

# İÇİNDEKİLER

1-GİRİŞ .....	1
2-TANIM VE SINIFLANDIRMA.....	1
3-KAOLİNLERİN OLUŞUMU.....	3
4. KAOLİNLERİN ÖZELLİKLERİ.....	5
5. KAOLİN YATAKLARI .....	9
5-1. Hidrotermal yataklar .....	9
5-2. Residual yataklar .....	10
5-3. Sedimenter kaolin yatakları .....	11
6. DÜNYA KAOLİN REZERVLERİ, ÜRETİMİ VE TİCARETİ .....	12
7. KAOLİNİN KULLANIM ALANLARI.....	18
8. ÜRETİM YÖNTEMİ VE TEKNOLOJİ.....	20
9. TÜRKİYE KAOLİN ÜRETİMİ .....	20
9-1. Türkiye kaolin yatakları.....	20
9-2. Üretim ve tüketim miktar ve değerleri.....	21
9-3. Türkiye kaolinlerinin özellikleri .....	22
9-4. Üretim yapan önemli kuruluşlar ve kapasiteleri.....	24
9-5. Türkiye kaolin ticareti, ithalat ve ihracat.....	24
10. ÇEVRE SORUNLARI.....	29
11- ÖNERİLER.....	29
KAYNAKLAR.....	30

## 1-GİRİŞ

Kaolin; başta granit ve diğer magmatik/volkanik kayaların yerlerinde bozunmaları sonucu oluşan ve ana minerali kaolinit olan bir kil grubudur. İlk defa Çin'in Jiangxi bölgesinde M.Ö. 3000 yıllarında "Kau-Ling" isimli bir Çinli tarafından bulunmuş ve ismi kayaç adı olarak verilmiştir.

Literatürde çoğunlukla, kaolin ve kil aynı anlamı verecek şekilde kullanılmaktadır. Kaolin, beyaz, plastik, yumuşak kil türü olup çok küçük tane boyutu ( 2µm) ile temsil edilir. Kaolinin yoğunluğu 2.62 gr/cm<sup>3</sup> ve sertliği 1.5-2 arasındadır. Kalsine edilmiş kaolinin yoğunluğu ise 2.63 gr/cm<sup>3</sup>, sertlik 6-8 arasında ve kırılma indisi 1.62'dir. İdeal bileşiminde % 46.5 SiO<sub>2</sub>; % 39.5 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ve % 14.0 H<sub>2</sub>O bulunmaktadır. Ancak, temel yapıcı eleman olan alüminyumun azalması halinde, bileşime az oranlarda demir, kükürt ve potasyum girer. Potasyum varlığı (K<sub>2</sub>O) bir miktar alünit içerdiğini gösterir, bu da ısıtılarda ateş kaybının artmasına neden olduğu için istenmeyen bir durumdur. Kaolin 200 °C'de higroskopik suyunu kaybeder, 1000 °C'de ise mullit (3Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.2SiO<sub>2</sub>) ve silise (SiO<sub>2</sub>) dönüşür.

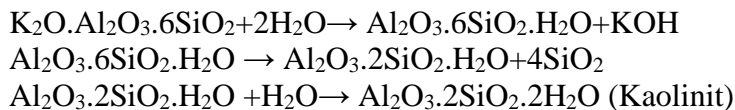
Kaolinitik killere içinde kaolinitin zenginleştirilerek kullanıldığı hammaddeler kökenine bakılmaksızın "kaolin" olarak diğerleri ise kil hammaddelerine dahil edilmektedir. Örneğin ball kilide kaolinitik bir kil olduğu halde "kaolin" olarak zenginleştirilmesi hem çok zor hem de endüstriyel olarak gereksizdir. Kil dışı mineraller, diğer killere (illit-smektit grubu) ve organik madde içeriği ile ball kili plastikiyeti yüksek çok iyi bir kaolinitik bir kil hammaddesidir. Üretilen kaolinlerin parlaklığı, aşındırıcılığı, vizkozitesi ve tane boyu dağılımı-max tane boyu-şekli ve bunlara bağlı olarak reolojisi (su + kil davranışı) çok önemlidir. Bütün bu özellikler de kaolinin oluşum koşulları ile belirlenmekte ve üretim sonrası işlemler ile geliştirilmektedir.

## 2-TANIM VE SINIFLANDIRMA

Kaolin hammaddesini oluşturan en önemli mineral Kaolinit (Al<sub>2</sub>Si<sub>2</sub>O<sub>5</sub>(OH)<sub>4</sub>) olup; alüminyum hidrosilikat bileşimli bir kil mineralidir. Kaolin terimi altında çeşitli genetik modellerle oluşmuş kaolin türleri ve kaolinitik killere yer almaktadır.

Kristal yapılarına göre yapılan kil sınıflandırmalarında, eş boyutlu ve bir yönde uzamış olanlar Kaolinit grubu olarak diğerlerinden ayrılmaktadır.

Oluşum itibariyle, feldspat içeren granitik veya volkanik kayaların feldspatlarının altere olarak kaolinit mineraline dönüşmesi sonucu kaolinler oluşmaktadır. Ana kayaç içindeki alkali ve toprak alkali iyonların, çözünür tuzlar şeklinde ortamdan uzaklaşması sonucu Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> içerikli sulu silikatça zenginleşen kayaç kaolinitini oluşturur.



Bu oluşum modeline göre altere olan ana kayacın taşınmadan yerinde kalması sonucu kaolinit yatakları oluşur. Ana kayaların bozunma öncesi taşınıp, taşındıktan sonra depolanması veya bozunma sonucu taşınıp sedimenter yataklarda depolanması sonucu kaolinit bileşimli kil

yatakları oluşur. Bu birliktelik literatürde kavram kargaşası yaratmakta olup, bunu verilen sınıflamalarda görmek mümkündür.

“Kil” hammaddeleri kısmında verilen çeşitli sınıflamalara ek olarak ABD jeolojik araştırmalar kurumu istatistiklerinde kullanılan kil hammaddeleri sınıflaması da aşağıdaki gibidir:

- 1- Kaolin, ball kili, halloysid, ve refrakter killer
- 2- Bentonit ve Fuller toprağı (Bentonite and Fuller’s earth)
- 3- Diğer killer ve şeyller (Miccellaneous clay shales) (Common clay)

Bu sınıflamada killerin mineralojik sınıflamasına uygun olduğu görülmektedir, şöyle ki

1. İlk grup “kaolinitik killer”
2. İkinci grup “smektitik killer”
3. Son grup illitik-karışık killer (illit kaolinit, smektit ve klorit)

### **Kaolin, ball kili, halloysid ve refrakter killer**

DPT raporlarında şimdiye kadar 2. grup “Kaolin, ball kili, hallosid, ve refrakter killeri” içinde kaolinler ayırd edilmiş geriye kalanlar refrakter killer ve ball killeri yani sedimenter yataklarda oluşan “kil” veya “seramik killeri” olarak sınıflandırılmış ve diğer killer bentonit, fuller toprağı ve tuğla-kiremit toprakları (diğer killer ve şeyller) sınıflamalarda ve istatistiklerde yer almamıştır. Yukarıda yapılan sınıflama ile “seramik killeri” ve “kaolinit” şeklindeki sınıflama arasındaki uyumsuzluk her zaman sağlıklı raporların ve istatistik bilgilerinin verilmesini engellediğı için bu raporda rakamlar yukarıdaki sınıflamaya uygun olarak verilmiştir.

Mineralojik sınıflama tablosu “kil hammaddeleri” kısmında verilmiştir. Bu tablodan anlaşılacağı gibi kaolinit, bir kil minerali olup 2 tabakalı ve eş boyutludur. Killerin mineralojik sınıflandırılmasında, terminolojide tam bir birlik sağlanamamış ve uzun yıllar tartışılmıştır. Ross ve Kerr kaolin ismini bir grup mineral (kaolinit, dikit, nakrit, ve halloysit) için kullanmış, bazı yazarlar da petrografik bir tanımlama olarak kaolin grubunu kil minerallerinden oluşmuş bir kaya ismi olarak kullanmışlardır. “Kandites” ismi Brown tarafından kaolin grubu kil mineralleri için önerilmiş ve kabul görmemiştir. Killerin bu mineralojik sınıflamasının yanında özellikle seramik hammaddecilerinin kaolinitik kil olarak adlandırdıkları karışımlarda birincil kil minerali kaolinitdir. Çin kili (China Clay) İngiltere’de Devon ve Cornwall’de yerinde oluşmuş, kuvars, mika ve feldspat içeren birincil kil minerali olarak kaolinit içeren bir kildir ve Düvertepe Kili/Kaolini oluşumları ile eşdeğerdir. Ball kili denilen hammadde kaoliniti birincil kil minerali olarak içeren sedimenter olarak oluşan bir hammadde, genellikle yüksek organik malzeme içeren ve tane boyu olarak Çin kiline göre çok ince taneli ve plastisitesi ve kuru dayanımı yüksek bir kildir. Pişme renkleri ve düşük refrakterliği ise dezavantajdır. Ülkemizde İstanbul ve Söğüt killeri içinde birincil kil minerali olarak kaolinit içeren killer de ball kilidir. Oluşum farkından dolayı, yerinde oluşmuş kaolin cevherleşmesi ile orijinal mineralleri kaolinitten oluşan taşınmış kil yatağı arasında kaolinit minerallerinde de farklılıklar olmaktadır.

Bunlar;

- Yerinde oluşmuş kaolin cevherleşmesi içindeki yabancı maddelerin sedimenter kil yatağından daha az olması nedeniyle görünüşleri daha beyaz ve pişme renkleri daha beyazdır.
- Yerinde oluşmuş kaolin cevherleşmesi içindeki kaolinit kristalleri kil yatağındaki kaolinitlere göre daha büyük olup, bu farktan dolayı kaolinitik killeri daha plastik ve kuru, mukavemetleri daha yüksektir.
- Yerinde oluşmuş kaolin cevherleşmesi içindeki kristaller özşekillidir. Taşınmışlarda ise köşelerden kırılmalar olmuş ve boyları daha küçülmüştür

### **Refrakter killeri, Ateş kili ve Flint kili**

Ateş kili (fire clay) kömür yataklarında kömür ile birlikte oluşan ve asidik ortam nedeni ile alkalilerin tamamen ortamdaki uzaklaştığı sedimenter, ince taneli kaolinitik bir kildir. Ball kilinden farkı, daha az alkali ve Al, zengin böhmit ve diaspor içermesi ve renkli pişmesidir. Bu nedenle refrakter özellik gösterirler, erime sıcaklıkları ise PCE 19-37 arasındadır. Norton açık renkte pişen ve refrakterlikleri PCE 19-37 arasında olan kaolin ve ball killeri bu sınıfa dahil etmemektedir. Renkli pişen ve SK 19-37 arasındaki killeri refrakter kil olarak değerlendirmektedir. Seger konileri (PCE) SK ile belirlenen ASTM C24 standartlarına göre ölçülen 19 ve 37 arasındaki koniler arası erime sıcaklığı olan killeri refrakter killeri olarak tanımlanır. Bu aralıkta bir kil “kaolin” de “ball kili” de olabilir ve “refrakter kil” olarak adlandırılabilir. Ateş kili terimi asidik bataklık ortamında oluşum ortamı nedeni ile yüksek Al ve Al’ca zengin kil dışı mineraller (böhmite, diaspor, boksit) içeren killeri için kullanılır. Ateş killerinde kaolinit minerali iyi kristalli ve al zengin mineral içeriği yüksekte ve sert konkoidal kırılan şekli “Flint clay” olarak adlandırılır. Bunun yanında ateş killerindeki kaolinler genellikle “b eksen düzensiz” “ ateş kili minerali” dir, yani kötü kristallidir. DTA eğrilerinde 200 °C civarında iyi kristalli kaolinlerde gözlenmeyen bünyelerindeki suya ait endotermik pikler gözlenir. Bu grup killeri “kaolin” dışında kil hammaddeleri içinde değerlendirilir.

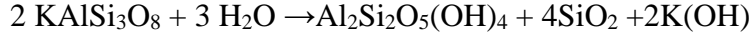
### **Diğer killeri ve şeyler (Miscellaneous clay and shales) (Common clay)**

Tuğla kiremit ve stonware kili olarak veya tuğla-kiremit toprakları diye isimlendirilen bir kısım killi hammaddeler yüksek demir içerikleri ve genellikle kaolinit, illit, smektit, klorit ve karışık tabakalı kil minerali içerikleriyle karakterize olurlar, kalsiyum ve organik madde içerikleri de yüksekte.

## **3-KAOLİNLERİN OLUŞUMU**

Oluşum itibariyle, feldspat ve mika içeren granitik veya volkanik kayaların yerinde veya bunlardan türeyen klastiklerin feldspat egemen kumtaşları (arkoz) bozunması (weathering) ve değişimi (alteration) ile kaolinit mineraline dönüşmesi sonucu kaolin yatakları oluşmaktadır. Ana kayanın içindeki alkali ve toprak alkali iyonların, çözünür tuzlar şeklinde ortamdaki uzaklaşması sonucu zengin Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> içerikli sulu silikatlar içeren minerallerden oluşan kayalar oluşur. Bütün kaolin gurubu mineraller aynı kimyasal bileşimde ancak değişik uzaysal oriyantasyonları olan (yapısal ve sıralanma farkları) olan minerallerdir. Dünyada yerinde oluşmuş kaolin yatakları sedimenter yani ikincil yataklardan fazladır çünkü sedimenter yatakların oluşması ve korunması çok özel jeolojik koşulları gerektirmektedir. Kaolinit mineralleri çok değişik derecelerde kristallenme göstermekte ve bu ölçülmekte ve Hinckley indexi olarak XRD grafiklerinden saptanmaktadır. Genellikle yerinde oluşan

yataklarda kristallik derecesi taşınmış kaolinitlerden yüksektir bu durum plastikliği azaltmaktadır.



K Feldspat      Su                      Kaolinit      Silika      Potas

Bu oluşum çok miktarda yağış, hızlı drenaj ve ılık ve tropikal iklim, su tablasının çözülmesi taşıyacak düzeyde olması yani topoğrafyanın önemli olduğu bir koşullar birliği gerektirmektedir. Bu oluşum modeline göre altere olan ana kayacın taşınmadan bozunarak yerinde kalması sonucu birincil veya kalıntı kaolinit yatakları oluşur. Ana kayaçların bozunma öncesi taşınıp, taşındıktan sonra depolanması veya bozunma sonucu taşınıp depolanması sonucu kaolinitin başat mineral olduğu sedimenter kil yatakları oluşur. Bazı sedimenter kaolinit yataklarında kaolinit yanında illit, diğer kil dışı mineraller ve organik maddece zengin olarak ball kili tipinde bazıları ise kaolin zengin (Georgia kili) yataklar oluşmaktadır. Ball killerinde yerinde oluşan kaolinlere göre daha plastik ve pişme dayanımı daha yüksek kaolinitik killer oluşmaktadır .

