

## Manyezit Esaslı Killerin Seramik Bünyelerde Kullanılabilirliğinin Araştırılması

H. G. Yersel & İ. Töre

Anadolu Üniversitesi, Seramik Mühendisliği Bölümü, Eskişehir

**ÖZET:** Bu çalışmanın amacı alternatif bir hammadde olabilecek manyezit esaslı kilinin duvar karosu bünyesinde kullanılabilirliğini araştırmaktır. Manyezit esaslı kilde majör mineraller olarak manyezit ( $MgCO_3$ ), ferrosillit ( $(Fe,Mg)SiO_3$ ), ortokrizotil  $Mg_3Si_2O_5(OH)_4$ , klinoklor, halloysit ve kuvars saptanmıştır. Manyezit esaslı kilin kimyasal analizi ise 12.75  $SiO_2$ , 2.73  $Al_2O_3$ , 1.79 CaO, 39.19 MgO, 1.43  $Fe_2O_3$ , 0.11  $Na_2O$ , 0.35  $K_2O$ , 0.15  $TiO_2$ , 41.38 K.K.(Kızdırma Kaybı). Duvar karosu bünyesinde manyezit esaslı kil kullanımıyla ham, kuru ve pişme mukavemetlerinde artış olup, su emme değerleri de TS EN 159 değerlerinde sağlanmıştır.

**ABSTRACT:** The purpose of this research is the usage of magnesite base clay in wall tile body from Eskişehir region. The major constituents of magnesite base clay were magnesite ( $MgCO_3$ ), ferrosillite ( $(Fe,Mg)SiO_3$ ), orthochrysotile  $Mg_3Si_2O_5(OH)_4$ , clinochlore, halloysite and quartz. Chemical analysis of sample was as follows, 12.75  $SiO_2$ , 2.73  $Al_2O_3$ , 1.79 CaO, 39.19 MgO, 1.43  $Fe_2O_3$ , 0.11  $Na_2O$ , 0.35  $K_2O$ , 0.15  $TiO_2$ , 41.38 I.L.(Ignition loss). Green, dry and fired bending strength were increased by using magnesite base clay in wall tile body, water absorption values were also met TS EN 159 standards.

### 1. GİRİŞ

Eskişehir bölgesi manyezit esaslı kilinin duvar karosu bünyesinde kullanım kapasitesini araştırmak amacıyla çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Dolomitik kilin duvar karosu bünyesinde kullanım fikri şekillendirme ve ham mukavemet dayanımını iyileştirmesi ve kalsiyum karbonat, magnezyum karbonat içermesidir. Bundan dolayı kullanılan mermer ve dolomit miktarları azaltılıp, yerine manyezit esaslı kil ilavesi yapılmıştır.

Manyezit esaslı kil, içerdiği kalsiyum karbonat ve yüksek miktardaki magnezyum karbonattan dolayı bir endüstriyel hammadde olarak değerlendirilmemektedir. Ancak son-zamanlarda manyezit esaslı kilin tek pişirim ile üretilen duvar karosunda kullanımı gündeme gelmiştir (1).

Bu çalışmada, manyezit esaslı kilin değerlendirilmesi ve ergiticilik özelliğinden yararlanılarak pişirim sıcaklığının düşürülmesi ve sonuçta da enerjiden tasarruf sağlanması amaçlanmıştır. Manyezit esaslı kil seramik

