliths, Tschermsk Miner. Petrog. Mitt., 6, 120-140.
- Breck, D.W., 1974, Zeolite Molecular Sieves, Wiley-Interscience, New-York, 771 p.
- Caillere, S., Henin, S. and Meriaux, S., 1948, Xylolite, CR. Hebd. S. Akad. Sei., Paris, 227, 855-856.
- Caillere, S., 1951, Sepiolite. In: G.W. Brindley, x-Ray Identification and Structures of Clay Minerals, Mineral Society, London, 224-233.
- Caillere, S., Henin, S. and Rautureau, M., 1982, Mineralogie des Argiles, 2. Classification et Nomenclature Masson, Paris, 189 p.
- Can, G., 1992, Dünya'da ve Türkiye'de Sepiyolitik

Kil, MTA Fizibilite Etüdü Dairesi, Ankara, 1-8.Chambers, C.P.C., 1959, Some Industrial Applications of the Clay Mineral Sepiolite, Silicates Inds., April, 181 -189. Chemical Abstracts, 1980-1996, Chemical Substance Index, Vol. 92-125.

- Çetişli, H., 1985, Asetik Asit ile n-Bütanolün Eskişehir Sepiyoliti Üzerine Esterleşmesi, A.Ü. Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, Cilt II, sayı 1, Eskişehir, 109-117.
- Çokça, E., 1993, Metilen Mavisi Deneyi ile Killerin Katyon Değişim Kapasitelerinin Tespiti, VI. Ulusal Kil Sempozyumu, 335-344.
- DPT, 1996, Lületaş, Tabakalı Sepiyolit, Atapulgit (Palygorskite), Devlet Planlama Teşkilatı VII. Beş Yıllık Kalkınma Planı Özel İhtisas Komisyonu, Diğer Endüstri Mineralleri Çalışma Grubu Raporu, Cilt 1, Yayın No: DPT 2421-ÖİK :480, Ankara, 5-35.
- Fahey, J.J. and Axelrod, J.M., 1948, Loughlinite, a New Hydrous Sodium Magnesium Silicate, Am. Mineral., 33, 195.
- Fahey, J.J., Ross, M. and Axelrod, D.J., 1960, Loughlinite, a New Hydrous Sodium Magnesium Silicate, Am. Mineral., 45, 270-281.
- Fersman, A.E., 1913, Research on Magnesium Silicates, Zap. Imp. Akad. Nauk 32,321-430.
- Galan, E., 1979, The Fibrous Clay Minerals in Spain, Eighth Conference on Clay Mineralogy and Petrology, 239-249.
- Gonzalez-Barros, M.R., 1995, Spanish Industrial Minerals and Rocks, Industrial Minerals, May, 63-117.
- Grim, R.E., 1968, Clay Mineralogy, Mc Graw-Hill, New York, 596 p.
- İTİT, 1993, Utilization of Sepiolitic and Mg-Bearing Clays in Turkey: MTA/Turkey - GIRIN/Japan Joint Research Project Final Report, OTT Project No. 90-1-5, MTA Kütüphane No. 400 (U890), Ankara.
- İrkeç, T., 1993, Sepiyolit Kullanım Alanları ve MTA-GIRIN Ortak Araştırma Projesinin Sonuçları, MTA Doğal Kaynaklar ve Ekonomi Bülteni, Cilt n, sayı 5-6, Ankara, 32-37.
- İrkeç, T., 1995, Regresyondaki Türkiye Madencilik Sektörü İçin Yeni Bir Umut: Sepiyolit, Vn. Ulusal Kil Sempozyumu, Ankara.
- Jones, B.F. and Galan, E., 1988, Hydrous Phyllosilicates (Exclusive of Micas). In: S.W. Bailey (Editor), Sepiolite and Palygorskite, Reviews in Mineralogy, Vol. 19, Mineralogical Society of America, Ch. 16, 631-667.

