

TÜRKİYE CUMHURİYETİ
ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
SANAT VE TASARIM ANA SANAT DALI

SEYHAN BARAJ GÖLÜ ÇEVRESİNDEKİ KİL İÇERİĞİ YÜKSEK MALZEME
İLE STONEWARE BÜNYELERİN GELİŞTİRİLMESİ

ESRA NURTEN GÜL

SANATTA YETERLİK TEZİ

ADANA / 2024

**TÜRKİYE CUMHURİYETİ
ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
SANAT VE TASARIM ANA SANAT DALI**

**SEYHAN BARAJ GÖLÜ ÇEVRESİNDEKİ KİL İÇERİĞİ YÜKSEK MALZEME
İLE STONEWARE BÜNYELERİN GELİŞTİRİLMESİ**

ESRA NURTEN GÜL

Danışman: Doç. Dr. Nergis KILINÇ MİRDALI

Jüri Üyesi: Prof. Ensar TAÇYILDIZ

Jüri Üyesi: Prof. Dr. Özen KILIÇ

Jüri Üyesi: Doç. Leman KALAY

Jüri Üyesi: Dr. Öğr. Üyesi Şerife YALÇIN YASTI

SANATTA YETERLİK TEZİ

ADANA / 2024

Çukurova Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Müdürlüğü'ne,

Bu çalışma, jürimiz tarafından Sanat ve Tasarım Anasanat Dalında SANATTA YETERLİK TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Başkan: Doç. Dr. Nergis KILINÇ MİRDALI (Danışman)

Üye: Prof. Ensar TAÇYILDIZ

Üye: Prof. Dr. Özen KILIÇ

Üye: Doç. Leman KALAY

Üye: Dr. Öğr. Üyesi Şerife YALÇIN YASTI

ONAY

Yukarıdaki imzaların, adı geçen öğretim elemanlarına ait olduklarını onaylarım.

...../...../2024

Prof. Dr. Hüseyin GÜLER
Enstitü Müdürü

NOT: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 Sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunu'ndaki hükümlere tabidir.

ETİK BEYANI

Çukurova Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde ve ortaya çıkan sonuçlarda herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- Bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu,

bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

Esra Nurten GÜL

ÖZET

SEYHAN BARAJ GÖLÜ ÇEVRESİNDEKİ KİL İÇERİĞİ YÜKSEK MALZEME İLE STONEWARE BÜNYELERİN GELİŞTİRİLMESİ

Esra Nurten GÜL

Sanatta Yeterlik (Doktora) Tezi, Sanat ve Tasarım Ana Sanat Dalı
Danışman: Doç. Dr. Nergis KILINÇ MİRDALI
Mayıs 2024, 99 sayfa

Çalışmada Adana ili, Seyhan Baraj Gölü çevresinden temin edilen kil içeriği yüksek malzemenin stoneware bünyede kullanım olanakları araştırılmıştır. Referans bir stoneware çamurunda bulunan iki ticari kilden biri seçilerek kilin reçete içerisindeki miktarı %10-100 oranında kademeli olarak azaltılmış, yerine reçetede azalan miktarı kadar Seyhan Baraj Gölü çevresinden temin edilen kil içeriği yüksek malzeme katkısı yapılarak, stoneware çamur reçetesinde kullanımına uygunluğu araştırılmıştır. Hazırlanan deney çamurları 1210°C’de 58 dakika süre ile endüstriyel koşullarda roller fırında pişirilmiştir. Ticari kilin azalan %’de miktarı kadar katkı oranları ile hazırlanan deney örneklerine % su emme, % pişme küçülmesi, mukavemet ve CIE L*a*b renk değerleri ölçüm testleri uygulanmıştır. Sonuç olarak Seyhan Baraj Gölü çevresinden alınan kil içeriği yüksek malzeme oranının katkısı arttıkça % su emme değerlerinde düşüş, % pişme küçülme ve pişmiş mukavemet değerlerinde artış gözlemlenmiştir. Bünye renkleri katkı oranına bağlı olarak gri, açık gri ve bej olarak gözlemlenmiştir. Deneyler sonucunda ticari kil yerine Seyhan Baraj Gölü çevresinden temin edilen kil içeriği yüksek malzeme katkısı ile oluşturulan sanatsal çalışmalarda 1210°C’de herhangi bir probleme yol açmadan kullanılabileceği görülmüştür. Endüstriyel çalışmalarda ise ısıl deformasyon riski nedeniyle katkı oranı %50 üzerinde kontrollü kullanılmalıdır.