Ana kayaç olan riyolit ve granitler içinde kaolinleşmeyi sağlayan sular, ana kayaç parçacıkları ile birlikte silikat bünyesinde olan  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , S, CaO, MgO kısmen orijinal bünyeden uzaklaştırılmakta yada suların tesiri sonucu çeşitli bileşenlere dönüşmektedir.  $\text{SiO}_2$ , silika, orijinal kayaç bünyesinde belirli kısmı  $\text{Al}_2\text{O}_3$  ile birleşerek kaoliniti meydana getirmekte, fazlası ise dışarıya atılmaktadır.

Kaolinleşmeyi sağlayan eriyiklerin dışarıya atılması sırasında silisin belirli bir kısmı cevherleşme yüzeyinde demirli-silisli şapka şeklinde kabuk halinde kalmaktadır. Dışarıya atılamayanlar ise cevherleşme içinde serbest silis taneleri şeklinde veya kaolinleşme içinde opal (silis) bantları şeklinde kalmaktadır. Kaliteyi belirleyen en önemli unsurlardan olan silislerin bünyeden yoğun olarak atılması halinde kaliteli kaolin cevheri meydana gelmektedir. İçinde serbest silis tanesi olarak kalan kaolinler ise, daha kolay ayrıştırılabildiğinden süzülebilir kaolin niteliği kazanmaktadır.  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  : Orijinal kayaç bünyesinde yer alan demirin kaolin içinde olmaması istenilen en önemli kriterden biridir. Ancak kimyasal işlem sırasında demirin belirli bir kısmı kaolinleşme sırasında uzaklaştırılmadan kalmaktadır. Alkaliler ve  $\text{Al}_2\text{O}_3$  :  $\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O}$ , Kaolin oluşunda belirtilen feldspatların bozunması sonucu kaolinleşme olmaktadır. Feldspat  $\text{K}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2$  (Potasyum),  $\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2$  (Albit) ne kadar fazla bozunursa, ortamdan o kadar fazla  $\text{K}_2\text{O}$  ve/veya  $\text{Na}_2\text{O}$  atılmaktadır. Bunların atılması (ortamdan uzaklaştırılması) ne kadar fazla olursa, kaolinleşmeyi belirleyen  $\text{Al}_2\text{O}_3$  oranını o kadar artacaktır. Asidik bataklık yani kömürün de olduğu ortamlarda alkali ve demirin uzaklaşması daha fazla olduğu Al zengin fazlar ile birlikte daha refrakter ateş ve flint killeri oluşmaktadır.

İdeal Kaolin Bileşimi:  $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  olup kaolinitte;

$\text{SiO}_2$ (Silika)	% 46.54
$\text{Al}_2\text{O}_3$ (Alüminyum Oksit)	% 39.50
$\text{H}_2\text{O}$ (Su)	<u>% 13.96</u>
<b>Toplam</b>	<b>% 100.00</b>



olarak adlandırılır ve % 35-40 oranında Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> içerir. Flint kili, düzgün mikro kristalli ana mineral olarak kaolinit içeren konkoidal yapıda ve sert bir kayadır. Ateş kili ise refrakter özelliğe sahip yüksek sıcaklıkta deforme olmayan, düzensiz yapıdaki kaolinit minerallerinden oluşan silis ve Alüminyumca zengin bir kil türüdür.

Endüstriyel özelliklerine göre ürün standartları değişkenlik göstermektedir. Bu değişiklikler mineralojik bileşim, kimyasal bileşim, tane boyu dağılımı ve çeşitli reolojik özellikleri itibarıyla olmaktadır.

**Tablo 1. Çeşitli Kaolinlerde İstenen Ürün Özellikleri**

	Kağıt kaolini Dolgu Kaplama		Porselen	Çimento		Seramik
	1	2		1	2	
SiO <sub>2</sub>	48	47	46 - 48			
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	min 35	min 35	min % 30	min % 30	% 28	15 - 30
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	max 0.4	max 0.4	max 0.5	max 0.4	max 0.4	max 0.5-1.00
TiO <sub>2</sub>	max 0.05	max 0.05	max 0.1			
CaO	0.2	0.1	0.2			
MgO	0.2	0.1	0.5			
K <sub>2</sub> O	1.5	0.5	1 - 1.5			
Na <sub>2</sub> O	0.2	0.2	0.1 - 0.3			
SO <sub>3</sub>	max % 1	max % 1	Eser	max % 1	max % 1	max % 0.2
A.Z.	% 12 - 13	% 12 - 13	% 11 - 13			
-2 mikron	% 60	% 80		-5 cm	-5 cm	
+10 mikron	max % 10	max % 2		-10 cm	-10 cm	
+50 mikron	max % 0.1	max % 0.05				
Beyazlık	min % 80	min % 85				
Aşındırma	30	50				
Viskozite	68 - 70	68 - 70				

**Tablo 2. Kaolinit Ve Hallosit Minerallerinin Tipik Kimyasal Özellikleri**

	Kaolin Türkiye	Kaolin Georgia	Kaolin İngiltere	Hidrate Halloysit	Dehidrate Halloysit	Fe' ce Zengin Halloysit
SiO <sub>2</sub>	45.0-47.0	45.30	46.77	40.0-46.0	46.20	44.70
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	37.0-40.0	38.38	37.79	35.0-40.0	39.80	28.10
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.01-0.8	0.30	0.36	0.01-0.4	0.17	12.80
CaO	0.05-0.6	0.05	0.13	0.2-0.8	0.34	eser
MgO	0.1-0.3	0.25	0.24	eser-0.2	0.02	0.1
Na <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.1-0.3	0.27	0.05	0.1-0.2	0.01	1.70
K <sub>2</sub> O	0.2-0.5	0.04	1.49	eser-0.5	0.02	-
TiO <sub>2</sub>	0.5-0.3	1.44	0.02	0.01-0.2	0.02	-
H <sub>2</sub> O	0.2-14.0	13.97	12.97	2.0-14.50	14.00	13.30

**Tablo 3. Seramik Ve Beyaz Çimento Kaolenleri Ve Refrakter Killerinin Kimyasal Özellikleri**

	SERAMİK KAOLİNLERİ*	BEYAZ ÇİMENTO KAOLİNLERİ**	REFRAKTER KİLLERİ	ÇİN KİLİ	FLINT (A.B.D)
SiO <sub>2</sub>	59.5-73	51-67.5	33.3-44.0	49.5-52.5	44.4-45.9
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	19.0-28.0	22.0-29.0	36.0-45	30.0-35.0	35.8-38.6
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.5	0.4	2.0-2.1	0.4	0.55-0.75
TiO <sub>2</sub>	0.3-0.4	0.4-0.5	0.9-1.0	0.2	2.1-2.28
CaO	0.1-0.2	0.1	0.2-0.3	0.1	0.04-0.06
MgO	0.1-0.2	0.1	0.2-0.3	0.1	0.1-0.4
K <sub>2</sub> O	0.1-0.3	0.5-2.0	0.2-0.8	0.1	0.3-0.5
Na <sub>2</sub> O	0.1-0.3	0.3-0.4	0.4-1.0	0.2	0.1-0.4
Ateş Kaybı	6.7-10.5	9.0-20.0	15.0-18.0	13.4-15.0	13.0-14.0

(\*) : K-1 K3 Kodlu Killer; (\*\*) : KCW1 - KCW3 Kodlu Killer [ Esan A.Ş. ]

**Tablo 4. Ball Kili Ve Kaolin Özellikleri**

	KAOLİN	BALL KİLİ
+ 10 µm (%)	2-20	-
- 2 µm (%)	35-70	60-86
- 1 µm (%)	-	45-80
Kırılma Modülü ( kgf/cm <sup>2</sup> )	4-15	20-40
Kaplama Yoğunluğu(%)	55-70	60-65
Kaplama Oranı	0.3-2.0	-
Ateş Parlaklığı	85-92	50-70
Absorbsiyon	15-20	3-13
Büzülme	5-10	5-15
Kaolinit İçeriği	85-97	50-70

**Tablo 5. Abd Kaplama Kaolinlerinin Fiziksel Özellikleri**

	KAPLAMA KALİTE	DOLGU KALİTE
HAM ISO PARLAKLIĞI (%)	81.5-90.5	76-84
TAPPI PARLAKLIĞI (%)	86-92	80-86
SARILIK (%)	4-6.5	5.7-8
< 2 µm (%)	80-100	50-80
+ 325 MESH'DE KALAN (% MAX.)	0.04	0.01
YÜZEY ALANI m <sup>2</sup> /g	13-22	15-22
% 70 KATIDA VİSKOZİTE	6.0-7.5	-



**Tablo 6. Kağıt Sanayinde Kullanılan Kaolinlerde Parlaklık Ve Tane Boyutu Özellikleri**

KALİTE	TANE BOYUTU < 2 µm (%)	PARLAKLIK (%)
NO : 3	73	85-86.5
NO : 2	80-82	85.5-87.0
NO : 1	90-92	87.0-88.0
İNCE No : 1	95	86.0-87.5
DELAMİNATED	80	88.0-90.0
YÜKSEK PARLAKLIK NO: 2	80	90-91
YÜKSEK PARLAKLIK NO : 1	92	90-91
YÜKSEK PARLAKLIK İNCE NO :1	95	90-91

**Tablo 7. Seramikte Kullanılan Kaolinlerin Fiziksel Özellikleri**

	Standart Porselen	Remblend U.K.	Zettltz 1 A	Pleyber GX	Burella 201	Cyprucast
% > 10 µm	2.2	17.6	7.3	6	-	17.4
% < 2 µm	70	39	67.5	61	39	57.6
Katı Akışkanlık (mm <sup>2</sup> /dak)	0.35	2.0	0.46	2.0	1.95	1.4
Pişme Parlaklığı	91	86	89.4	91	91.3	90.4
Katı Konsantrasyonu %	63	65	59.8	65	63.2	70
1180 °C Toplam Su Çekme %	9	7.5	7.9	8	5.5	6.3
Su Emmesi %	15	16	16.7	19	19.6	16.1
Fırın Parlaklığı %	88	87	91.4	89	92.2	87.8
1280 °C Toplam Çekme%	14	11	10.9	12	7.5	10.4
Su Emmesi %	6	9	12.5	10	15	13.7

**Tablo 8. Seramikte Kullanılan Kaolinlerin Kimyasal Bileşimleri**

	Kullanım alanı	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	CaO	MgO	R <sub>2</sub> O	Parlaklık
Yeni Zellanda	Sofra Seramiği	49.9	35.5	0.28	0.06	Tr	0.02	0.11	13.91
İngiltere	Sofra Seramiği	47.0	38.0	0.39	0.03	0.10	0.22	1.15	13.0
Çin	Sofra Seramiği	49.0	36.38	0.13	Tr	0.13	0.28	1.86	12.0
Kore	Refrakter	48.0	36.0	1.80	0.10	0.10	0.30	0.40	13.3
İngiltere	Saniteri	48.0	37.0	0.68	0.02	0.07	0.30	1.75	12.5
A.B.D.	Boya Dolgusu	44.4	53.3	0.49	1.74	0.02	0.03	0.32	0.10
A.B.D.	Plastik Dolgusu	43.9	53.2	0.38	1.68	0.02	0.05	0.27	0.50
Avusturalya	Kauçuk Dolgusu	49.0	37.0	0.83	0.72	0.05	0.08	0.35	13.0

## 5. KAOLİN YATAKLARI

Kaolin yatakları oluşum faktörlerine göre üç şekilde oluşmaktadır bunlar:

- İklimsel faktörlerle dönüşüm (Zettlitz tip);
- Hidrotermal dönüşüm (Cornwall tip);
- Klimatik ve hidrotermal dönüşüm (karışık tip).

Murray, H.H ise “Kaolin, Kaolin and Kaolin” adlı yayınının isminde 3 ayrı kaolini hidrotermal, kalıntı ve sedimenter yataklarda oluşan killer olarak açıklamıştır. Kaolin petrografik olarak bu yatakları oluşturan kayaç ismi ve/veya bu kayacı oluşturan başat kaolin gurubu mineralleri olan kaolinit, hallosid, dicit ve nakritin bulunduğu “kil mineralleri gurubu” ismidir. En önemli minerali Kaolinitdir ( $Al_2Si_2O_5(OH)_4$ ) alüminyum hidro silikat bileşimli bir kil mineralidir. Kaolinin fiziksel ve kimyasal özellikleri onun kullanım alanlarını belirler bir kısmı kağıt kaplamacılığında bazıları dolgu, diğer bir kısmı ise seramik ve refrakter üretiminde kullanılmaktadır. Bu kullanım alanlarının çeşitliliğini yatakların oluşumunda etkili olan jeolojik faktörler kontrol etmektedir. Murray meşhur yayınında “Kaolin, Kaolin and Kaolin” adını vermesini bu çeşitliliğe atfetmektedir. Yerinde oluşan kaolin yatakları salt hidrotermal değişim (hydrothermal alteration) veya kalıntı-bozunma (residual weathering) ile oluşmakta kalıntı-bozunan yataklarda hidrotermal değişim etkileri de görülmektedir (Maungaparerua bay and Mahimahi-New Zealand ve Cornwall-England yataklarında olduğu gibi). Kaolinin yanında illit smektit gurubu, kil dışı mineraller ve organik maddelerin olduğu ball kili tipi yataklar olduğu gibi Georgia and South Carolina yataklarında olduğu gibi % 90 - 95 kaolinit minerali içeren dünyanın en büyük “kaolin” yatağı da sedimenter yataklardır. Kökensel olarak Georgia ve ball kili yatakları aynı olduğu halde mineralojik bileşimleri çok farklıdır bu nedenle kullanım yerleri de farklıdır. Georgia killeri ball kili gibi sedimenter bir yatakta bulunduğu halde tek minerali monomineralik bir “kaolin” yatağı olarak kabul edilir. Kil yatakları kökensel olarak hidrotermal, kalıntı ve sedimenter olarak üçe ayrılır ve genel olarak ilk ikisinde “kaolin” üçüncü de ise “ball kili” oluşur ve hepsi başat olarak kaolinit içerir. Sedimenter olarak oluşan Georgia killeri de “kaolin” dir (% 90-95 kaolinit).