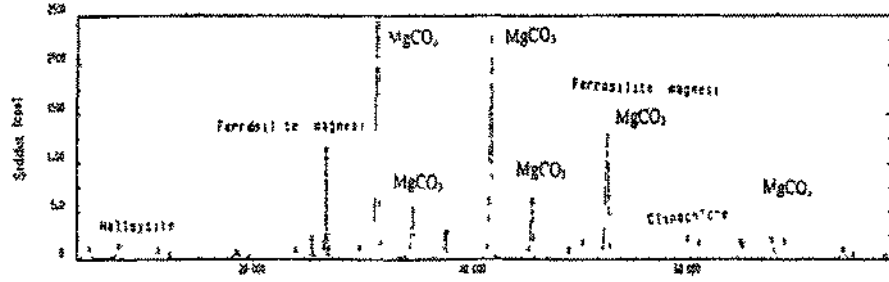
bünyelere % 2.5, 5 Ve 10 oranlarında ilave edilip, elde edilen karoların 1115 YC, 1125 YC, 1135 YC'lerde pişirimi yapılmış daha sonra da manyezit esaslı kil içeren ve içermeyen karoların fiziksel ve mekanik özelliklerinin karşılaştırmalı testleri sonucu yapılan modifikasyonun bünye üzerindeki etkileri incelenmeye çalışılmıştır.

### 2. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

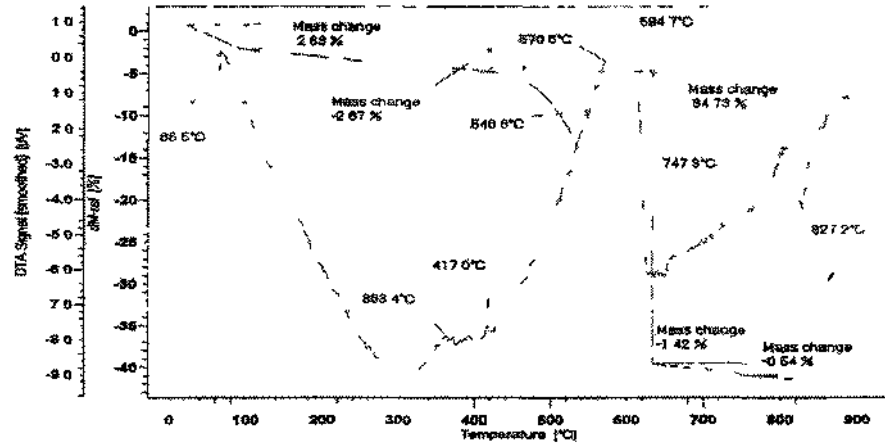
Manyezit esaslı kile yapılan X-ışını difraksiyonu sonuçlarıyla, temelde manyezit içeriğinin yanında bir miktar ferrosilite ( $(Fe,Mg)SiO_3$ ), ortokrizotil  $Mg_3Si_2O_5(OH)_4$ , klinoklor, halloysit ve kuvars belirlenmiştir. Bu kilin termo-gravimetrik ve diferansiyel termal analizi sonucunda manyezitin 610 °C'de bozunduğu görülmüştür. Dolayısıyla  $MgCO_3$  ve  $CaCO_3$ 'ün manyezit" esaslı kilden sağlanması durumunda daha düşük sıcaklıklarda bozunacakları belirlenmiştir (2, 3).

Bu çalışmada kullanılan hammaddeler, Rus kılı, kaolen, sodyum feldispat, silis kumu, mermer, dolomit ve manyezit esaslı kıl olup bu hammaddelerin kimyasal bileşimleri Çizelge 1 'de verilmiştir

Farklı hammaddede oranları kullanılarak hazırlanan bünyelerin mukavemet, su emme, porozite, yoğunluk ve pişme küçülmesi gibi çeşitli fiziksel özellikler incelenmiştir



Şekil 1 Manyezit esaslı kılın XRD difraktogramı



Şekil 2 Manyezit esaslı kile ait DTA eğrisi

Çizelge 1 Bünyelerde kullanılan hammaddelerin kimyasal analiz sonuçları (%)

Hammadde	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	TiO <sub>2</sub>	K.K.*
Rus kılı	67,20	21,10	0,60	0,52	0,90	0,38	1,80	1,08	6,40
Kaolen	52,40	32,30	0,18	0,08	1,70	0,12	0,07	0,70	12,50
Na-feldispat	69,90	18,85	0,03	0,07	0,14	10,20	0,25	0,10	0,45
Silis kumu	99,50	0,03	0,02	0,01	0,02	-	-	0,01	0,08
Mermer	-	-	54,00	...	...	-	-	-	...
Dolomit	-	...	30,41	21,07	...	-	-	...	-
Manyezit esaslı kıl	12,75	2,73	1,79	39,19	1,43	0,11	0,35	0,15	41,38