Anahtar kelimeler: Seramik, Stoneware, Seyhan Baraj Gölü, Kil

ABSTRACT

DEVELOPMENT OF STONEWARE BODIES WITH MATERIALS CONTAINING HIGH AMOUNT OF CLAY AROUND SEYHAN DAM LAKE

Esra Nurten GÜL

**Ph. D. Thesis, Department of Art and Design
Supervisor: Assoc. Prof. Nergis KILINÇ MİRDALI
May 2024, 99 pages**

In this research, the possibilities of using the material with high amount of clay content obtained from the vicinity of Seyhan Dam Lake in Adana province in stoneware were investigated. By selecting one of the two commercial clays in a reference stoneware mud, the amount of clay in the recipe was gradually reduced by 10-100 %, and the suitability of the material for use in the stoneware mud recipe was investigated by adding the material with high clay content obtained from the Seyhan Dam Lake environment in the amount of the decreasing ratio in the recipe. The prepared test clays were fired at 1210°C for 58 minutes in a roller kiln under industrial conditions. Tests for % water absorption, % firing shrinkage, strength and CIE L*a*b color values of the test samples prepared with the additive ratios of commercial clay in decreasing % were performed. As a result, a decrease in the water absorption % values and an increase in the % firing shrinkage and fired strength values were observed as the increased additive ratio of the material with high amount of clay content taken from around Seyhan Dam Lake. The composition colors were observed as gray, light gray and beige depending on the amount of additive. As a result of the experiments, it was seen that it can be used without causing any problems at 1210°C in artistic studies with clay from around Seyhan Dam Lake instead of commercial clay. In industrial works, the additive amount should be controlled above 50% due to the risk of thermal deformation.

Keywords: Ceramic, Stoneware, Seyhan Dam Lake, Clay

ÖN SÖZ

Seramik sanatı için farklı hammadde kaynaklarının kullanımı ile ilgili araştırmalara yönelmemi sağlayan, çalışmam boyunca bilgi ve tecrübeleri ile her zaman desteğini yanımda hissettiğim danışman hocam, Sayın Doç. Dr. Nergis KILINÇ MİRDALI'ya, deney çalışmalarım sırasındaki destek ve yardımlarından dolayı arkadaşım Seramik Yüksek Mühendisi Selçuk ÖZKAN'a, tezhip uygulamalarında yorumlarını esirgemeyen arkadaşım Senay ŞEYRANLI'ya, endüstriyel çalışmaların gerçekleştirilmesi aşamasında İrea Seramik ve Hitit Seramik A.Ş personeline, manevi desteği ile her zaman yanımda olan annem, babam, kardeşime teşekkür eder, Sanatta Yeterlik dönemim boyunca benden hoşgörüsünü eksik etmeyen eşim Salih GÜL ve biricik kızım Yağmur Melek GÜL'e minnettarlığımı sunarım.