Kaolinin yüksek miktardaki üretimine karşılık, sadece birkaç ülkede birinci kalitede ve kaplama nitelikli kaolin yatakları bulunmaktadır. Kaplama (astar) kaolinin başlıca üreticisi olarak iki bölge egemendir. Bunlar; kuzeyde yeralan ABD ve Latin Amerika'da ise Brezilya'dır. Bununla birlikte Meksika'nın düşük çaplı üretiminin gelecek yıllarda 150 000 - 300 000 ton/yıl kapasiteye ulaşabileceği kaydedilmiştir.

Başlıca yataklar; ABD, İngiltere, Brezilya ve Avustralya, daha küçük olanları ise Batı Almanya ve İspanya'da yer almaktadır. Dolgu niteliği taşıyan kaolin yatakları ise; Hindistan, Çekoslovakya, Romanya, Endonezya, Tayland, Güney Kore, Çin ve Sovyetler Birliği'nde bulunmaktadır.

### 5-1. Hidrotermal yataklar

#### Çin halk cumhuriyeti

Jingsu bölgesinde bulunan Suzhou yatağıdır. Değişik karakterde birincil kayaların hidrotermal alterasyonu ile değişik özellikte kaolinler oluşmuştur. Başat kil minerali kaolinit ve hallosiddir, alunit serisit kuvars pirit ve kalsedon aksesuar mineral olarak bulunur. Yaş methodlar ile zenginleştirilen kaolinler seramik sektöründe kullanılmaktadır. 20 milyon ton rezerv saptanmıştır.

## **Japonya**

Hidrotermal yataklar Japonya'da çoktur. En büyüğü Okayama'daki Itaya'dır. Rosecki adı verilen sert kaolinit yanında diaspor, pirofillit içerir. Pleystosen volkaniklerinin hidrotermal alterasyonu ile nakrit, diki ve hallosid yanında alunit de bulunur.

## **Meksika**

100 000 ton dan fazla kaolin üretimi yapılan Meksika'da 9 ayrı bölgede vardır. Üst senozoyik volkanik kayaların hidrotermal alterasyonu ile oluşmuştur. Refrakter kaolinler düzensiz kaolinler ve çok küçük tane boyunda kuvars dan oluşur. Guanajuato kristobalit içeren kaolinler diki ve nakrit de içerir.

## **5-2. Residual yataklar**

### **Avustralya**

Melbourne kuzeybatısında bulunan Ballarat ve Pittong yatakları granitlerin bozunması ile oluşmuştur. Kuvars ve hallosid kaolinitin yanında bulunur. Yaş işleme zenginleştirilir.

### **Çekoslovakya**

Karlovy-Vary bölgesinde bulunan yataklar granitlerin bozunması ile oluşmuştur. Kretase ve Palosende oluşan kaolinler seramik, refrakter ve dolgu hammaddesi olarak lastik ve kağıt endüstrisinde kullanılmaktadır.

### **Almanya**

Dresden yakınında Kemmlitz de bulunan yataklar volkanik ignimbritler ve porfirik andezitlerin bozunması ile oluşmuştur. Çok az miktarda karışık tabakalı illit ve smektit kaolin ve kuvars yanında bulunur. Avrupa'nın en eski kil yatağından üretilen kaolinler Bohemya masifinin granodiyoritleri, granitleri ve grovakları Kretaseden beri bozunmuş ve oluşmuştur, refrakter ve dolgu hammaddesi olarak lastik ve kağıt endüstrisinde kullanılmaktadır.

### **Endonezya**

Java denizinde Belitung ve Bangka adalarında porfirik biotit granitinin bozunması ile oluşmuştur. Feldispatlar kaolin ve hallosid dönüşürken biotitler hidrobiotit ve vermikulite dönüşmektedir. Tipik tropikal yağışlı ve yüksek su tablasının bozunması ile klasik mineral bileşimi gözlenmektedir.

### **Ukranya**

Prosyanosvskoe, Glukhovetskoe, Veliko-Gradomnestkoe ve Turbosvskoe yatakları Erken Mezozoyik de granitik kayaların bozunması ile oluşmuştur. Mika, kuvars kaolinitin yanında bulunur. Seramik ve kağıt endüstrisinde kullanılır.

### **İngiltere-Cornwall**

Dünyanın en büyük yerinde oluşmuş yatağıdır. St Austell granitinin düşük Fe yani biotitsiz bileşimi ve matriksin öncel hidrotermal değişimi, mesojen ve superjen fazların bozunması ve düşük eğimli topografyası kaolinleşmeyi karakterize eder. Hidrotermal eriyiklerin etkisini gösterir eser element varlığı saptanmıştır. Muskovit, kuvars ve feldispat kaolinit yanında bulunur. Kağıt ve seramikte ve plastik, boya ve lastik üretiminde kullanılır. Yerinde oluşmuş bir kaolin yatağı olup; hidrotermal oluşumlu yatakta, 40 ayrı ocakta yılda 20-25 milyon ton tüvenan cevher üretilmektedir. Rezervi çok büyük olan bu yatak ile İngiliz ECC

firması Avrupa'da tekel konumunda bulunmaktadır. Tesisten çeşitli kalitelere ürün eldesi gerçekleştirilmektedir.

### **Yeni Zelanda**

Maungaparerua, Matauri korfezi ve Mahimahi yatakları Auckland'ın 210 km kuzeyindedir. Riyolitik kayaların hidrotermal alterasyonundan sonra kalıntı-bozunması ile oluşmuş hallosid yatakları oluşmuştur.

Dünyanın en fazla hallosid içeren kil yatağıdır. En beyaz pişen ve translucency için Japonya ve İngiltere ve ABD'ye ihraç edilir.

### **5-3. Sedimenter kaolin yatakları**

#### **Avustralya**

Queensland kuzeydoğusundaki Cape York yarımadasında bulunan Weipa kaolin yatağı kaolinitic kumları Tersiyer yaşlı boksitler ile örtülmüştür. Boksitin altında "pallid zone" demir benekli kaolin boksitik kaolin ve kuvars kumundan oluşmuştur. Kretase veya Tersiyer yaşlı yatak çok az smektitik kil içerir ve yüksek katı yüzdesi( % 70) ile çok iyi vizkositeye sahiptir

#### **Brezilya**

Amapa bölgesindeki Amazon deltasındaki Jari nehrinin doğu kıyısında pekişmemiş kumlar, kumlu killer, kaolin ve konglemera serisi oluşan sedimenter kaolin yatağı Pliyosen yaşlıdır. Sıcak iklimde ve bol yağışlı iklimde oluşan kaolinler Beterra kili olarak adlandırılır. Yağmur ormanı asidleri ile lateritleşen bu zon büyük boksit yataklarıda oluşturmuştur. Smektitik ve illitik killer ile beraber bulunan kaolin küçük miktarlarda kuvars içerir. Kaolinit mineralleri çok ince tanelidir. Guyana kalkanında bozunmuş granitlerden itibaren oluşan kaolin özellikle kağıt kaplamasında kullanılmakta vizkozitesi dünyada çok iyi olan birkaç yataktan biridir.

#### **Almanya**

Hirschau ve Schnaittenbach Bavyera da kaolin yataklarının bulunduğu yerleşim alanlarıdır. Triyas yaşlı Arkozik kumların bozunması ile oluşmuş bu yatak % 75-85 kuvars % 10 kaolinit geri kalan ise kısmen bozunmuş feldispatdır.

#### **İspanya**

Kretase yaşlı kaolinitik kumlar Guadalajara ve Valensiya bölgesinde bulunmaktadır. Almanya Hirschau yatağı gibi kaolinit yanında kuvars kumu bulunmaktadır. Kökensel olarak kretase yaşlı arkozik kumtaşının bozunması ile oluşmuştur.

#### **ABD**

Dünyanın en büyük kaolin yatağı Georgia- South Carolina da bulunmaktadır. Geç Kretase – Erken Tersiyer yaşlı bu yatağın klastikleri Piedmont masifi kristalen kayalarından türeyen malzeme lagün, ve oxbow göllerde ve havuzlarda kıyı boyunca 400km -50 km ((genişlik) de birikmiştir. Doğu Georgia daki Tersiyer yaşlı kaolinler ( ince taneli fillitlerin bozunması ile oluşmuş) ile Kretase yaşlı kaolinlerin kökenleri ve sert ve yumuşak karakterleride ayrıca birçok araştırmacı tarafından incelenmiştir.

Kaolin yataklarını ayrıca eksojen ve endojen yataklar olmak üzere iki kısma ayırmak mümkün olup; eksojen yatakların oluşumunda karbonik asitli sularbüyük rol oynarlar. Bu sular karbondioksitin uçması veya civarda karbonatlı kayaların bulunması sonucu nötr veya bazik

hale gelerek silisin ortamdan uzaklaşması ve kuvars ihtiva etmeyen yumuşak kaolenlerin meydana gelmesine sebep olabilirler. Endojen yataklarının oluşumu ise, volkanik ve magmatik oluşumlu kaolin yataklarının kalitesi ve jeolojik yapı özellikleri magmanın katıldığı derinliğe ve onun kimyasal bileşimine bağlıdır. Lavların ve magmanın bazik, nötr ve asit özellikte oluşu volkanik, subvolkanik veya plütonik derinliklerde katılmasıyla bu tip kaolin yataklarının oluşumuna sebep olmaktadır.

## 6. DÜNYA KAOLİN REZERVLERİ, ÜRETİMİ VE TİCARETİ

Dünyada 2009'da 33 milyon ton kaolin üretilmiştir. Dünya kaolin üretimi tablo 9'da görülmektedir. En büyük üreticiler ABD, Özbekistan ve Brezilya'dır.

**Tablo 9. Dünya kaolin üretimi**

Ülkeler	Üretim (Bin Ton)		Üretim Oranı (%)
	2009	2010*	
Brezilya	2.680	2.750	8,09
ABD	5.290	5.700	16,76
İngiltere	1.800	1.850	5,44
Ukrayna	1.120	1.150	3,38
Özbekistan	5.500	5.550	16,32
Türkiye	800	850	2,50
İtalya	1.070	1.000	2,94
Çek Cumhuriyeti	2.890	2.950	8,68
Almanya	3.200	3.250	9,56
İspanya	465	470	1,38
Diğer	8.185	8.480	24,94
<b>Toplam</b>	<b>33.000</b>	<b>34.000</b>	<b>100,00</b>

Kaynak: Mineral Commodity Summaries (2011) \*: Tahmini Üretim Miktarı

Dünya kaolin ticaretinde İngiltere ve ABD'deki şirketler dünya ticaretini yönlendirmektedir. İngiltere ECC şirketi Avrupa ile ABD'deki "The Georgia Kaolin Comp. Inc." şirketi, Amerika'daki ticareti yönlendirmektedir. Bu şirketler, dünya kaolin ticareti ve özellikle kağıt sanayi hammaddelerinde büyük söz sahibi şirketlerdir.

Kaolen üreten ülkelerde rezervler çok büyük fakat miktarları belli değildir.

Dünyada üretilen kaolinin yaklaşık % 35'i ihraç edilmekte olup, en büyük ihracatçılar İngiltere ve ABD'dir.

### **Kaolen Fiyatları: 2011**

- Kağıt dolgu 1. kalite, ABD Geogia fabrikada s.ton 146-185 \$
- Kağıt dolgu 2. kalite, ABD 95-147 \$
- Brezilya kağıt dolgu, % 5 nem 170-215 \$

Dünyada Seramik Karo üreten, tüketen, ithalatçı ve ihracatçı ülkelerin miktarları ve payları aşağıdaki grafiklerde ve tablolarda gösterilmiştir. (Tablo. 10, 11, 12, 13 – Grafik . 1, 2, 3, 4)

**Tablo 10. Seramik Karo Önde Gelen Üretici Ülkeler**

SIRA	YILLAR	2006		2007		2008		2009	
	ÜLKE	ÜRETİM Milyon m <sup>2</sup>	DÜNYA ÜRETİMİNDE PAYI	ÜRETİM Milyon m <sup>2</sup>	DÜNYA ÜRETİMİNDE PAYI	ÜRETİM Milyon m <sup>2</sup>	DÜNYA ÜRETİMİNDE PAYI	ÜRETİM Milyon m <sup>2</sup>	DÜNYA ÜRETİMİNDE PAYI
1	ÇİN	3.000	38,66%	3.200	38,78%	3.400	41,20%	3.600	42,28%
2	BRAZİLYA	594	7,65%	637	7,72%	713	8,64%	715	8,40%
3	HİNDİSTAN	340	4,38%	385	4,67%	390	4,73%	490	5,75%
4	İTALYA	569	7,33%	559	6,77%	513	6,22%	368	4,32%
5	İRAN	210	2,71%	250	3,03%	320	3,88%	350	4,11%
6	İSPANYA	608	7,84%	585	7,09%	495	6,00%	324	3,81%
7	VİETNAM	199	2,56%	254	3,08%	270	3,27%	295	3,46%
8	ENDONEZYA	170	2,19%	235	2,85%	275	3,33%	278	3,26%
9	<b>TÜRKİYE</b>	<b>265</b>	<b>3,41%</b>	<b>260</b>	<b>3,15%</b>	<b>225</b>	<b>2,73%</b>	<b>205</b>	<b>2,41%</b>
10	MEKSİKA	210	2,71%	215	2,61%	205	2,48%	200	2,35%
11	MISIR	122	1,57%	130	1,58%	140	1,70%	200	2,35%
12	TAYLAND	139	1,79%	130	1,58%	130	1,58%	128	1,50%
13	RUSYA	115	1,48%	127	1,54%	147	1,43%	117	1,37%
14	POLONYA	110	1,42%	112	1,36%	118	1,03%	112	1,32%
15	MALEZYA	75	0,97%	75	0,91%	85	1,03%	90	1,06%
16	B.A.E.	75	0,97%	76	0,92%	77	0,93%	77	0,90%
17	PORTEKİZ	74	0,95%	74	0,90%	74	0,90%	70	0,82%
18	ARJANTİN	54	0,70%	60	0,73%	60	0,73%	56	0,66%
19	S. ARABİSTAN	22	0,28%	34	0,41%	40	0,48%	55	0,65%
20	ALMANYA	64	0,82%	67	0,81%	59	0,71%	51	0,60%
21	FAS	47	0,61%	50	0,61%	45	0,55%	50	0,59%
22	A.B.D.	58	0,75%	51	0,62%	45	0,55%	50	0,59%
23	KOLOMBİA	44	0,57%	48	0,58%	50	0,61%	50	0,59%
24	UKRAYNA	21	0,27%	27	0,33%	39	0,47%	44	0,52%
25	GÜNEY KORE	44	0,57%	42	0,51%	39	0,47%	42	0,49%
26	TAYVAN	54	0,70%	50	0,61%	40	0,48%	32	0,38%
27	GÜNEY AFRİKA	37	0,48%	38	0,46%	38	0,46%	32	0,38%
28	SURİYE	19	0,24%	19	0,23%	28	0,34%	31	0,36%
29	VENEZUELA	28	0,36%	30	0,36%	32	0,39%	30	0,35%
30	CEZAYİR	28	0,36%	28	0,34%	28	0,34%	30	0,35%
31	JAPONYA	41	0,53%	40	0,48%	37	0,45%		0,00%
32	FRANSA	32	0,41%	34	0,41%	31	0,38%		0,00%
	<b>TOPLAM</b>	<b>7.468</b>	<b>96,24%</b>	<b>7.922</b>	<b>96,00%</b>	<b>8.188</b>	<b>99,22%</b>	<b>8.172</b>	<b>95,97%</b>
	<b>TOPLAM DÜNYA</b>	<b>7.760</b>	<b>100,00%</b>	<b>8.252</b>	<b>100,00%</b>	<b>8.520</b>	<b>100,00%</b>	<b>8.515</b>	<b>100,00%</b>