\* K.K. Kızılma kaybı

Çizelge 2. Hazırlanan reçetelerde kullanılan hammaddelerin kimyasal bileşimleri (% Ağırlık)

Hammadde	Standart Reçete	Reçete-1	Reçete- 2	Reçete- 3	Reçete- 4	Reçete- 5
Rus kili	30	30	30	30	30	30
Kaolen	15	15	15	15	15	15
Na-feldispat	30	30	30	30	30	30
Silis kumu	15	15	15	15	15	15
Mermer	5	2,5	-	5	5	-
Dolomit	5	5	5	2,5	-	-
Manyezit esaslı kil	-	2,5	5	2,5	5	10

Standart reçetede % 30 Rus kili, % 15 kaolen, % 30 Na-feldispat, % 15 silis kumu, % 5 mermer, % 5 dolomit kullanılmıştır. Daha sonra bu bileşim içersine %2,5, 5 ve 10 oranlarında manyezit esaslı kil ilave edilerek yeni bileşimler hazırlanmıştır. Katulan manyezit esaslı kil miktarına bağlı olarak mermer ve dolomitin % bileşimleri azaltılmıştır.

Çizelge 2'de belirtilen reçete karışımları bilyeli değirmene şarj edilmiş ve % 40 oranında su ilavesi yapılmıştır. Elektrolit olarak % 0,35 Na-Silikat (cam suyu) kullanılmıştır. Öğütme süresi elek bakiye değerlerinin çok küçük çıkması nedeniyle 4,5 saat olarak belirlenmiştir. Öğütme sonrası elde edilen çamur etüvde kurutulmuştur. Kekleşen kuru bileşim 1 mm tane boyutu altına kırılıp % 5-6 oranında nem içerecek şekilde nemlendirilerek granül elde edilmiştir. Nemli granüler 10x20 cm ebatlarında laboratuvar presinde 260 kg/cm<sup>2</sup> basınçla şekillendirilerek ham karolar elde edilmiş ve karolar pişirim öncesi bünyelerindeki nemin uzaklaştırılması için 24 saat süreyle etüvde kurutulmuştur.

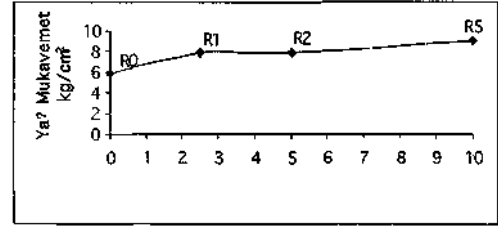
Kuru presleme esnasında kalıba doldurulan tozların bazı özelliklerine dikkat etmek gerekir. Örneğin, tozların kalıbı iyi doldurması, tane boyut dağılımının iyi ayarlanması, granül neminin gereğinden fazla olmaması gibi özellikler istenir.

Şekillendirilen ham karolar 1115 °C, 1125 °C, 1135 °C'lerde laboratuvar tipi hızlı pişirim fırınında pişirilmiştir. Pişirilen duvar karolarının su emme, yaş-kuru-pişmiş mukavemet değerleri, kuru-pişme küçülmesi, yığınsal yoğunluk, görünür yoğunluk, görünür porozite gibi fiziksel özellikler incelenmiştir.