Esra Nurten GÜL

Adana, 2024

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET.....	iv
ABSTRACT.....	v
ÖN SÖZ.....	vi
KISALTMALAR.....	x
TABLolar LİSTESİ	xi
ŞEKİLLER LİSTESİ	xii

BÖLÜM I

GİRİŞ

1.1.Çalışmanın Amacı	2
1.2. Çalışmanın Önemi	3
1.3. Çalışmanın Yöntemi	3
1.4. Çalışmanın Sınırlılıkları	4

BÖLÜM II

KURAMSAL AÇIKLAMALAR VE İLGİLİ ARAŞTIRMALAR

2. Stoneware Bünyeler	5
2.1. Stoneware Tanımı ve Bünye Özellikleri.....	5
2.2. Stoneware Bünyelerin Tarihsel Süreçteki Yeri	6
2.3. Stoneware Üretim Teknolojileri	11
2.3.1. Stoneware Bünyelerde Kullanılan Hammaddeler	11
2.3.1.1. Kil ve Kaolen	11
2.3.1.2. Kuvars	11
2.3.1.3. Feldispatlar.....	12
2.3.1.4. Nefelin Siyenit	12

2.3.1.5. Vollastonit	12
2.4. Stoneware Bünyelerin Üretimi	13
2.4.1. Sofra Eşyası Üretimi.....	13
2.4.2. Yer ve Duvar Karosu Üretimi	13
2.4.3. Stoneware Bünyelerin Pişirimleri.....	15
2.5. Stoneware Bünyelerin Kullanıldığı Alanlar.....	15
2.6. İlgili Araştırmalar.....	15

BÖLÜM III

MALZEME VE YÖNTEM

3. Malzeme ve Yöntem	28
3.1. Malzeme	28
3.2. Yöntem	31
3.2.1. Hammadde Hazırlama.....	31
3.2.2. Stoneware Bünyelerin Hazırlanması	31
3.2.3. Standart Testler.....	32
3.2.3.1. Kimyasal Analiz.....	32
3.2.3.2. Tane Boyut Analizi	32
3.2.3.3. Plastiklik Özelliği.....	32
3.2.3.4. Küçülme Testleri.....	33
3.2.3.4.1. Kuru Küçülme	33
3.2.3.4.1. Toplu Küçülme	33
3.2.3.5. pH Değeri	34
3.2.3.6. Su Emme	34
3.2.3.7. Pişme Rengi	34
3.2.3.8. Deformasyon	35
3.2.3.9. Mukavemet	35

3.2.3.9. Karakterizasyon Çalışmaları	36
--	----

BÖLÜM IV

BULGULAR ve TARTIŞMA

4. Bulgular ve Tartışma.....	37
4.1. Seyhan Baraj gölü çevresi Kil içeriği Yüksek Malzemenin Kimyasal Analizi.....	37
4.2. Tane Boyut Analizi	39
4.3. Plastiklik Analizi	40
4.4. Kuru Küçülme ve Toplu Küçülme Analizleri.....	41
4.5. Su Emme	41
4.6. Pişme Rengi	42
4.7. Seyhan Baraj Gölü Çevresi Kil İçeriği Yüksek Malzemenin Karakterizasyonu	44
4.7.1. Termal Analiz.....	44
4.7.2. X-Işınları Analizi	46
4.8. Seyhan Baraj Gölü Çevresi Kil İçeriği Yüksek Malzemenin Bünyelerde Kullanımı	47
4.9. Stoneware Bünye Reçetelerinin Reolojik Özellikleri	49
4.10. XRF Analizi	50
4.11. Kalınlık Alma Test Sonuçları	51
4.12. Stoneware Bünyelerin Fiziko Mekaniksel Özellikleri	52
4.13. Referans Bünye Reçetesi ve Stoneware Bünye Reçetelerine Ait Diferansiyel Termal Analiz Sonuçları	55
4.14. XRD Analizi	63
4.15. SEM- EDS Analizi.....	67

BÖLÜM V

UYGULAMALAR

5.	Uygulamalar.....	69
5.1.	Endüstriyel Uygulamalar	69
5.1.1.	Yer Karosu Uygulamaları	69
5.1.2.	Sofra Eşyası Uygulamaları	72
5.2.	Sanatsal Uygulamalar	80