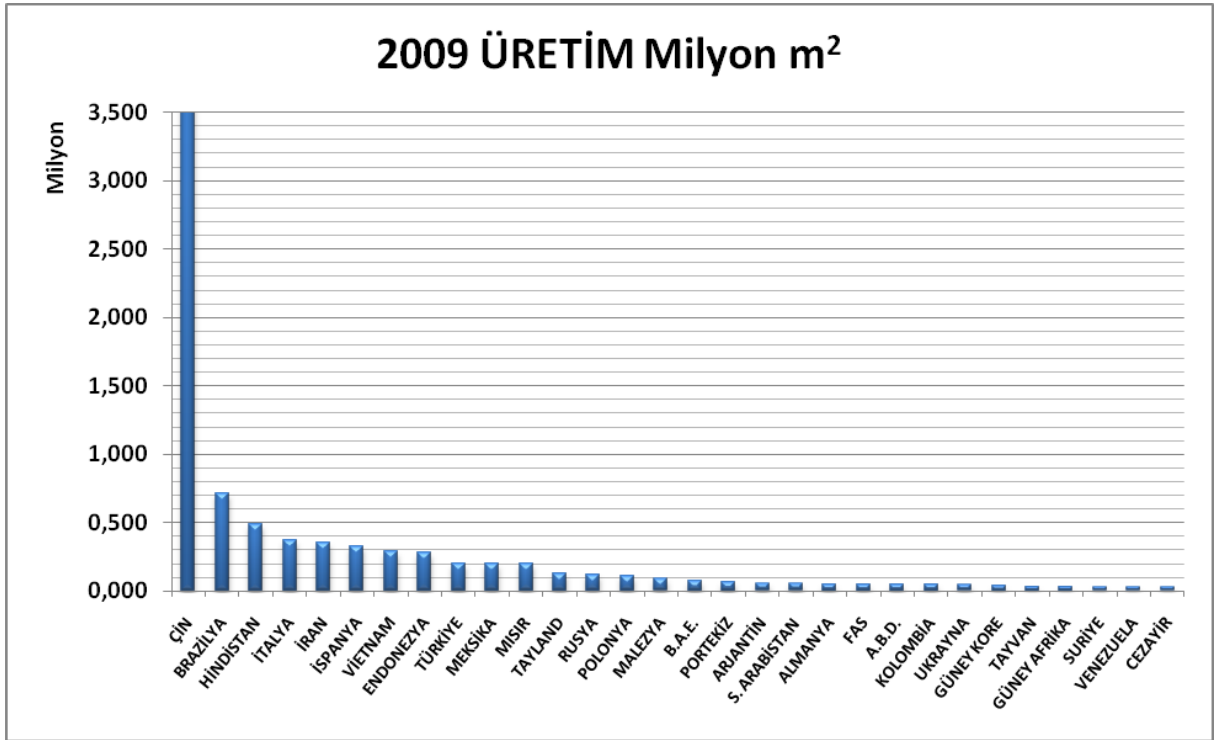
Kaynak: SERFED

**Tablo 11. Seramik Karolarda Önde Gelen Tüketici Ülkeler**

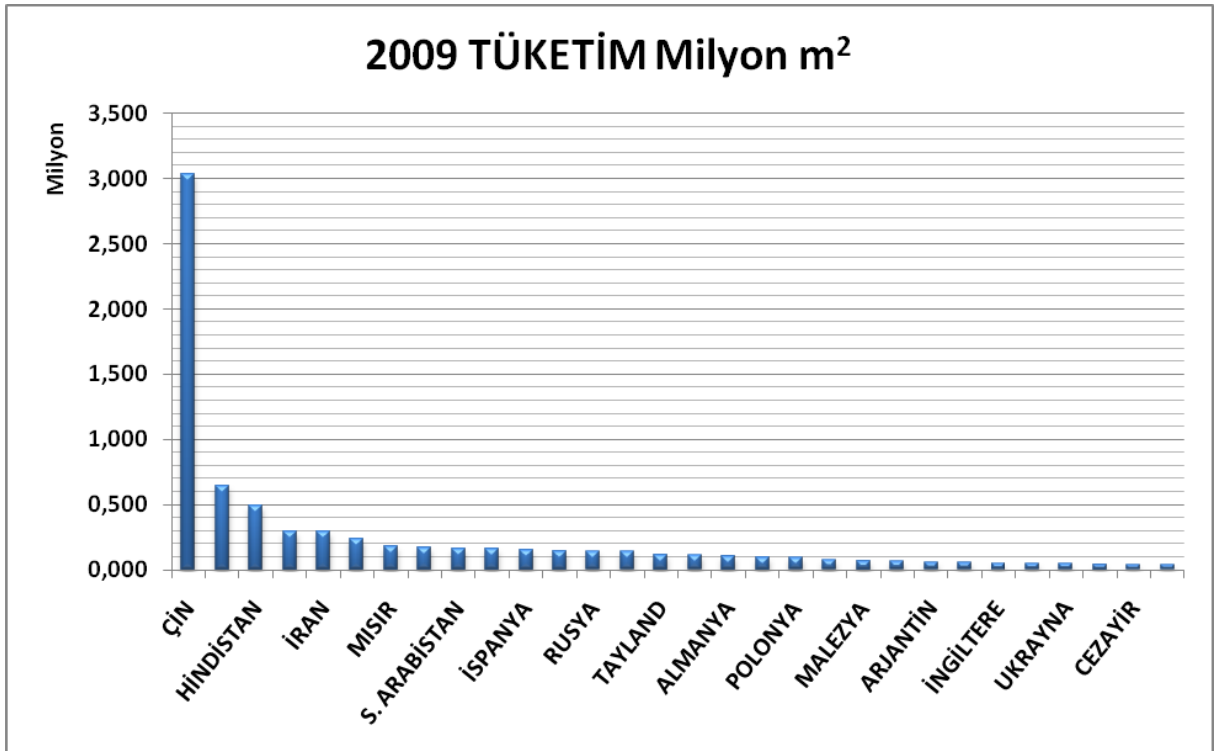
SIRA	YILLAR	2006		2007		2008		2009	
	ÜLKE	TÜKETİM Milyon m <sup>2</sup>	DÜNYADA PAYI	TÜKETİM Milyon m <sup>2</sup>	DÜNYADA PAYI	TÜKETİM Milyon m <sup>2</sup>	DÜNYADA PAYI	TÜKETİM Milyon m <sup>2</sup>	DÜNYADA PAYI
1	ÇİN	2.450	32,89%	2.700	33,50%	2.830	35,11%	3.030	35,82%
2	BREZİLYA	486	6,52%	535	6,64%	605	7,51%	645	7,62%
3	HİNDİSTAN	350	4,70%	397	4,93%	403	5,00%	494	5,84%
4	ENDONEZYA	148	1,99%	178	2,21%	262	3,25%	297	3,51%
5	İRAN	182	2,44%	236	2,93%	265	3,29%	295	3,49%
6	VİETNAM	145	1,95%	210	2,61%	220	2,73%	240	2,84%
7	MISIR	103	1,38%	105	1,30%	110	1,36%	180	2,13%
8	A.B.D.	308	4,13%	248	3,08%	197	2,44%	169	2,00%
9	S. ARABİSTAN	100	1,34%	110	1,36%	136	1,69%	166	1,96%
10	MEKSİKA	164	2,20%	173	2,15%	176	2,18%	163	1,93%
11	İSPANYA	319	4,28%	314	3,90%	240	2,98%	156	1,84%
12	İTALYA	199	2,67%	199	2,47%	176	2,18%	146	1,73%
13	RUSYA	154	2,07%	171	2,12%	190	2,36%	139	1,64%
14	<b>TÜRKİYE</b>	<b>179</b>	<b>2,40%</b>	<b>160</b>	<b>1,99%</b>	<b>129</b>	<b>1,60%</b>	<b>138</b>	<b>1,63%</b>
15	TAYLAND	121	1,62%	122	1,51%	120	1,49%	117	1,38%
16	FRANSA	120	1,61%	121	1,50%	128	1,59%	113	1,34%
17	ALMANYA	128	1,72%	124	1,54%	112	1,39%	106	1,25%
18	GÜNEY KORE	99	1,33%	110	1,36%	99	1,23%	99	1,17%
19	POLONYA	102	1,37%	100	1,24%	103	1,28%	93	1,10%
20	B.A.E.	80	1,07%	81	1,00%	96	1,19%	77	0,91%
21	MALEZYA	45	0,60%	53	0,66%	50	0,62%	69	0,82%
22	FAS	52	0,70%	56	0,69%	60	0,74%	66	0,78%
23	ARJANTİN	48	0,64%	55	0,68%	59	0,73%	55	0,65%
24	KOLOMBİYA							53	0,63%
25	İNGİLTERE	75	1,01%	75	0,93%	66	0,82%	50	0,59%
26	PORTEKİZ	47	0,63%	48	0,60%	42	0,52%	48	0,57%
27	UKRAYNA							48	0,57%
28	GÜNEY AFRİKA	48	0,64%	50	0,62%	50	0,62%	43	0,51%
29	CEZAYİR							40	0,47%
30	FİLİPİNLER							40	0,47%
31	TAYVAN	69	0,93%	69	0,86%	50	0,62%		0,00%
32	YUNANİSTAN	51	0,68%	57	0,71%	52	0,65%		0,00%
33	JAPONYA	53	0,71%	52	0,65%	48	0,60%		0,00%
34	ROMANYA	37	0,50%	43	0,53%	46	0,57%		0,00%
<b>TOPLAM</b>		<b>6.252</b>	<b>83,92%</b>	<b>6.731</b>	<b>83,51%</b>	<b>6.924</b>	<b>85,91%</b>	<b>7.374</b>	<b>87,16%</b>
<b>DÜNYA TOPLAMI</b>		<b>7.450</b>	<b>100,00%</b>	<b>8.060</b>	<b>100,00%</b>	<b>8.350</b>	<b>100,00%</b>	<b>8.460</b>	<b>100,00%</b>

Kaynak: SERFED

**Grafik 1. Dünyada Karo üreten önde gelen ülkeler**



**Grafik 2. Dünyada Seramik karo tüketen ülkeler (2009)**



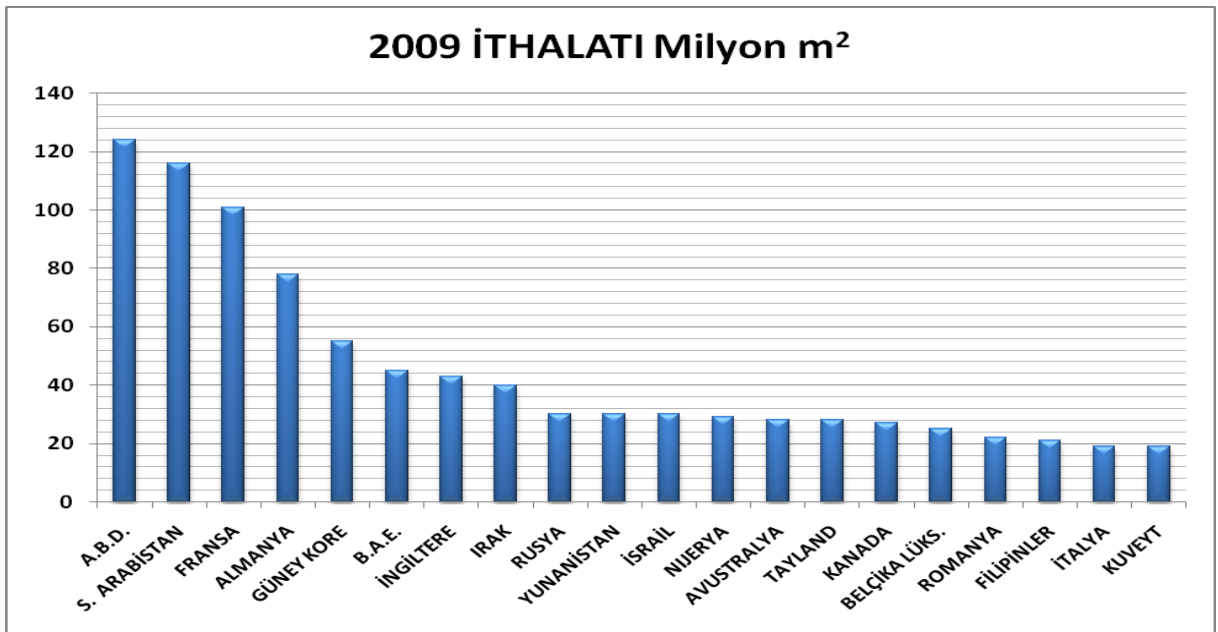


Tablo 12. Seramik Karoda Önde Gelen İthalatçı Ülkeler

SIRA	YILLAR	2006		2007		2008		2009	
	ÜLKE	Milyon m <sup>2</sup>	DÜNYADA PAYI	Milyon m <sup>2</sup>	DÜNYADA PAYI	Milyon m <sup>2</sup>	DÜNYADA PAYI	Milyon m <sup>2</sup>	DÜNYADA PAYI
1	A.B.D.	254	13,69%	202	10,58%	157	8,22%	124	7,15%
2	S. ARABİSTAN	89	4,80%	77	4,03%	99	5,18%	116	6,69%
3	FRANSA	110	5,93%	108	5,65%	112	5,86%	101	5,82%
4	ALMANYA	87	4,69%	83	4,35%	80	4,19%	78	4,50%
5	GÜNEY KORE	54	2,91%	66	3,46%	59	3,09%	55	3,17%
6	B.A.E.	51	2,75%	43	2,25%	55	2,88%	45	2,59%
7	İNGİLTERE	66	3,56%	67	3,51%	58	3,04%	43	2,48%
8	IRAK							40	2,31%
9	RUSYA	45	2,43%	52	2,72%	56	2,93%	30	1,73%
10	YUNANİSTAN	43	2,32%	51	2,67%	44	2,30%	30	1,73%
11	İSRAİL	26	1,40%	30	1,57%	30	1,57%	30	1,73%
12	NIJERYA	27	1,46%	22	1,15%	30	1,57%	29	1,67%
13	AVUSTRALYA	31	1,67%	33	1,73%	33	1,73%	28	1,61%
14	TAYLAND	20	1,08%	22	1,15%	25	1,31%	28	1,61%
15	KANADA	33	1,78%	35	1,83%	30	1,57%	27	1,56%
16	BELÇİKA LÜKS.	23	1,24%	28	1,47%	26	1,36%	25	1,44%
17	ROMANYA	28	1,51%	33	1,73%	35	1,83%	22	1,27%
18	FİLİPİNLER							21	1,21%
19	İTALYA	28	1,51%	31	1,62%	25	1,31%	19	1,10%
20	KUVEYT	18	0,97%	16	0,84%	23	1,20%	19	1,10%
21	UKRAYNA	16	0,86%	25	1,31%	27	1,41%		0,00%
22	HİNDİSTAN	20	1,08%	22	1,15%	24	1,26%		0,00%
<b>TOPLAM</b>		<b>1.033</b>	<b>55,69%</b>	<b>999</b>	<b>52,30%</b>	<b>977</b>	<b>51,15%</b>	<b>910</b>	<b>52,45%</b>
<b>TOPLAM DÜNYA İTHALATI</b>		<b>1.855</b>	<b>100,00%</b>	<b>1.910</b>	<b>100,00%</b>	<b>1.919</b>	<b>100,47%</b>	<b>1735</b>	<b>100,00%</b>