- Kara, M., Günay, E. ve Baykara, T., 1996, Sepiyolit Seramik Malzeme Olarak Karakterizasyonu ve Sinterleme Davranışı, Di. Uluslararası Seramik Kongresi, Cilt-1,70-75.
- Kara, M., Sabah, E., Yüzer, H. and Çelik, M.S., 1998, Sepiolite as an Adsorbent for Elimination of Mine Wastes, Proceedings of the 5th International Symposium on Environmental Issues and Waste Management in Energy and Mineral Production, Ankara, 717-721.
- Loughbrough, R., 1993, Minerals for Animal Feed in a Stable Market, Industrial Minerals, March, 19-34.
- Nagy, B. and Bradley, W.F., 1955, The Structural Scheme of Sepiolite, Am. Mineral., 40, 885-892.
- O'Driscoll, M., 1992, European Cat Litter, Industrial Minerals, August, 46-65.
- Otsuka, R., Mariko, T. and Sakamoto, T., 1973, Mineralogische Eigenschaften von Meerscham von Eskişehir, Türkei, Memoirs of the School of Sciences and Engineering, Wasseda Univ., 37, 43-52.
- Öcal, H., Gençoğlu, H. ve İrkeç, T., 1995, Eskişehir-Sivrihisar Sedimanter Sepiyolitlerinin Teknolojik Özellikleri, VII. Ulusal Kil Sempozyumu, Ankara.
- Rautureau, M. and Mifsud, A., 1977, Etude Par Microscope Electronique des Différents états D'hydration de la Sepiolite, Clay Minerals, 12, 309-318.
- Robertson, R. AS., 1957, Sepiolite : a Versatile Raw Material, Chem. Ind. (N.Y.), 1492-1495.
- Rogers, L.E., Quirk, J. and Norrish, K., 1956, Occurrence of an Aluminum-Sepiolite in a Soil Having Unusual Water Relationships, J. Soil Sci., 7,177-184.
- Sabah, E., Sağlam, H., Kara, M. and Çelik, M.S., 1997, Uptake of Cationic Surfactants by Clay Absorbent: Sepiolite, 5th Southern Hemisphere Meeting on Mineral Technology, Buenos Aires, Argentina, 277-280.
- Sabah, E., 1998, Çeşitli Amin Türleri Kullanılarak Sepiyolit Adorpsiyon Mekanizmasının Açıklanması, Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir, 245 s.
- Sabah, E., Özdemir, O. and Çelik, M.S., 1998, Thermodynamic Treatment of Cationic Surfactant Adsorption onto Clay Adsorbent, Proceedings of the 7th International Mineral Processing Symposium, Istanbul, 893-898.
- Sabah, E. ve Çelik, M.S., 1998, Sepiyolit: Oluşumu, Özellikleri, Kullanım Alanları, Afyon, 153 s.
- Sağlam, H., 1996, Konya Helvacıbaşa Manyezit Cevherinin Flotasyonla Zenginleştirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 80 s.
- Sarız, K. ve Ayverdi, O., 1991, Sepiyolit Madencilikimiz, Maden, GEMAD, Aralık, Sayı 12-13.
- Sarız, K. ve Nuhoğlu, L., 1992, Endüstriyel Hammaddeler Yatakları ve Madencilik, Anadolu Üniversitesi Yayınları, No. 636, Eskişehir, 338-343.
- Sarıkaya, Y., Yücel, A., Eğilmez, Ö., Makul, G., Almaç, R., Harman, I. ve Bozdoğan, İ., 1985, Lületaş (Sepiolite) Parçacıklarının Sigara Filtresinde Duman Süzgeci Olarak Kullanılması, II. Ulusal Kil Sempozyumu, Hacettepe Üniversitesi, Ankara, 521-527.
- Serna, C. and Van Scoyoc, G.E., 1978, Infrared Study of Sepiolite and Palygorskite Surfaces, Proc. 1978 Int. Clay Conf. Oxford, Elsevier, 197-206.
- Serpen, U., Ece, Ö.I., Özkan, B. ve Gök, İ.M., 1997, Laughlinit, Nontronite ve Sepiyolit Minerallerinin Jeotermal Sondaj Çamuru Olarak Kullanılması, VIII. Ulusal Kil Sempozyumu, DPÜ, Kütahya, 287-293.
- Serratos, J.M., 1978, Surface Properties of Vibrous Clay Minerals (Palygorskite and Sepiolite), Proc. 1979 Int. Clay Conf, Oxford. Elsevier, 99-109.
- Singer, A. and Galan, E., 1984, Palygorskite-Sepiolite, Occurrences Genesis, and Uses, Developments in Sedimentology 37, Elsevier, New York, 352 p.
- Vicente Rodriguez, M. A, Lopez Gonzalez, J.D. and Banares Munoz, M.A., 1994, Acid Activation of a Spanish Sepiolite, Physicochemical Karakterizatio, free Silica Content and Surface Area of the Solids obtained, Clay Minerals 29, 361-367.
- Weaver, C.E. and Pollard, L., 1973, The Chemistry of Clay Minerals, Elsevier, Amsterdam.
- Yeniyoğlu M. ve Öztunalı, Ö., 1985, Yunak Sepiyolitinin Mineralojisi ve Oluşumu, 2. Ulusal Kil Sempozyumu, Hacettepe Üniversitesi, Ankara, 171-186.
- Yeniyoğlu, M., 1992, Yenidoğan (Sivrihisar) Sepiyolit Yatağının Jeolojisi, Mineralojisi ve Oluşumu, MTA Dergisi 114,71-84.