BÖLÜM VI

SONUÇ VE ÖNERİLER

SONUÇ VE ÖNERİLER	87
KAYNAKÇA.....	89
ÖZGEÇMİŞ	



TABLO LİSTESİ

Tablo 1. Referans Stoneware Bünye Reçetesi	30
Tablo 2. Seyhan Baraj Gölü Çevresi Malzemesinin Kimyasal Analizi	37
Tablo 3. Kullanılan Hammaddelere Ait Kimyasal Analiz Sonuçları	39
Tablo 4. Hammaddelerin Tane Boyut Dağılımları	39
Tablo 5. Seyhan Baraj Gölü çevresi kil içeriği yüksek malzemenin pişme rengi.....	43
Tablo 6. Malzemelerin litre ağırlığı, vizkozite, tiksotropi, değerleri	47
Tablo 7. Çamurların Reçete Bileşimleri (%).....	48
Tablo 8. Stoneware Bünye Reçetelerinin Reolojik Özellikleri.....	49
Tablo 9. Stoneware Bünye Reçetelerinin XRF Analiz Sonuçları	50
Tablo 10. 30 dk, 60 dk ve 90 dk Kalınlık Alma Test Sonuçları	51
Tablo 11. SGM Katkılı Stoneware Bünye Reçetelerine Uygulanan Test Sonuçları.....	53
Tablo 12. Referans Bünye Reçetesi ve Yeni Oluşturulan Stoneware Bünye Reçetelerinin TG –DTA Eğrileri.....	56
Tablo 13. Stoneware Bünyelerin TG-DTA Verileri.....	61
Tablo 14. Referans Bünyeye Ait XRD İle Elde Edilen Fazların Kristal Yapıları.....	64
Tablo 15. SGM 100 Kodlu Bünyenin XRD İle Elde Edilen Fazların Kristal Yapıları....	66

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1. Stoneware Kâse Örneği	6
Şekil 2. Karatsu'da 17. Yüzyılda İnşa Edilen Anagama Fırın	7
Şekil 3. Karatsu Fırınında Pişirilen Kâse Örneği	7
Şekil 4. Red Bellarmine stoneware form.....	8
Şekil 5. İngiliz üretimi stoneware testi	9
Şekil 6. Raeren üretimi stoneware kap	10
Şekil 7. Stoneware ürünlerin pişirim yapıldığı tuz fırınları.....	10
Şekil 8. Stoneware Üretim Şeması	14
Şekil 9. Seyhan Baraj Gölü Çevresi Kil İçeriği Yüksek Malzeme Temin Alanı	28
Şekil 10. Seyhan Baraj Gölü uydu fotoğrafı.....	29
Şekil 11. Hammaddenin alındığı alan.....	29
Şekil 12. Malzemenin kesekler halindeki görüntüsü.....	30
Şekil 13. Hammaddelerin tane boyutlarının grafiksel gösterimi.....	40
Şekil 14. SGM % kuru ve pişme küçülme grafiği.....	41
Şekil 15. Su emme grafiği	42
Şekil 16. SGM hammaddesi TG –DTA eğrisi	45
Şekil 17. Seyhan Baraj Gölü çevresi kil içeriği yüksek malzemenin XRD analizi.....	46
Şekil 18. SGM kalınlık alma test örnekleri	47
Şekil 19. SGM mukavemet ve deformasyon çubukları.....	48
Şekil 20. Kalınlık alma döküm kalıpları ve numuneleri.....	51
Şekil 21. Test sonuçlarının grafiksel gösterimi	54
Şekil 22. Referans stoneware bünyeye ait XRD grafiği.....	63
Şekil 23. SGM 100 kodlu stoneware bünyeye ait XRD analiz grafiği.....	65
Şekil 24. Referans stoneware bünyeye ait (SEM) görüntüsü	67
Şekil 25. Referans çamur (SEM) görüntüsü ve elementlerin ağırlıkça yüzdeleri	67
Şekil 26. SGM 100 kodlu stoneware bünyeye ait (SEM) görüntüsü.....	68
Şekil 27. SGM 100 (SEM) görüntüsü ve elementlerin ağırlıkça yüzdeleri.....	68
Şekil 28. Stoneware bünye numunelerinin üretim süreçleri.....	69
Şekil 29. Mat sır ile sırlanan karolar ve dijital baskı uygulaması.....	70
Şekil 30. Lappato sır ile sırlanan karolar ve dijital baskı uygulaması	71