Kaynak: SERFED

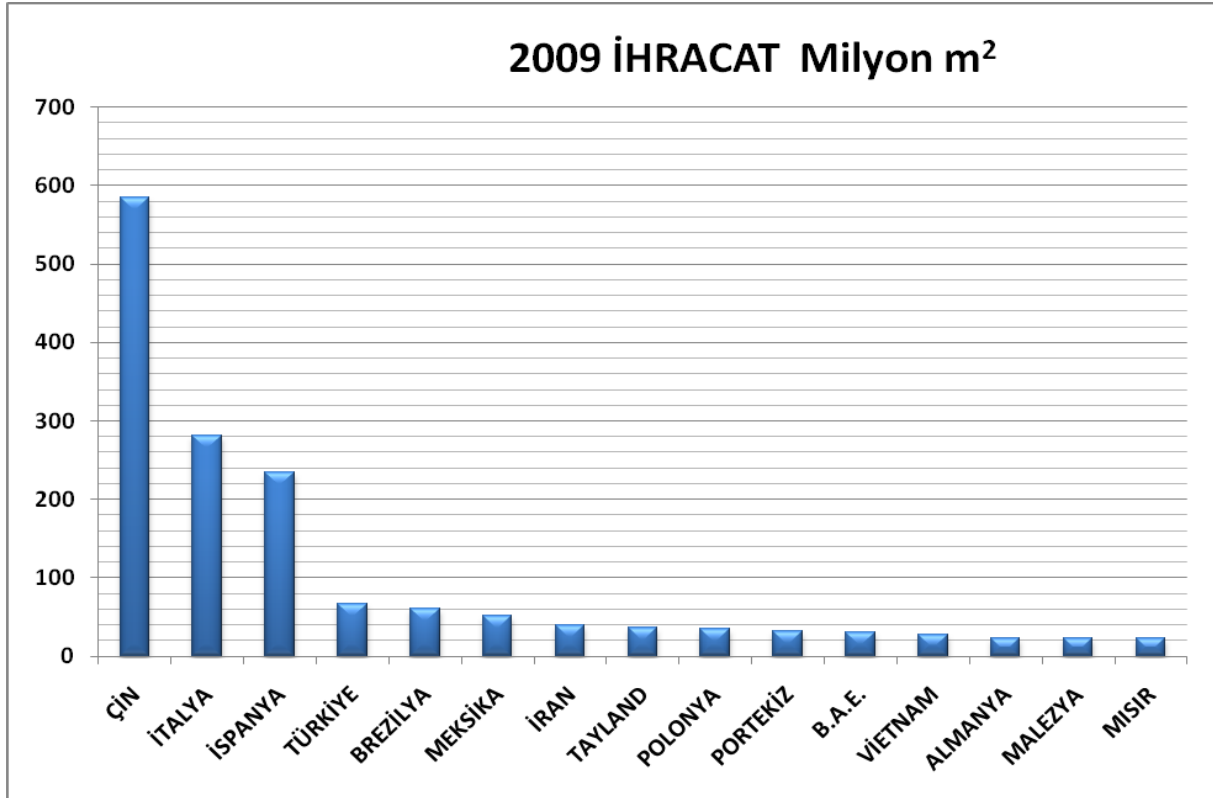
Grafik 3. Seramik karo İthal eden ülkeler (2009)



**Tablo 13. Seramik Karolarda Önde Gelen İhracatçı Ülkeler**

SIRA	YILLAR	2006		2007		2008		2009	
	ÜLKE	Milyon m <sup>2</sup>	DÜNYADA PAYI	Milyon m <sup>2</sup>	DÜNYADA PAYI	Milyon m <sup>2</sup>	DÜNYADA PAYI	Milyon m <sup>2</sup>	DÜNYADA PAYI
1	ÇİN	450	24,13%	500	26,18%	570	29,84%	584	33,66%
2	İTALYA	396	21,23%	379	19,84%	355	18,59%	281	16,20%
3	İSPANYA	336	18,02%	333	17,43%	306	16,02%	235	13,54%
4	<b>TÜRKİYE</b>	<b>93</b>	<b>4,99%</b>	<b>104</b>	<b>5,45%</b>	<b>92</b>	<b>4,82%</b>	<b>67</b>	<b>3,86%</b>
5	BREZİLYA	115	6,17%	102	5,34%	81	4,24%	61	3,52%
6	MEKSİKA	55	2,95%	56	2,93%	62	3,25%	51	2,94%
7	İRAN	19	1,02%	17	0,89%	27	1,41%	40	2,31%
8	TAYLAND	27	1,45%	25	1,31%	25	1,31%	36	2,07%
9	POLONYA	21	1,13%	30	1,57%	34	1,78%	35	2,02%
10	PORTEKİZ	36	1,93%	37	1,94%	37	1,94%	32	1,84%
11	B.A.E.	32	1,72%	38	1,99%	34	1,78%	31	1,79%
12	VIETNAM	15	0,80%	25	1,31%	25	1,31%	28	1,61%
13	ALMANYA	24	1,29%	26	1,36%	28	1,47%	23	1,33%
14	MALEZYA	22	1,18%	18	0,94%	23	1,20%	23	1,33%
15	MISIR							23	1,33%
16	ENDONEZYA	33	1,77%	28	1,47%	27	1,41%		0,00%
<b>TOPLAM</b>		<b>1.641</b>	<b>87,99%</b>	<b>1.690</b>	<b>88,48%</b>	<b>1.699</b>	<b>88,95%</b>	<b>1.550</b>	<b>89,34%</b>
<b>TOPLAM DÜNYA İHRACATI</b>		<b>1.865</b>	<b>100,00%</b>	<b>1.910</b>	<b>100,00%</b>	<b>1.919</b>	<b>100,00%</b>	<b>1.735</b>	<b>100,00%</b>

**Grafik 4. Seramik karo İhraç eden ülkeler (2009)**



## 7. KAOLİNİN KULLANIM ALANLARI

1-En önemli tüketim alanı kağıt sanayidir. Dolgu ve kaplama olarak 10 milyon ton/yıl kaolin tüketilmektedir. Yazı kağıtlarının % 30'u kaolinden oluşmakta olup, en önemli alternatifi kalsittir. Kalsitin kaolinin ikamesi olarak görülmesine rağmen, dünya kaolin arzı her yıl ortalama % 5 artmaktadır. Diğer bir alternatif talk olup, bunlar daha ziyade dolguda ikame olup, kaplama işleminde kaolinin ikamesi zor görünmektedir. Dünya üretiminin yaklaşık % 20'sini elinde tutan İngiliz ECC şirketinin yıllık satışının % 75'ini kağıt, % 10'unu seramik, % 15'ini boya ve diğer sanayiler oluşturmaktadır. Dünya kaolin tüketiminde parasal ve tonaj değerleri bakımından, birinci sırayı kağıt sanayii almaktadır. Avrupa pazarında kağıt, dolgu maddesi olarak toplam tüketimin % 40'ı, Amerika pazarında ise bu amaçla toplam tüketimin % 80'i kullanılmaktadır. Özellikle kağıt dolguda Avrupa kaolinle birlikte kalsit te kullanılmaktadır. Kuşe-kaplama kağıtta da benzer durum söz konusu olup, özellikle kuşe kağıtta kaolinin kalite bakımından avantaj ve üstünlüğü vardır. Dünya kağıt tüketiminde, kaolin ve kalsite ikame olarak, TiO<sub>2</sub>, talk vb. de kullanılmaktadır. Bunların toplam tüketimleri, belirli yıllarda kaolin tüketimini azaltmakla beraber, bu oran çok büyük boyutlarda olmamaktadır. Ancak dünya kalsit tüketimi, kaolin tüketimini etkileyen en önemli unsurdur.

2-Kağıtla birlikte en önemli tüketim alanı olan sofr porseleni, sağlık gereçleri, fayans, elektro porselen v.b yanında boya ve lastik sanayiinde önemli miktarlarda tüketilmektedir. Seramikte kaolin tüketimi, en çok sıhhi tesisat, porselen ve izalatör sanayiinde olmaktadır. Fayansta tüketim maksimum % 20 dolayındadır.

3- Seramik sektörü dışında kaolinin en büyük tüketimi, boya, lastik ve plastik sanayiinde dolgu maddesi olarak kullanılmasıdır. Son yıllarda büyük artış gösteren beyaz çimento sanayiinde tüketilen kaolinler, kağıttan sonra ikinci sırayı almış durumdadır. Son yıllarda seramik sektörü dışında, kaolinin en büyük tüketimi çimento sanayiinde olup, kaolin tüketim oranı tüvenan üretimin % 30'u mertebesine ulaşmaktadır. Tesis türü kaolinler, cam elyafı, kimya sanayi, ilaç sanayi gibi sektörlerde kullanılmaktadır. Ancak kullanım oranlarının düşüklüğüne rağmen mali portresi yüksek tüketimlerdir. Ayrıca fiberglass (cam elyafı) üretiminin giderek arttığı gözlenmiştir. Bu oran ABD kaolin üretiminin % 5'ine ulaşmaktadır (450 000 ton/yıl).

**Tablo 14. Kaolinlerin Kullanım Alanları**

<b>KULLANIM ALANI</b>	<b>BAŞLICA ÖZELLİKLERİ</b>
Kağıt Sanayi	% 90-100 saf kaolinit minerali aranırken kuvars minerali içermemelidir. Ayrıca parlaklık en az % 85, tane boyutu % 80 < 2µm ve Brookfield viskozitesi < 7.000 cps olmalıdır [ 5 ].
Seramik Sanayi	Genellikle % 75-80 kaolinit minerali içeren kaolinler tercih edilir. Pişme rengi, viskozitesi, sürtünmeye dayanıklılığı, Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ve TiO <sub>2</sub> oranlarının çok düşük olması ve % 83-91 oranında parlaklık istenir.
Boya Sanayi	Su bazlı iç ve dış cephe boyalarında veya yağ esaslı, özellikle sanayi boyalarında titanyum oksit (anorganik pigment ) , öğütülmüş kalsit tozu ve talk ile birlikte kaolin kullanılır. Su bazlı iç cephe plastik ve latex kalsine edilmiş ve lamine olmayan ( delaminated ) mineral yapısına sahip kaolinler kullanılır. Bu gruptaki boyalar % 50 ila % 70 arasında pigment içerir. Yarı parlak ve parlak su bazlı boyalarda kullanılan kaolinin % 98' i 2 µm' dan daha büyüktür. Latex boyalarda pigmentler, bağlayıcı reçinelerle beraber, daha iyi örtücülük sağlayan ve binder' in kırılma indisine yakın kırılma indisi değeriyle (>1.50 ) kaolin kullanılır.
Plastik Sanayi	Güçlendirici ve maliyet düşürücü ve katkı malzemesi olarak özellikle viny' lerde ve polyesterlerde sık kullanılır. Kaolinin en önemli kullanım alanı; (PVC) kaplanmış teller ve kablolardır. Kalsine kaolin ve silika yüzey modifiye edilmiş kaolinler PVC' lerin elektrik direncini arttırmak için kullanılır, çünkü onlar hidrofobik özelliğe sahiptir.
Mürekkep Yapımı	Litografik, ofset ve flexografik baskı tekniklerinde ince film içeren yüksek yoğunluktaki mürekkeplerde kaolin kullanılır. Mürekkep filmi 5 ile 15 µm arasında değişir ve parlaklığı korumak için ince taneli kaolin ( 0.2-0.5 µm ) renklendirici pigment ile beraber kullanılır.
Lastik Sanayi	Maliyet düşürücü katkı malzemesi ve güçlendirici olarak en çok kullanılan sert kaolinin tane boyutu ortalama 0.2 µm' dan küçük ve yumuşak kaolinlerin ortalama tane boyutu 1.0 µm' dan küçüktür. Lastik sanayinde istenilen kaolinin sudaki pH'ı 4.5 -5.5 arasında ayrıca, Fe ,Mn ve Cu gibi elementlerin çok düşük sınırlar içinde olması istenir.
Cam Elyaf Yapımı	Isı izolasyonu ve plastiklerin güçlendirilmesinde kullanılır. Cam elyafın ana hammaddesi silis, kaolin ve kireç taşı ile birlikte borik asit, soda ve sodyum sülfattır. Alüminyum camlarda erime ısısını düşürür, kristalize olmasını önler ve suda diğer kimyasallarda çözünürlüğü azaltır. Cam elyaf üretimi için istenilen kaolinde % 37 Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> % 44 SiO <sub>2</sub> en fazla % 1 Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> % 2 Na <sub>2</sub> O ve % 1 H <sub>2</sub> O olmalıdır.
Diğer Alanlar	<b>İzolasyon</b> : Kaolin latex sodyum silikatlı duvar kağıdı yapıştırıcılarda, alçı panellerde, su bazlı yapıştırıcılarda ve epoxy bazlı yapıştırıcılarda daha iyi viskozite elde etmek, kolay uygulanması ve kolay yayılabilmesi için kullanılır. <b>Kataliz</b> : Özellikle petrol rafinerilerinde petrol ürünlerinin katalitik dönüşümlerinde kataliz olarak kullanılır. Pek çok katalizler yüksek ısı ve basınç altında çalışırlar. Bu nedenle kaolinler yüksek ısı şartlarına uygundur. Katalitik Konverterlerin ( Kordiyorit ) imalatında (1) talk veya sepiyolit ve kaolin karışımı (2) kullanılır. <b>İlaç</b> : Bazı ilaçlarda adsorpsiyon özelliğinden dolayı kaolin kullanılır. Kalsine edilmiş kaolin (% 90' ı 2µm altı ) diş macunlarında kullanılır. Ayrıca otomobil ve metal parlaticılarında, oksitlenmiş yüzeyleri temizlenmesinde kaolin kullanılır. Bu sektörde kullanılan kaolinlerde en fazla 2 ppm arsenik ve en fazla 20 ppm ağır metallerin bulunması istenir.