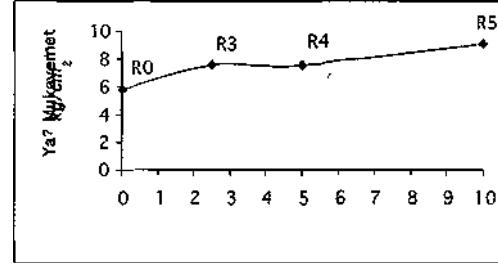
## 2.GENEL SONUÇLAR VE YORUM

Yapılan testler sonucunda pişme küçülmesi, kuru küçülme, yaş ve kuru karo mukavemeti, pişmiş karo mukavemeti, % su emme, yığınsal yoğunluk, görünür yoğunluk, % görünür porozite gibi fiziksel özellikler belirlenmiştir. Bu sonuçlar şekiller halinde gösterilmiş ve değerlendirilmiştir.

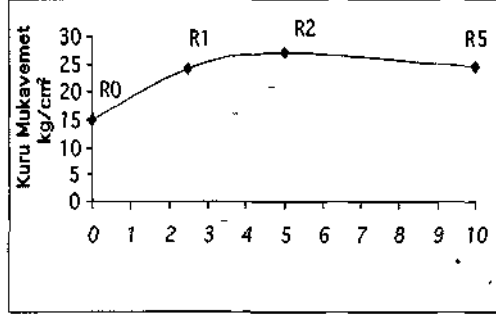
Farklı % manyezit esaslı kil bileşimine sahip karoların kuru ve 1115 °C, 1125 °C, 1135 °C'de pişirim sonrası küçülme değerleri verilmiştir.



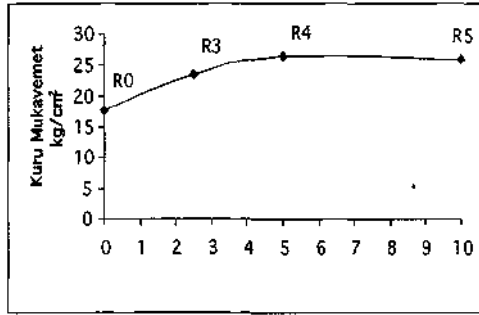
Şekil 3. Artan % manyezit esaslı kil oranına karşılık; Standart, Reçete 1, Reçete 2, Reçete 5'e ait karoların yaş mukavemet değerlerinin değişimi.



Şekil 4. Artan % manyezit esaslı kil oranına karşılık Standart, Reçete 3, Reçete 4, Reçete 5'e ait karoların yaş mukavemet değerlerinin değişimi.

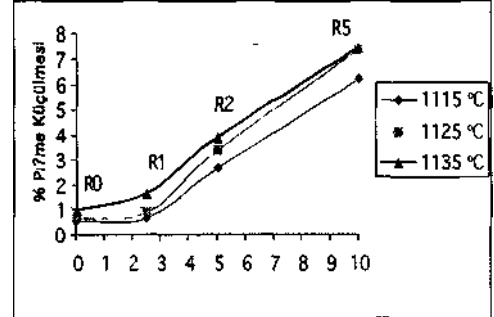


Şekil 5. Artan % manyezit esaslı kil oranına karşılık Standart, Reçete 1, Reçete 2, Reçete 5'e ait karoların kuru mukavemet değerlerinin değişimi.

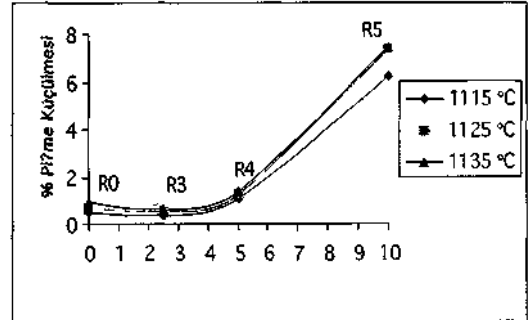


Şekil 6. Artan % manyezit esaslı kil oranına karşılık Standart, Reçete 3, Reçete 4, Reçete 5'e ait karoların kuru mukavemet değerlerinin değişimi.

Manyezit esaslı kilin, kil içeriğinden dolayı duvar karosu reçetesine girdiğinde plastiklik özelliği sayesinde yaş ve kuru mukavemeti arttırmaktadır. % 5 manyezit esaslı kil ilavesine kadar kuru mukavemet artmakta daha sonrasında ise çok fazla bir artış görülmektedir. Süreç için gerekli olan yaş ve kuru mukavemet değerleri % 2,5-5 manyezit esaslı kil oranında yeterince elde edilmektedir.