Şekil 31. Referans stoneware bünye reçetesi ile üretilen kâse	72
Şekil 32. SGM 10 Kodlu karışım ile üretilen kâse	73
Şekil 33. SGM 20 Kodlu karışım ile üretilen kâse	73
Şekil 34. SGM 30 Kodlu karışım ile üretilen kâse	74
Şekil 35. SGM 40 Kodlu karışım ile üretilen kâse	74
Şekil 36. SGM 50 Kodlu karışım ile üretilen kâse	75
Şekil 37. SGM 60 Kodlu karışım ile üretilen kâse	75
Şekil 38. SGM 70 Kodlu karışım ile üretilen kâse	76
Şekil 39. SGM 80 Kodlu karışım ile üretilen kâse	76
Şekil 40. SGM 90 Kodlu stoneware bünye reçetesi ile üretilen kâse	77
Şekil 41. SGM 100 Kodlu stoneware bünye reçetesi ile üretilen kâse	77
Şekil 42. Üretilen kâseler ve bünyeler arasındaki renk farkı.....	78
Şekil 43. Ağaç baskı kalıplarının hazırlanması	80
Şekil 44. Anadolu'dan	81
Şekil 45. Selçuk Yıldızı	81
Şekil 46. Malazgirt	82
Şekil 47. Dört Nala	83
Şekil 48. Hayattan.....	83
Şekil 49. Boşluk.....	84
Şekil 50. Abı- Hayat	84
Şekil 51. Kültürel Kaynaşım	85

GİRİŞ

Stoneware bünyeler, seramik başlığı altında yüksek teknolojik performansı ve estetik görüntüsü ile hem endüstriyel hem de sanat seramiği üretiminde çok fazla tercih edilen ürünlerden birisidir. Bu bünyeler standart bir formülasyona sahip olmamalarına rağmen, karakterize edilerek çeşitli şekillendirme yöntemlerine uygun hâle getirilebilir. Bu bünyeler 1200-1300 °C’de sinterleşen, su emmesi %0-4 aralığında değişen ve pişme mukavemeti yüksek olan bünyelerdir (Gualtieri, 2011, 673; Hlavac, 1983, 313).

Stoneware bünyenin en büyük özelliği yeterli derecede sert, çizilmelere karşı dirençli, yoğun ve su geçirmez olmasının yanı sıra topraksı yumuşak, mat-satenimsi renk ve doku etkisine sahip olmasıdır. Pişme renkleri açık griden koyu griye veya devetüyü renginden koyu kahverengiye kadar değişen stoneware bünye reçetesi, 1200°C’nin üzerinde olgunlaşmaktadır (Çalışkan, 2015).

Stoneware üretiminde; eritici özellikleri sebebiyle, porozitesi düşük bünyeler oluşturan K_2O , Na_2O , CaO , FeO bileşikleri içeren hammaddeler kullanılmaktadır. Seyhan Baraj Gölü Çevresi malzemesinin bu elementlerin hepsini bünyesinde ihtiva etmesi sebebiyle stoneware bünyelerde kullanılabileceği düşünülmüştür.