Tablo literatürden derlenen veriler ışığında hazırlanmıştır. Tablo 14'te dünya kaolin tüketiminin Avrupa ve Amerika pazarlarındaki tüketim alanları gösterilmektedir.

## 8. ÜRETİM YÖNTEMİ VE TEKNOLOJİ

Diğer büyük yataklarda, genellikle açık işletme yolu ile üretim yapılmaktadır. Kağıt ve seramik kalitesindeki kaolinler, süzme tesislerinden geçirildikten sonra boyutlarına göre ayrılmaktadır. Bunlar genelde sulu değirmenlerde öğütme ve silis ayırma işlemi sağlandıktan sonra, çöktürme tankları ve hidrosilikonlardan geçirilmektedir. Manyetik seperatör ve havalı püskürtücü ile beyazlığı artırma işlemleri daha ziyade kağıt sanayi için yapılmaktadır. İngiltere Cornwall yatakları, hidrolik yöntem olan tazyikli su ile üretilmekte, koparılan parçalar doğrudan süzme tesislerine taşınmaktadır.

## 9. TÜRKİYE KAOLİN ÜRETİMİ

Türkiye’de yılda yaklaşık 750.000 ile 1 milyon ton arasında üretim yapılmaktadır. Bu üretimin ortalama 500.000 tonu yurt içinde tüketilmektedir. Kalanı, yani 250.000 tonu ham olarak ihraç edilmektedir. Ayrıca, yılda 200.000-400 000 ton yıkanmış, süzölmüş kaolin ithalatı gerçekleştirilmektedir.

Türkiye kaolin yatakları, genellikle hidrotermal kökenli kaolin yataklarıdır. Yani ABD'deki Georgia kaolin yatağı gibi bir yatak Türkiye’de mevcut değildir.

Türkiye’de üretilen kaolinlerin % 60’i çimento sektöründe, % 30’si seramik,%10’u cam, kağıt ve diğer sektörlerde tüketilmektedir. Bu durum dünya tüketiminin tersidir. Bu da Türkiye’de üretilen kaolinlerin ham olarak tüketildiğini göstermektedir. Giriş bölümlerinde bahsedildiği üzere, Avrupa ve Amerika’da üretilen kaolinlerin % 80’i kağıt sektöründe tüketilmektedir. Avrupa ve Amerika’da kağıt ve kaolin endüstrisi çok gelişmiş olup, ham olarak üretilen kaolinlerin % 75’i kağıt ve ince seramik endüstrisinde işlenerek- zenginleştirilerek kullanılmaktadır.

**Tablo 15. Türkiye Kaolinlerinin Tüketim Alanları Tablosu**

Çimento Sektörü	% 60
Seramik ve Cam Sektörü	% 30
Dolgu-Lastik-Boya v.s.	% 10

### 9-1. Türkiye kaolin yatakları

Kaolin kökensel olarak hidrotermal, kalıntı ve sedimenter yataklar halinde oluşmakta ve zenginleştirilerek özellikle 3 temel alan olan kağıt, seramik, ve diğer alanlarda(çimento-lastik-boya) kullanılmaktadır. Kaolinit minerali yanında diğer kil mineralleri olan illit, smektit gurubu killer kil dışı mineraller olan kuvars, feldispat ve organik maddelerce zengin sedimenter killer “ball kili” olarak değerlendirilmektedir. Kaolin ve kil ayrımını bulunduğu yatakların kökenine göre ayırmak hatalıdır. Monominerali saf kaolin olarak zenginleştirilerek kullanılan kaolinler kökenine bakılmaksızın “kaolin” olarak değerlendirilmektedir. Georgia kaolinleri ball killeri gibi sedimenter yataklarda oluşmuş yüksek, ayrıca arkozik kumların bozunması ile düşük kaolin içerikli sedimenter yataklar da vardır. Türkiye’deki kaolin yataklarının çoğunluğu hidrotermal-kalıntı yani primer yataklardır. Balıkesir-Sındırgı,

volkano sedimenter bir yatak olup, daha sonra hidrotermal alterasyona uğramıştır. DPT ve MTA Genel Müdürlüğü tarafından yapılan çalışmalara göre, Türkiye kaolin rezervi 100 milyon ton civarında belirtilmektedir. Ancak işletmeye elverişli rakamlar bu kadar değildir. 89 ruhsat sahasında 2004 tarihi itibari ile işletilebilir rezerv 35 milyon ton dur. Bu da küçümsenmeyecek bir rakamdır. Rezerv içerisinde en büyük bölge, Balıkesir-Sındırgı-Düvertepe bölgesi olup, bu bölge içerisinde en büyük rezervlere Söğüt Madencilik A.Ş. sahiptir. Türkiye kaolin yatakları, genellikle hidrotermal kökenli kaolin yataklarıdır. Yani ABD'deki Georgia kaolin yatağı gibi bir yatak Türkiye'de mevcut değildir.

Gelişmiş ülkelerde üretilen kaolinlerin % 75'i kağıt sektöründe tüketildiği gözönünde bulundurulursa, Türkiye kağıt sanayiinin tam gelişmediği ve Türkiye'de kağıt sanayiine hitap edebilen (özellikle kaplama) kaolinlerin üretilmediği ortaya çıkmaktadır. Türkiye'deki mevcut tesislerden ancak kağıt dolgu kaolinleri elde edilebilmekte olup, kaplama kaolinleri ithal edilmektedir. Kaolin cevherleşmesi içinde % miktarlarına göre olan safsızlıklar, SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, TiO<sub>2</sub>, CaO, MgO, K<sub>2</sub>O, Na<sub>2</sub>O ve A.Z. (Ateş zaiyatı) olup, bileşim analizinde bu oranların toplamı % 10'dur. İçindeki bu bileşenlerin çokluğu veya azlığı, bu minerallerin şekli, bulunuş biçimi (bağımlı-serbest) gibi özellikleri sınıflamasında rol oynamaktadır.

**Tablo 16. Türkiye Kaolin Yatakları, Tenör, Kullanım Alanları Ve Rezervleri**

Bulunduğu Yerler	% Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Kullanım Alanı	Rezerv (Gör+Muh) (Ton)
Balıkesir-Sındırgı	13-33	İnce seramik,karo, refrakter,kağıt	70.000.000
Balıkesir-Ayvalık	15-32	Seramik ve karo fayans	1.000.000
Balıkesir-İvrindi	20-31	İnce ser. ve karo fay.	970.000
Balıkesir-Gönen	23-28	Seramik	150.000
Çanakkale-Çan	17-35	Seramik ve refrakter	5.000.000
Bursa-Kemalpaşa	20-24	Kağıt	1.000.000
İstanbul-Arnavutköy	15-35	Refrakter	800.000
			78.920.000
Eskişehir-Mihalıççık	20-33	Seramik ve karo fayans	3.330.380
Bilecik-Söğüt	15-23	Seramik	1.000.000
Kütahya-Gevrekseydi	20-24	Kağıt	724.924
Kütahya-Altıntaş	20-31	Ser.,karo,fayans,kağıt	1.206.000
Kütahya-Emet	20-30	Seramik,karo,fayans	1.070.286
Kütahya-Simav	20-24	Seramik,karo,fayans	370.000
Uşak-Karaçayır	11-21	Seramik,karo,fayans	800.000
			8.501.590
Kayseri-Felahiye	23-34	Seramik ve refrakter	450.000
Konya-Sağlık	15-30	Karo fayans ve seramik	607.000
Nevşehir-Avanos	18-33	Ser.,elektro pors.,karo	1.277.000
Niğde-Aksaray	15-32	Karo, fayans ve kağıt	1.500.000
			3.834.000
Trabzon-Araklı,Arsin	14-23	Karo, fayans	200.000
Rize-Ardeşen,Fındıklı	14-23	Karo, fayans	275.000
Giresun-Bulancak	12-24	Karo, fayans	7.785.000
Ordu-Ulubey	17-23	Kağıt	730.000
			8.990.000
Afyon-sincanlı*	17-23		360.000
<b>GENEL TOPLAM</b>			<b>100.605.590</b>

Kaynak: VIII. Beş Yıllık Kalkınma Planı, DPT, 2001.

\*: 2007 Yılında MTA tarafından çalışılıp ihale edilmek üzere devredilen saha eklenmiştir.

## 9-2. Üretim ve tüketim miktar ve değerleri

Türkiye'de kaolin üretimi son yıllarda çimento sektörünün talebi üzerine önemli oranda artmıştır. Üretim bakımından, büyük miktar teşkil eden Kalemaden'in büyük üretimi, Çan bölgesindeki alkali kaolin ocağından gerçekleştirilmekte ve çok az miktarda halloysiti de kapsamaktadır. Üretimin büyük bir bölümü yine çimento sektörünün ihtiyacına yönelik olarak ihraç edilmektedir. Türkiye'de kaolin üreten önemli kuruluşlar ve üretim miktarları tablo halinde verilmiş olup, bu üretimlerden Hisarsan, Kadoksan ve bazı seramik şirketleri, süzölmüş kaolin üretmektedir. Üretim tablosunda, tüvenan ve kırılmış kaolin miktarları birlikte verilmiştir. 2003-2009 yılları arası şirketlerin yapmış oldukları yaklaşık kaolin üretim miktarları aşağıdadır:

**Tablo 17. Türkiye Kaolin Üretimi**

2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
581.479	734.473	908.862	1.064.107	914.117	792.044	727.649

Kaynak: MİGEM

Geçmiş plan döneminde insan gücüyle yapılan üretimler, talebin artması sonucu iş makineleri ile yapılmaktadır. Sert kaolin ocaklarında patlayıcı kullanılmaktadır. Sektörün ihtiyacına göre özellikle  $Fe_2O_3$  elle seçilmektedir. Ocaklarda 5-10 cm kırıcılar bulunmakta olup, yurtiçi ve ihracat 5-10 cm boyutlarında yapılmaktadır. Seramik sektörünün ihtiyacı olan masse kaolinleri, tüvenan veya 5-10 cm boyutlarında tüketilmektedir. Seramik fabrikalarının bazılarında, kaolin yıkama-süzme tesisi bulunmakta olup, bu tesislerden elde edilen süzölmüş kaolinler ancak kendi ihtiyaçlarını karşılamaktadır. Türkiye seramik ve kağıt sanayiinin istediği kalitede piyasaya kaolin sürebilen; Hisarsan ve Kadoksan firmaları, piyasanın istediği türde kaolinleri tesislerinde tam hazırlayamamakta veya tüvenan olarak istenilen kaolinleri bulamadığından dolayı kağıt ve seramik sektöründe ithalat yapılmaktadır. Frit ve sır imalatında uygun kaolinler ile kağıt sanayiinin özellikle kuşe kağıtta kullandığı kaolinler, mevcut teknoloji ile elde edilemediği için ithalat yapılmaktadır. Türkiye'de mevcut tesislerde elde edilen süzölmüş kaolinler kağıt sanayiinde kullanılan dolgu maddesi vasfında Türkiye'deki bu tesislerden elde edilen kaolinler dolguda kullanılmaktadır. Türkiye'de bu tür tesisler konusunda büyük bir boşluk olup, kağıt ve seramik sektöründe yıkanmış kaolin ihtiyacına yönelik yeni tesislerin kurulması beklenmektedir.

## 9-3. Türkiye kaolinlerinin özellikleri

Türkiye'de tüketilen sektörler açısından kullanılan kaolinlerin kimyasal, fiziksel özelliklerine göre, ürün standartları tablo halinde hazırlanmış olup, dünyadaki ürün standartları ve tüketilen kaolinler arasında ürün standartları bakımından büyük bir fark yoktur. Fabrikalar üretim reçetelerine göre değişik  $Al_2O_3$ ,  $Fe_2O_3$ ,  $SO_3$ ,  $TiO_2$  li hammadde kullanırlar. Bu kriterlere ve reçetelere göre, kullanım oranları da farklıdır. Ancak fabrikaların kullanıldığı diğer hammaddelerin fiziksel özellikleri kimyasal özelliklerinden daha büyük bir önem kazanmaktadır.

Kağıt endüstrisinde kaplama ve dolgu, seramik, boya, lastik ve diğer kullanım alanlarında beyazlık-parlaklık, aşındırma, tane boyu, dağılımı ve şekli gibi fiziksel özellikleri önemli olmaktadır. Sayılan fiziksel özellikler kaolinlerin oluşum koşulları mineralojik özellikleri ve kimyasal bileşimleri gibi temel özellikleri ile bağlantılıdır. Örneğin Fe içeriği beyazlık-

parlaklık ve kristallik derecesi yani Hinckley indisi ile bağlantılıdır Sektörlere göre ürün standartlarına örnek tablolar aşağıda verilmiştir.