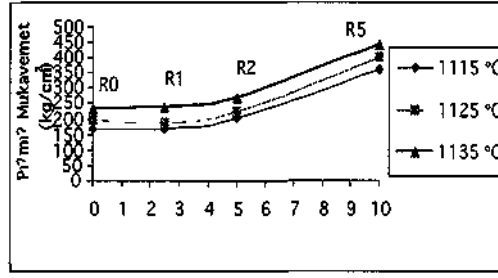


Şekil 7. 1115 °C, 1125 °C ,1135 °C'de pişirilen Standart, Reçete 1, Reçete 2, Reçete 5'e ait karoların % manyezit esaslı kil oranına karşılık % pişme küçülmesi değerlerinin değişimi.

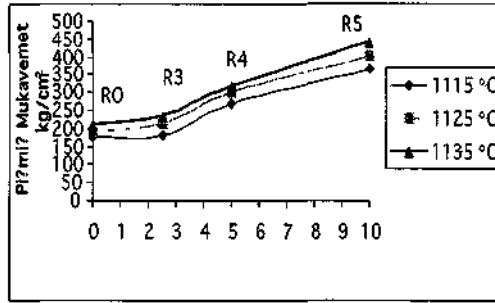


Şekil 8. 1115 °C, 1125 °C ,1135 °C'de pişirilen Standart, Reçete 3, Reçete 4, Reçete 5'e ait karoların % manyezit esaslı kil oranına karşılık % pişme küçülmesi değerlerinin değişimi.

Şekil 7 ve Şekil 8'de görüldüğü gibi manyezit esaslı kil içermeyen bünyenin 1115 °C, 1125 °C, 1135 °C'de pişirilen karolarının pişme küçülmeleri 0,531 ile 0,964 arasında değişmektedir. Artan manyezit esaslı kil miktarına ve sıcaklığa bağlı olarak pişme küçülmesi değerlerinin oldukça büyük farklarla değiştiği gözlemlenmiştir. % 10 manyezit esaslı kil ilavesi sonucunda maksimum pişme küçülmesi değeri %7,4 olarak görülmüştür. Buradan da optimum miktarın % 2,5-5 arasında olması gerektiği düşünülmektedir.



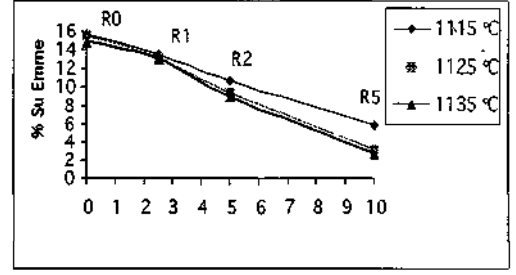
Şekil 9. % manyezit esaslı kil oranına karşılık Standart, Reçete 1, Reçete 2, Reçete 5'e ait karoların 1115 °C, 1125 °C, 1135 °C'de pişmiş mukavemet değerlerinin değişimi.



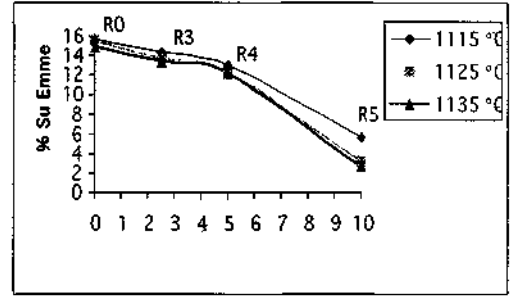
Şekil 10. % manyezit esaslı kil oranına karşılık Standart, Reçete 3, Reçete 4, Reçete 5'e ait karoların 1115 °C, 1125 °C, 1135 °C'de pişmiş mukavemet değerlerinin değişimi.