Seramik üretiminde, nihai ürünün fiziksel özelliklerini etkileyen en önemli faktörler; bünneyi oluşturan hammaddelerin tane boyutu, reçete bileşimi ve pişirme sıcaklığıdır. Killer plastisite özelliği ile şekillendirmeyi kolaylaştırır. Bünyenin deformasyona uğramadan kurumasını ve pişirilmesini sağlar. Kil cevheri, yapı ve bileşimlerine göre kaolin, smektit, illit-mika ve klorit olmak üzere sınıflandırılır. (Erdoğan, Kök, 2019, s. 8141-8150). Kil cevherinin yapı ve özellikleri, içerdiği iyon yapısı ve miktarıyla ilişkilidir. İyon yapısı ve miktarı malzemenin kullanım alanlarını ve süspansiyon içerisindeki koloidal özelliklerini doğrudan etkilemektedir. Bağıl nem, plastisite, viskozite, elektriksel iletkenlik, şişme-büzülme kapasitesi, dispersiyon derecesi katyon değiştirme kapasitesine bağlıdır. (Machado, Freitas, Wypych, 2019, s. 10-20). Feldispat, pişme sırasında camsı faz oluşturarak su emme özelliğini düşürür. Kuvars ise diğer hammaddelere göre yüksek ergime derecesiyle yapıda iskelet görevi görür ve pişirme esnasında ısıl deformasyonu önler. Bu hammaddeler kullanılarak farklı fiziksel özelliklere sahip stoneware bünyeler üretilmektedir. Kullanılan hammaddelerin özelliklerine bağlı olarak, stoneware bünyelerin pişme rengi krem, pembe, yeşil, gri, kahve, siyah renk aralıklarında olabilir. Bünyelerin pişme rengini etkileyen faktörler

kullanılan hammaddelerin mineralojik ve kimyasal kompozisyonu (Vakaolova, Revvaa, vd., 2020), pişirim sıcaklığı ve pişirim atmosferidir (Champell, J.,1991). Kompozisyonda bulunan Fe_2O_3 varlığının yanı sıra CaO, MnO, TiO ve MgO gibi diğer bileşenlerin varlığı pişme rengini önemli ölçüde değiştirebilir (Kreimeyer, R., 1987. S 175).

Stoneware bünye reçetelerinin temel malzemelerini plastikliği yüksek killer, kuvars ve feldispat oluşturmaktadır. Çalışmada öncelikle referans bir reçete seçilerek içerisindeki ticari kil oranı azaltılarak yerine Seyhan Baraj Gölü Çevresinden temin edilen kil içeriği yüksek malzeme ilave edilerek deneysel çalışmalar yapılmıştır.

Bu çalışmada Seyhan Baraj Gölü çevresinden alınan kil içeriği yüksek malzemenin geleneksel bünye reçetelerinden farklı olarak, daha iyi fiziksel ve kimyasal özelliklere sahip stoneware bünye kompozisyonları oluşturmak ve geliştirmek amaçlanmıştır.

Seyhan Baraj Gölü çevresinden alınan kil içeriği yüksek malzemesinin tercih edilmesindeki ana etmen malzemenin plastikliği ve bünyesinde ihtiva ettiği CaO'tır. Böylelikle hem açık renkli bünyeler oluşturulması hem de su emmesi düşük sinterleşmiş bünyeler elde edileceği düşünülmektedir. Gün geçtikçe azalan ve yakın zamanda tükenen hammadde kaynaklarına alternatif olabilecek hammadde kaynaklarının araştırılması, Seyhan Baraj Gölü Çevresinde bulunan bu malzeme için avantaj olabileceği düşünülmektedir. Seyhan Baraj Gölü Çevresi kil içeriği yüksek malzeme kullanılarak yapılan stoneware bünye çalışmalarının araştırmacılara, seramik sanatçılara, stoneware üretimi yapmakta olan üreticilere yön vermesi amaçlanarak, literatüre katkı sağlaması hedeflenmiştir.