**Tablo 18. Türkiye Kaolin Ürün Standartları**

	Fayans	Elektro Porselen	Porselen	Frit Kaolini	Kağıt		Çimento	
					Dolgu	Kaplama	1	2
SiO <sub>2</sub> (%)	55-80	55-60	58-65	58-78	44-46	50-60	78-80	57-60-
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	13-25	28-30	24-32	15-28	30-35	30-35	min 30	28
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	max 1.0	Max 0.6	max 0.6	Max 0.4	Max 0.4	max 0.4	max 0.4	max 1.5
TiO <sub>2</sub>	max 0.5	Max 0.5	max 0.5	-	Max 0.4	max 0.4	Max 0.5	Max 0.5
CaO	max 1.0	-	0.2	-	0.2	0.1	Max 1	Max 1
MgO	max 1.0	-	Max 0.5	-	0.2	0.1	Max 1	Max 1
Na <sub>2</sub> O	max 1.0	Max 0.10	0.1-0.3	-	-	max 1.0	Max 1	Max 1
K <sub>2</sub> O	max 1.0	Max 0.10	1-1.5	-	-	max 2.0	Max 1	Max 1
SO <sub>3</sub>	max 0.5	Max 0.3	eser	Max 0.2	1-5.0	1-5.0	Max 1	Max 1
A.Kayı.	5-10	7-9	11-13	5-12	10-14	10-14	5-7	9-11
2 mikron (%)					30-35	min:85.0	-5 cm	-5 cm
5 mikron (%)					35-45	0.3	-10 cm	-10 cm
Serbest silis	-	-	-	-	Max % 8	max %0.4	A.Z..	A.Z.
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	-	-	-	-	-	-	max 90 ppm	max 80 ppm
Aşındırma	-	-	-	-	max 30 mg	Max 5 mg	-	-
Beyazlık (%)		min 85.0	min 89.0	min 89.0	min 80.0	min 85.0	-	-
Viskozite	-	-	-	-	68-70	68-70	-	-
Cins	Ham kaolin	Ham ve Tesis	ham ve tesis	Ham ve Tesis	tesis	tesis	ham	ham

**TABLO 19. Kaolinlerin Fiziksel Ve Kimyasal Özellikleri**

ÖZELLİKLER	1.SINIF	2.SINIF	3.SINIF
İNCELİK, 45 µm elek üzerinde kalan kısım, ağırlıkça, % En çok	1	2	-
Ateş Zayılatı, %	En az 12.0	En az 10.5	En az 8 En fazla 15
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , % En az	36.0	30.0	24
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , % En çok	1.0	1.5	2.0
TiO <sub>2</sub> , % En çok	0.7	1.5	2.0
(Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> +TiO <sub>2</sub> ), % En çok	1.5	2.5	3.0
SO <sub>3</sub> , % En Çok	0.5	1.0	2.0
Şekillendirme Suyu, % En az	22	22	20
Kuruma Küçülmesi, % En fazla	8	8	aranmaz
Pişme Küçülmesi, 1350 °C' da % En fazla	18	18	aranmaz

TS 5396/Aralık 1987 tarihli Seramik Sanayiinde Kullanılan Kaolin Standartlarından alınmıştır.



#### 9-4. Üretim yapan önemli kuruluşlar ve kapasiteleri

Aşağıdaki tabloda Türkiye'de kaolin üreten önemli kuruluşlar verilmiştir.

**Tablo 20. Önde Gelen Kaolin Üreticileri (2009)**

1	KALEMADEN ENDÜSTRİYEL HAMMADDELER SAN. VE TİC A.Ş.	146.613
2	KOÇMAD MAD. NAK. İNŞ. SAN. VE TİC. LTD. ŞTİ.	76.141
3	METİN CANBULAT	58.000
4	TANIŞLAR YAPI MALZ. İNŞ. PET. MAD. ÜRN. SAN. VE TİC. A.Ş	54.181
5	ÖZMAD MAD. NAK. OTOMOTİV SAN. VE TİC. LTD.ŞTİ.	40.101
6	TOPRAK MADEN. TİC.VE SAN. A.Ş.	37.250
7	CAM-SER MADENCİLİK A. Ş.	37.063
8	ÖZ UTELKA MAD. NAK. SAN. VE TİC. LTD. ŞTİ.	32.716
9	ÇİMSA ÇİM. SAN. VE TİC. A.Ş.	24.123
10	ŞENSÖZ MAD.TİC.VE SAN.LTD.ŞTİ.	22.124
11	ÇANAKCILAR MAD. SAN. VE TİC. A.Ş.	21.050
12	ORHAN ARKUN	20.536
	DİĞER ÜRETİCİ TOPLAMI	157.751
	TOPLAM	727.649

Kaynak: MİGEM (2011)

**Tablo 21. Türkiye Kaolinlerinin Kimyasal Analizleri**

BÖLGE	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	CaO	MgO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	SO <sub>3</sub>	A.Z.
Balıkesir/Şapçı	20-25	0,20-1,10	max. 0,50	0,20	0,10	0,20	0,25	0,50-2,50	8-12
Balıkesir/Düvertepe	13-28	0,50-1,00	max. 1,50	0,20	0,60	0,20	0,35	0,50-2,50	8-11
Bursa/Kemalpaşa	22-33	0,40-1,00	max. 0,65	0,30	0,10	0,15	0,30	1-4,5	8-13
Sivas/Zara	18-32	0,20-0,70	0,80	0,30	0,15	0,10	0,20	0,50	8-13
Niğde/Aksaray	20-30	0,80	0,60	0,30	0,20	0,10	0,20	3-5	10-12
Çanakkale/Çan/Tepeköy	10-15	0,60	0,60	0,10	0,10	1,00	1,50	0,20	5-7
Çanakkale/Kırıklar (Halloysit)	28-35	0,80	0,50	0,20	0,20	0,30	0,50	0,80	10-13
Çanakkale/Kırıklar (Kaolen)	16-28	0,50-1,00	0,60	0,10	0,20	0,30	0,50	0,8-2,5	7-11
Uşak	10-13	0,50	0,60	0,50	0,30	0,20	0,70	0,10	5-7
Bilecik/Yeşilköy	10-15	0,60	0,50	0,50	0,10	0,30	0,75	0,20	5-7
Eskişehir/Mihallıçcık	20-33	0,90-1,50	0,70	0,50	0,20	0,30	0,60	0,10	10-13
Bolu/Yeniçağa	15-35	0,50-1,10	0,60	1,50	0,30	0,20	0,30	0,10	10-13
Balıkesir/Sındırgı	20-30	min. 0,75	0,60	0,60	0,30	0,20	0,20	1,00	9-11
Kütahya	15-30	max. 2,00	0,75	0,50	0,30	0,20	0,20	1-5	8-13

#### 9-5. Türkiye kaolin ticareti, ithalat ve ihracat

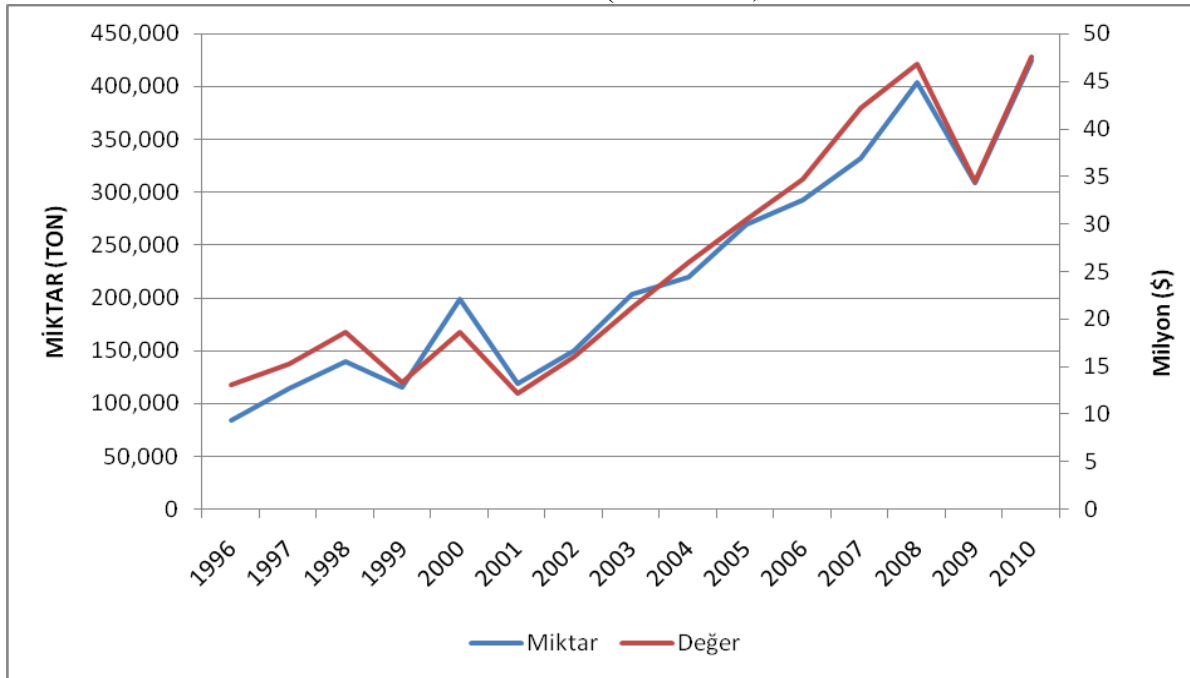
Yurdumuzda 2000 yılından itibaren kaolin ihracatı yıllık olarak 180.000 ton-220.000 ton arasında ( genel ortalama 200.000 ton ) olmuştur. Tüketim alanları bölümünde bahsedildiği gibi, Türkiye'de tüketilen kaolinlerin % 60'ı çimento sektöründe tüketilmektedir. Çimento ve kağıt sektöründe de önemli oranda kaolin tüketildiği bilinmektedir. Ancak söz konusu sektörlerin tüketim miktarları tahmini olarak yazılmıştır. Son 5 yıldır kaolin dış ticaretinde ithalat hızla artarken ihracat ise düşüş göstermektedir.

Kaolin üretimlerinde, kalitelere göre maliyetler birbiriyle mukayese edilmeyecek kadar farklıdır. Bunun için selektif madencilik önem kazanmaktadır. Kağıt için beyazlık ve düşük  $Fe_2O_3$ 'lü üretimde işçilik ön plana çıkmakta, üretim miktarı azalmakta ve maliyet artmaktadır. Aynı şekilde seramik ve çimento sektörü için düşük  $Fe_2O_3$  ve düşük  $SO_3$  oranlarının elle ayıklanmasından dolayı maliyet artmaktadır. Bu giderler, maliyet ve üretim giderlerinde taşaronluk giderlerine de dahil edilebilmektedir. Genel bir tablo yapılacak olursa, en büyük gider işçilikten (taşaronluk) gelmektedir.

Kaolinde kalite belirlenmesinde en önemli kriter olan  $Al_2O_3$  oranının yüksek olması da, kaliteyi belirleyen diğer unsurlarla birleştiğinde üretim yapılan sektörün isteğine göre birim üretim giderlerinde belirli oranlarda değişimler olmaktadır. Türkiye'de kaolin üreten firmaların yapmış oldukları üretimlerinin ocakbaşı satış fiyatları çok farklıdır. Satış fiyatlarında  $Al_2O_3$  oranı, fiyatı belirleyen en önemli unsurdur. Bu oranın yanında düşük  $Fe_2O_3$  ve düşük  $SO_3$  oranı çok önemlidir. Kağıt sektörü için en büyük kriter beyazlık olup, süzulebilen özelliğine göre ocakbaşı satış fiyatı çok farklıdır. Şirketlerden alınan bilgilerin yıllara göre dağılımı verilirken, farklı fiyatlar çelişki gösterebilecektir. Satış fiyatlarındaki bahsedilen kriterler, fiyatları belirlemektedir.

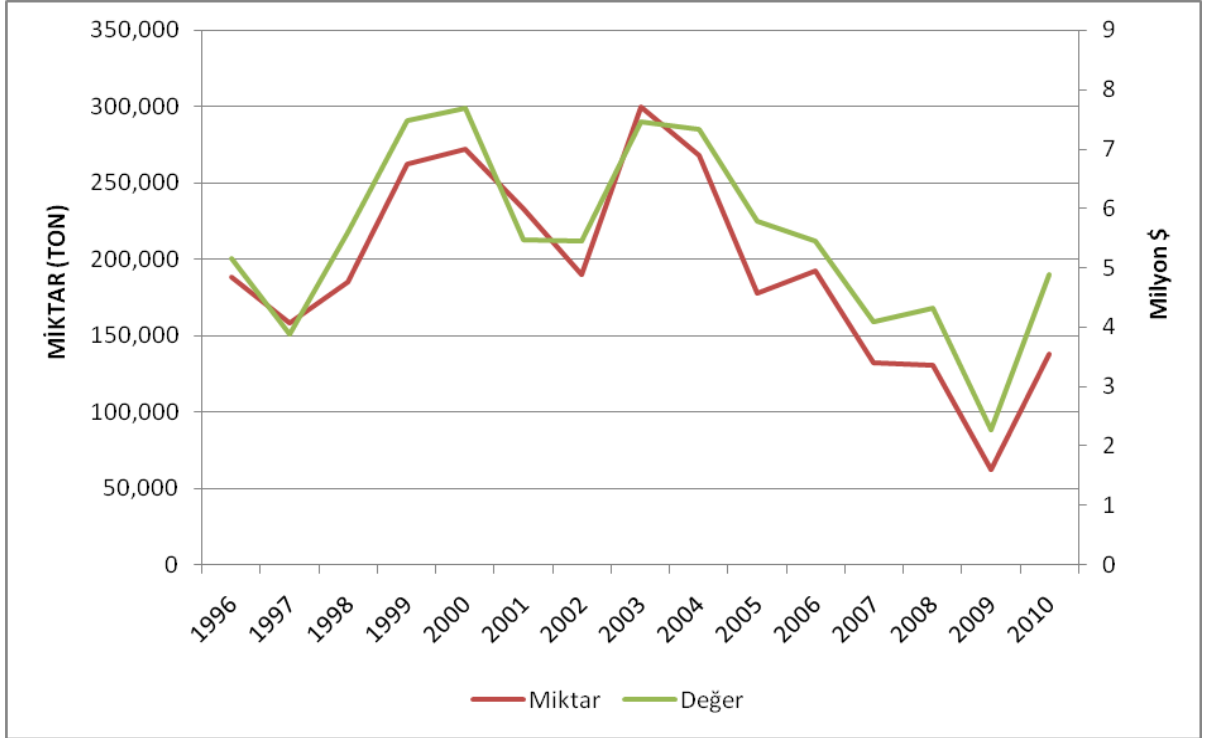
**İthalat:** Seramik sektörünün sır ve frit nitelikli kaolin ithalatı mevcuttur. Bu da yukarıdaki bölümlerde bahsedilen seramik kalitesinde sırlık kaolin elde edilmemesinden kaynaklanmaktadır. Ayrıca kaolin ithalatında en büyük sırayı kağıt sanayii oluşturmaktadır. Kuşe kağıt kalitesinde, süzölmüş, beyazlığı yüksek ve -2 mikron boyutunda kaolin Türkiye'de kaliteli olarak tesislerde üretilmemektedir. Kalemaden'in Çan'da kurduğu kaolin yıkama tesisleri gibi bu tesisleri çoğaltırsak ithalatı azaltacağı tahmin etmek kolaydır. Bu tip tesislerin kurulması ve bu tesislerde kullanılacak kaolinlerin özelliklerinin çok iyi belirlenmesi sonucu, bu problemin azaltılması Türkiye kaolin ithalatı için çok önemlidir. Türkiye'de seramik sektöründe faaliyet gösteren seramik şirketleri ile emaye sanayiindeki şirketlerin ve en önemlisi de kağıt sanayiinin kaolin ihtiyacını karşılayan ithalat miktarları hakkında aşağıdaki rakamlar elde edilmiştir.