Standart reçeteye göre manyezit esaslı kil ilavesi elde edilen mukavemet değerlerinde dolomit miktarı % 5 olarak sabitlenip, mermer ve manyezit esaslı kil miktarları değiştirildiğinde % 2,5 manyezit esaslı kil oranıyla pişme mukavemetinde değişim görülmezken, manyezit esaslı kil miktarı % 5 ve 10'a çıkarıldığında mukavemette artış saptanmaktadır. % 10 manyezit esaslı kil ilavesinde oldukça mukavemetli masseler elde edilmiştir. Bunun sonucunda düşük su emmeli, yüksek mukavemetli yer karoları elde edileceği görülmüştür. Fakat pişme küçülmesinin de yüksek olduğuna dikkat edilmelidir.

Şekil 11 ve 12'de 1115 °C, 1125 °C, 1135 °C'de pişirilen karoların % manyezit esaslı kil artışına karşılık su emme değerleri gösterilmiştir.



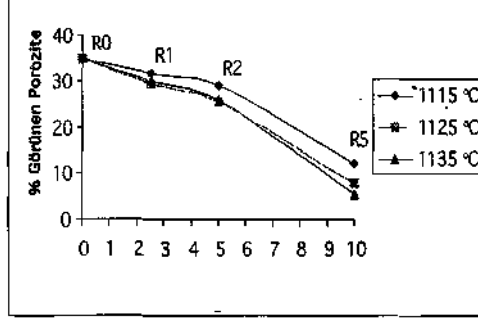
Şekil 11. % manyezit esaslı kil oranına karşılık Standart, Reçete 1, Reçete 2, Reçete 5'e ait karoların 1115 °C, 1125 °C, 1135 °C'de % su emme değerlerinin değişimi.



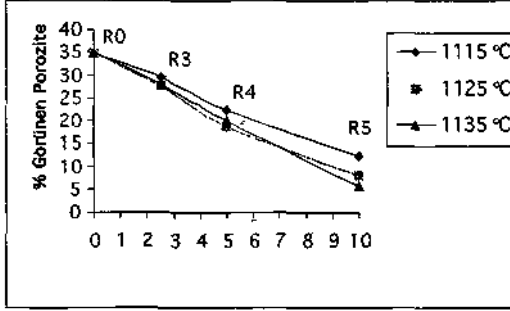
Şekil 12. % manyezit esaslı kil oranına karşılık Standart, Reçete 3, Reçete 4, Reçete 5'e ait karoların 1115 °C, 1125 °C, 1135 °C'de % su emme değerlerinin değişimi.

Artan manyezit esaslı kil miktarı ve pişirim sonucu sıcaklık ile % su emme değerinin azaldığı görülmektedir. Düşük sıcaklıklarda yetersiz sinterlemeden dolayı % su emme artmaktadır. Yüksek sıcaklıklarda ise bünyedeki camı fazın artması nedeniyle su emme değerlerinde bir düşüş görülmüştür. Pişme küçülmeleri karşılaştırıldığında daha çok sinterlendiği ve dolayısıyla gözenek miktarının azalmasına bağlı olarak su emmenin azaldığı gözlenmiştir.

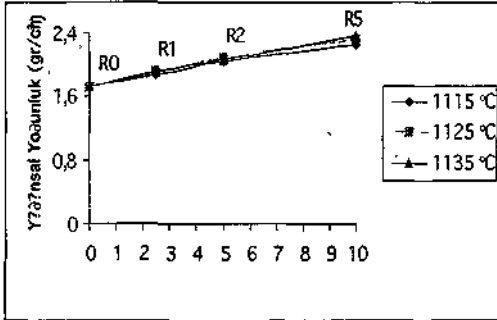
Aşağıda 1115 °C, 1125 °C, 1135 °C'de pişirilen karoların % manyezit esaslı kil artışına karşılık görünür porozite değerleri (Şekil 13 ve 14), yığınsal yoğunluk değerleri (Şekil 15 ve 16) gösterilmiştir.