1.1. Çalışmanın Amacı

Seyhan Baraj Gölü çevresinden alınan kil içeriği yüksek malzemenin nitelik ve niceliklerini tanımlayıp stoneware bünye üretiminde geleneksel bünye reçetelerinden farklı olarak iyi fiziksel ve kimyasal özelliklere sahip stoneware bünye kompozisyonu oluşturmak ve geliştirmektir.

Stoneware üretiminde; eriticilik özellikleri sebebiyle, porozitesi düşük bünyeler oluşturan K_2O , Na_2O , CaO, FeO bileşikleri içeren hammaddeler kullanılmaktadır. Seyhan Baraj Gölü Çevresi malzemesinin bu elementlerin hepsini bünyesinde ihtiva etmesi sebebiyle stoneware bünyelerde kullanılabileceği düşünülmüştür.

Çalışmada teknolojik veriler doğrultusunda stoneware üretim teknolojisi incelenmiş, Seyhan Baraj Gölü çevresi kil içeriği yüksek malzeme kullanılarak çeşitli bünye deneyleri yapılmıştır.

Bu çalışma kapsamında hazırlanan stoneware bünye reçetesi kompozisyonları ile üretilen sanatsal ve endüstriyel çalışmalar, kamara tipi fırınlarda yükseltgen ortamda pişirilerek düşük poroziteye sahip, pekişmiş ürünler oluşturulması amaçlanmıştır.

Çalışmanın seramik sanatçılarına, öğrencilere, stoneware bünye çalışması yapan araştırmacılara, stoneware üretimi yapmakta olan üreticilere yeni hammadde olarak kaynak sunması ve literatüre katkı sağlaması amaçlanmıştır.

1.2. Çalışmanın Önemi

Seramiğin tüm alanlarında olduğu gibi stoneware üretimi için de malzemenin kalitesi ve miktarı son ürün için oldukça önemlidir. Kaliteli malzeme ve hammadde miktarı üretimin sürekliliği için önemli olduğundan üreticiler her zaman alternatif hammadde arayışındadırlar.

Bu nedenle, çalışmanın Seyhan Baraj Gölü çevresi kil içeriği yüksek malzemesinin hammadde olarak stoneware üretiminde kullanılabilmesi ile bölgede bulunan rezervin ihtiyacı karşılaması durumunda bölgeye ekonomik açıdan değer katabileceği de düşünülmektedir.

Çalışmada Seyhan Baraj Gölü Malzemesi (SGM) katkısı ile üretilen stoneware bünyelerin hem sanatsal çalışmalarda hem de endüstriyel üretimlerde kullanılabileceği ve stoneware bünye denemelerine uygun sır tasarımları ile de birleştiğinde olumlu sonuçlar elde edileceği görülmüştür.

1.3. Çalışmanın Yöntemi

Çalışmayla ilgili olarak literatür tarama işlemi gerçekleştirilmiştir. Stoneware bünye, üretimi süreci kullanılan hammaddeler ile ilgili kaynaklar tespit edilerek incelenmiş ve bu kaynaklardan elde edilen veriler doğrultusunda yapılacak çalışmalar planlanmıştır.

Çalışmanın hazırlanma sürecinde oluşturulacak olan plastik şekillendirme

yöntemine uygun özelliklere sahip stoneware bünyenin yer karosu, sofras eşyası ve sanatsal seramik üretiminde kullanımına yönelik olması düşünülmüştür.

Seyhan Baraj Gölü civarında bulunan malzemenin stoneware bünye üretimine uygunluğunun araştırılması için bu malzemenin su emme, deformasyon, pişme rengi, mukavemet, kuru ve pişme küçülmesi, plastiklik özellikleri, tane boyut analizi ve pH değerine bakılmıştır. Ayrıca kimyasal analizi X-Işınları floresans (XRF) cihazı, mineralojik analizi X-Işınları Difraksiyonu (XRD) cihazı, stoneware bünyelerin mikroyapı özellikleri Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM), mikro kimyasal analizleri Enerji Saçınımlı Spektrofotometre (EDS), Termogravimetrik ve Diferansiyel Termal Analizleri (TG-DTA) cihazları ile karakterize edilmiştir. Elde edilen bulgulara göre Seyhan Baraj Gölü çevresi kilce zengin malzemenin stoneware bünyelerin üretimde kullanılabileceği görülmüştür.