İTHALAT (1996-2010)



**İhracat :** Dünya kaolin ihracatında, birinci sırayı işlenmiş kağıt kaolini oluştururken, Türkiye kaolin ihracatında birinci sırayı ham kaolin oluşturmaktadır. İhraç edilen kaolinlerin % 95'i çimento sektörüne hitap etmektedir. % 5'i de seramik ve diğer sektörlerde kullanılmaktadır. Türkiye'den ihraç edilen kaolinler, kırılmış, ham kaolin olduğu için katma değeri düşüktür. İthalatta işlenmiş kaolin alındığı için katma değeri çok yüksektir. Bu da Türkiye'de mevcut kaolin süzme tesislerinde piyasanın istediğinin (özellikle kağıt sanayi) elde edilmemesinden kaynaklanmaktadır. % 85 beyazlığın üstüne çıkılamaması, serbest silis oranının istenilen seviyelere indirilememesi sonucunda, aşındırma yüksek ve -2 mikrona inen parça boyu % 80'den azdır. Fiyatların belirlenmesinde kalite çok önemlidir.

### İHRACAT (1996-2010)



**Tablo 22. YILLAR İTİBARIYLA DIŞ TİCARET (1996-2010)**

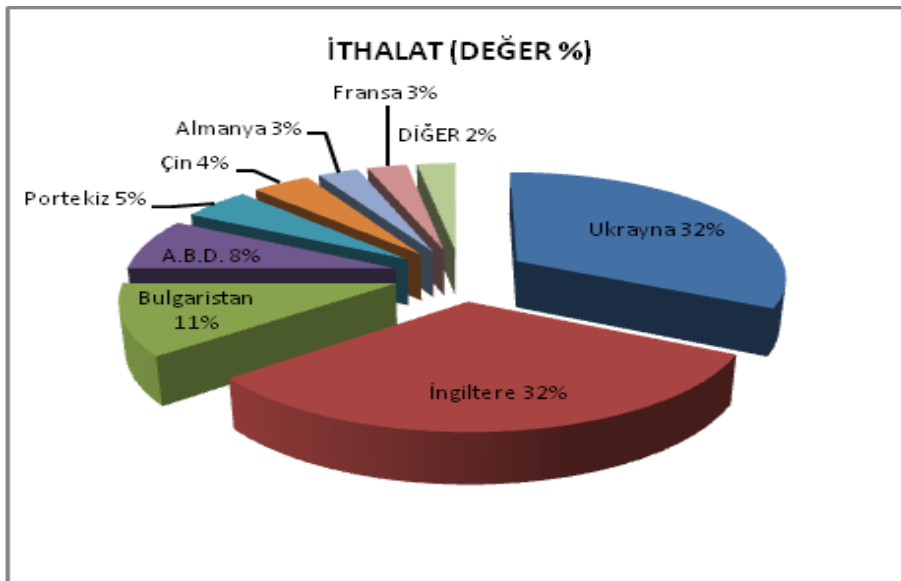
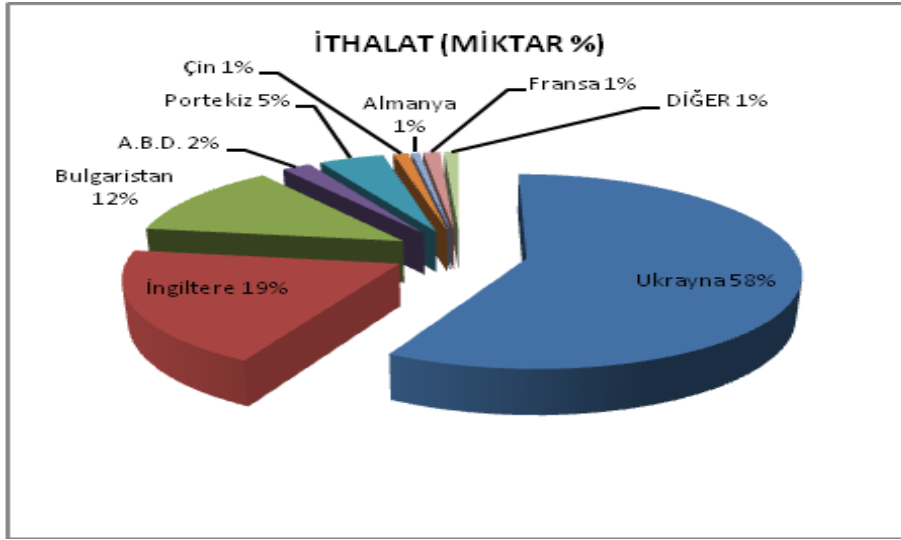
YILLAR	İTHALAT		İHRACAT	
	Miktar (ton)	Değer (\$)	Miktar (ton)	Değer (\$)
1996	83.690	13.089.511	188.666	5.149.684
1997	113.432	15.345.911	158.642	3.877.843
1998	139.326	18.652.668	185.431	5.591.743
1999	114.965	13.429.504	262.211	7.464.363
2000	198.837	18.701.697	272.128	7.677.266
2001	118.910	12.234.251	233.359	5.462.217
2002	149.559	16.125.643	190.404	5.436.171
2003	202.480	21.217.359	299.843	7.445.880
2004	218.838	25.981.048	267.817	7.314.828
2005	269.569	30.489.235	177.881	5.788.106
2006	292.585	34.722.179	192.298	5.449.291
2007	331.119	42.194.745	132.834	4.094.211
2008	402.794	46.818.740	131.050	4.325.236
2009	308.378	34.460.961	62.541	2.271.881
2010	424.216	47.559.434	138.068	4.878.806

Kaynak: TÜİK

## KAOLİN VE KAOLİNLİ KİLLER

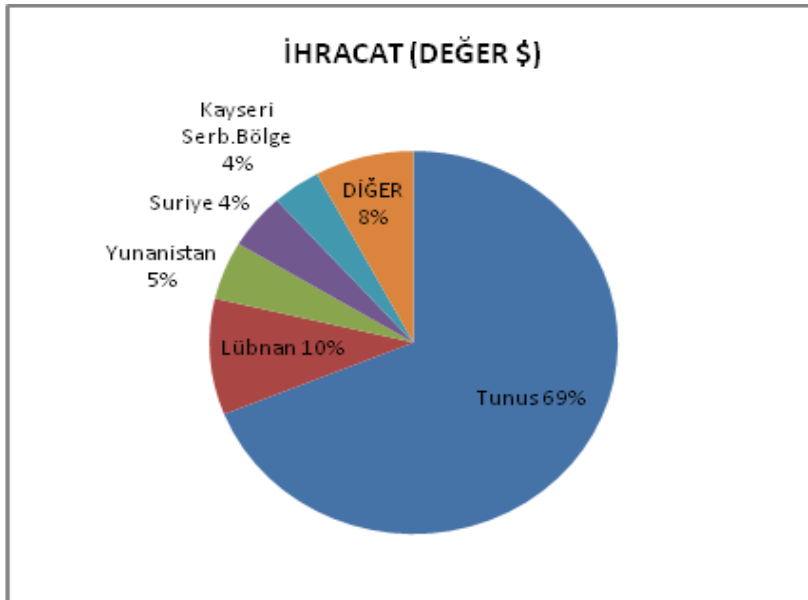
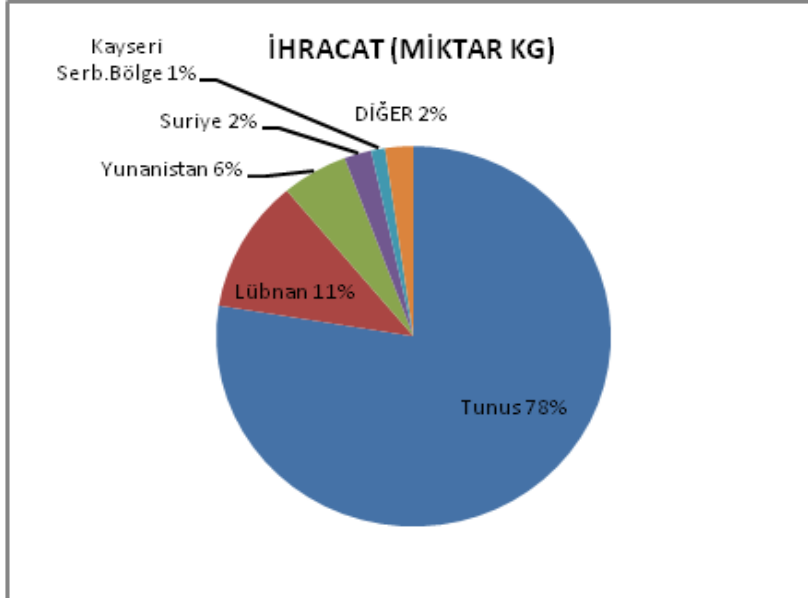
**Tablo 23. İTHALAT (2010 Ülke sıralaması)**

ÜLKELER	MİKTAR (ton)	DEĞER (\$)
Ukrayna	245.396	15.360.875
İngiltere	82.156	15.203.162
Bulgaristan	52.749	5.132.248
A.B.D.	8.460	3.701.674
Portekiz	19.216	2.283.309
Çin	4.456	1.933.877
Almanya	2.507	1.351.254
Fransa	5.036	1.316.604
DiĞER	4.239	1.276.431
TOPLAM	424.216	47.559.434



**Tablo 24. İHRACAT (2010 Ülke sıralaması)**

ÜLKE	MİKTAR (ton)	DEĞER (\$)
Tunus	107.120	3.362.811
Lübnan	15.600	475.800
Yunanistan	7.500	239.250
Suriye	3.064	228.725
Kayseri Serb.Bölge	1.577	187.530
DİĞER	3.206	384.690



## 10. ÇEVRE SORUNLARI

AB ile tarama süreci aşamasında AB çevre yasaları ile uyumlu hale getirilen ÇED süreçleri kapsamında sektörde ilgili yasalar incelenmeli ve gerekli tedbirler alınmalıdır. Avrupa'da üretim yapan kaolin ocaklarında çevre problemi yoktur. Kaolin ocaklarında işletme izni alınmadan önce, çevre faktörü dikkate alınarak, alınması gerekli önlemler konusu madenciyeye bildirildikten sonra çalışma müsaadesi verilmektedir. Ocaklar genelde açık işletme olup, büyük bir çevre sorunu yaratmamaktadır.

Çevre sorunları ile ilgili en önemli konu, kaolin yıkama ve öğütme tesisleridir. Bunlarda tesisi artışı ve toz halindeki kuvars zaman zaman problem teşkil edebilmektedir. Tesislerde toz tutma sistemleri olmadan çalışma izni verilmemektedir. Yıkama suları havuzlarda dinlendirilmekte ve genellikle kapalı devre olarak çalışılmaktadır. Dünyada kaolin üzerine çalışan ocaklar ve tesislerde çevreyi etkileyecek büyük bir problem olmayıp, çevreyi etkileyecek konulardaki problemler için gerekli önlemler alınmıştır.

## 11- ÖNERİLER

Türkiye kaolen tüketiminde, çimento sektörü son yıllarda ön plana çıkmıştır. Dünya ile mukayese edildiğinde, dünya kaolin tüketiminde ağırlık kağıtdadır. Dünyada üretilen kaolinlerin % 80'i kağıt sanayiinde tüketilmekte olup, Türkiye'de üretilen kaolinlerin kağıt endüstrisinde kullanılacak özelliklere sahip olmaması hem zenginleştirme ve süzme işlemlerinin yetersizliğini hem de ham kaolinlerin kağıt kaplamacılığında kullanım kalitesinde olmadığını göstermektedir. Türkiye kaolen ticareti ve teknolojisi ile ilgili olarak yatırım ve çalışmalar yapılması önemlilik arz etmektedir. Kil yataklarının özellikleri ve jeolojisi açısından değerlendirilerek bir arama stratejisi oluşturulmalıdır.

Kaolen ihracatının sağlıklı olabilmesi ve gelişebilmesi için dünyadaki rezervlerin, alternatif malzemelerin, rezerv durumunun, kalitelerinin, dünya fiyatlarının bilinmesi ve bu bilgiler ışığında standartlar ve politikalar oluşturulması gerekmektedir.

Ayrıca kaliteli üretim ve rekabet edebilmek için ve yeni alternatif hammaddeler geliştirmek için kendi hammaddelerimize uygun üretim prosesleri geliştirme zorunluluğu ancak yeterli AR-GE ile sağlanabilir. Gerekli AR-GE sonucu yıkama tesislerinin ve katma değerini artıracak planların uygulamaya geçirilmesi sonucu ithalatın önüne geçilerek ham kaolin satışlarının da önüne geçilmiş olacaktır.

## KAYNAKLAR

- 1-Aras, A., “**Kil tabanlı seramik üretiminde minerolojinin önemi ve yeri**” 11 Ulusal Kil sempozyumu;
- 2-Aras, A., “ **The change of phase composition in ceramic bodies in kaolinite-and illite-rich clay-based ceramic bodies**” Applied Clay Science 24 (2004) 257-269;
- 3-Dr. İsmail SEYHAN, Kaolin, Bentonit, Kil ve Tuğla-Kiremit Toprakları Jeolojisi, mta Eğitim Serisi, No: 13;
- 4-TMMOB Jeoloji mühendisleri odası yayınları No 78 “**Seramik Semineri**” Editörler: Deniz İskender Öneç- Aydın Aras- Sıh Ali Sayın;
- 5-TMMOB Maden Mühendisleri Odası, Madencilik Bülteni, Sayı 95, Aralık 2010;
- 6-Türkiye’nin Önemli Endüstriyel Minerallerinin Hedef Pazarlara İhraç İmkanları, İGEME;
- 7-Sekizinci Beş Yıllık Kalkınma Planı, Endüstriyel hammaddeler kaolin raporu, DPT Yayın: Ankara
- 8-Türkiye İstatistik Kurumu yıllık veriler.
- 9-İstanbul Maden İhracatçılar Birliği, İnternet sayfası. [www.immib.org.tr](http://www.immib.org.tr)