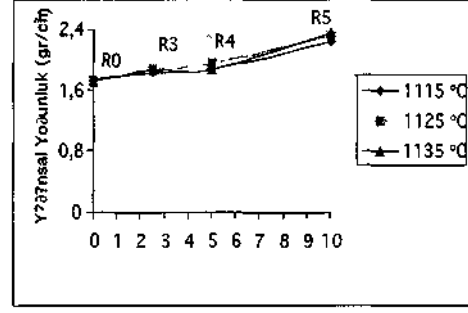
Şekil 13. % manyezit esaslı kil oranına karşılık Standart, Reçete 1, Reçete 2, Reçete 5'e ait karoların 1115 °C, 1125 °C, 1135 °C'de % Görünen Porozite değerlerinin değişimi.



Şekil 14. % manyezit esaslı kil oranına karşılık Standart, Reçete 3, Reçete 4, Reçete 5'e ait karoların 1115 °C, 1125 °C, 1135 °C'de % Görünen Porozite değerlerinin değişimi.



Şekil 15. % manyezit esaslı kil oranına karşılık Standart, Reçete 1, Reçete 2, Reçete 5'e ait karoların 1115 °C, 1125 °C, 1135 °C'de Yığınsal Yoğunluk değerlerinin değişimi.



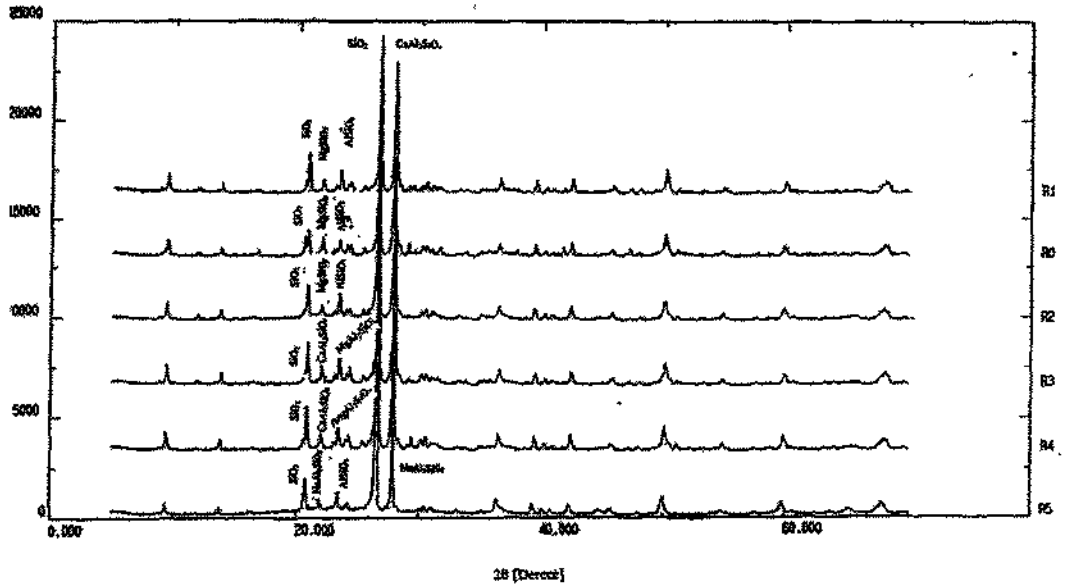
Şekil 16. % manyezit esaslı kil oranına karşılık Standart, Reçete 3, Reçete 4, Reçete 5'e ait karoların 1115 °C, 1125 °C, 1135 °C'de Yığınsal Yoğunluk değerlerinin değişimi.

Sıcaklığın artmasıyla % görünen porozite değerleri azaldığı görülmektedir. Sinterleşme derecesi artmış ve buna bağlı olarak bünye içerisindeki porozite miktarının azaldığı görülmüştür.

Yığınsal yoğunluk değerlerinin artan sıcaklık ile birlikte arttığı gözlemlenmiştir. Bu olayın sinterlemenin daha iyi olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Şekil.17'e göre Şekil.16'daki yığınsal yoğunluğun daha az artmasının nedeni reçetelerdeki mermer miktarının fazlalığıdır. Doğal olarak bünye içerisindeki gözenek miktarı artacak ve yığınsal yoğunluk değeri daha az artacaktır.

#### GENEL SONUÇLAR

Tüm reçetelerde silika ile alüminyum silikat ortak pikleri tespit edilmiştir. % 10 dolomitik kil ilaveli Reçete 5'de kalsiyum kaynakları olmadığından anortit fazı açıkça görülmektedir. Şekil.17'de Reçete 5 piklerinde farklı olarak albit ve kalsiyum magnezyum silikat oluşmuştur. Bunun nedeninin dolomit ve mermerin hiç kullanamamasından dolayı anortit oluşumu için gereken miktarda kalsiyumun sistemde bulunmaması olduğu düşünülmektedir.



Şekil 17. Sinterlenmiş duvar kerosu masselerinin X- ışını difraktogramı.

R0, R1, R2'de magnezyum silikat fazına rastlanırken R3 ve R4'de magnezyum alüminyum silikat miktarı artmaktadır. Bu durumda magnezyum silikat dolomit azalmakta ve manyezit esaslı kil artmaktadır. R0, R1, R2'den farklı olarak magnezyum alüminyum silikat oluşmuştur. Aralarındaki fark birinde mermer azalırken diğerinde dolomit oranı azalmıştır. Magnezyum silikat ve magnezyum alüminyum silikatın oluşması, mermer ve dolomit oranına bağlıdır.

## 5. SONUÇLAR

Elde edilen manyezit esaslı kil içeren ve içermeyen karolara uygulanan testler sonucunda;

- TS standartlarında bir üretim için 1115- 1125 °C arasındaki sıcaklıkta optimum manyezit esaslı kil oranı % 5 olarak tespit edilmiştir.
- Pişme mukavemeti değeri duvar kerosu reçetesinde mermer ve dolomit hammaddesi çıkarıldığında % 10 manyezit esaslı kil ilavesinde maksimum olmuştur. Fakat % pişme küçülmesi ve % su emme değerlerinde çok fazla düşüş görülmüştür.

Manyezit esaslı kil ilavesiyle yaş ve kuru mukavemet değerleri artmaktadır.

- Reçeteye optimum manyezit esaslı kil ilavesiyle (% 5) T.S EN 159 duvar kerosu standartlarına göre poroz yapıyı bozmadan pişme mukavemeti değerlerinde artış kaydedilmiştir.
- Optimum manyezit esaslı kil ilavesiyle standartlara uygun olarak aynı malzemenin daha düşük sıcaklıklarda (1115 °Q siperlenebileceği saptanmıştır. Bu durumda karbonat kaynağı olarak kullanılan manyezit esaslı kilin aynı zamanda ergüçlük özelliğinden yararlanılarak önemli ölçüde enerji tasarrufu sağlanabileceği görülmüştür.

## KAYNAKLAR

- Taşpınar, B., Ozkaplan, S., Ustündağ, D., Alptekin, K., Özbek, K., (1999). Karbonatlı Kil Olarak Adlandırılan Hammaddelerin İncelenmesi ve Duvar Kerosu Bünyesinde, Kullanabilirliği, Seramik Araştırma Merkezi, Anadolu Üniversitesi.

*H G Yerse l& I Töre*

- Yersel, G., Tore, İ., Akkaya, Y., (1999). Sepiyolıtık Kilin Seramik Bünyede Kullanım Olanakları, 8. Uluslararası Katılımlı Denizli Malzeme Sempozyumu, Pamukkale Üniversitesi, Denizli.
- T.S EN 159, (1997), Seramik Karolar- Toz Halinde Preslenmiş- Su Emmesi > %10, Bill Grubu, Türk Standarkrı Enstitüsü, Ankara.