Çalışma kapsamında, daha önceden hazırlanmış bir stoneware seramik bünye reçetesinde bulunan ticari killerden biri seçilmiştir. Seçilen bu kilin reçete içindeki miktarı %10, %20, %30, %40, %50, %60, %70, %80, %90, %100 azaltılmıştır. Reçeteden azalan kil miktarı kadar Seyhan Baraj Gölü çevresi malzemesi eklenerek sofras eşyası ve sanatsal seramik ürün üretiminde kullanılması amaçlanan stoneware bünye denemeleri yapılmıştır.

1.4. Çalışmanın Sınırlılıkları

Bu çalışmada yapılacak deneyler için küçük deney fırınlarının yanı sıra, deneylerin işletme şartlarına uygunluğunu görebilmek adına bazı işletmelerden destek alınarak işletme fırınlarının da kullanılması planlanmıştır. Bu bağlamda işletmelerden gerekli izinlerin alınabilmesi araştırmanın sınırlılıklarından biridir. Döküm çamuru hazırlanmasına yönelik çalışmalarda Seyhan Baraj Gölü çevresinden alınan kil içeriği yüksek malzemesinin reolojik özellikleri göz önünde bulundurulduğunda olumsuzluklar yaşanabileceği düşünülmektedir. Malzemenin reolojik özelliklerinin negatif yönde olması, çalışmanın yarı yaş yöntem ile şekillendirmeye yöneltmiştir. Malzemenin henüz ticarileşmemesi nedeniyle gerekli izinlerin alınabilmesi çalışmanın sınırlılıklarındandır. Ayrıca deformasyon riski nedeni ile ürünlerin büyük boyutta ve ince çalışılmaması gerekmektedir.

BÖLÜM II

2. STONEWARE BÜNYELER

2.1. Stoneware Tanımı ve Bünye Özellikleri

Pişmiş bünyenin rengi krem, sarı, kahverengi, maviden griye kadar değişen, yüksek mukavemete sahip, ana bileşimini %30–70 kil cevheri, %20–60 kuvars, %5–25 feldispatın oluşturmuş olduğu gözeneksiz malzemeler stoneware olarak tanımlanmaktadır (Arcasoy, 1993, s. 6). Stoneware bünyelerin en temel özellikleri yüksek dereceye dayanıklı, su emmesi %0,5'ten düşük, kırığı renkli yada renksiz, sinterleşmiş olmasıdır. Fiziksel ve kimyasal özellikleri stoneware bünyelere yaygın bir kullanım ağı sağlamıştır (Hummel, 2013, s. 15).

Pişme derecesi seramik malzemenin fiziksel özelliklerini belirleyen önemli bir parametredir. Stoneware bünyede, kil cevheri stoneware bünyeye plastiklik özelliği sağlarken, feldispat erime derecesini düşürerek vitrifikasyona yardımcı olmaktadır. Bünye içerisinde kuvars ise camlaşmayı sağlayan temel hammaddedir.

Sinterlenme süreci ısı etkisiyle boyut değişimiyle, yoğunluk değişimi ile başlar (Gualtieri, 2007, s.36), (Venturelli, 2006, s.9).

Malzeme içerisinde bol miktarda kalsiyum oksit (CaO) bulunması, vitrifikasyon başlangıç sıcaklığını düşürür (Trindade, Dias, 2009, s. 354). Şekillendirmenin döküm ile yapılacağı durumlarda %60 oranında kuru madde kullanılması ve kuru maddenin % 5 kadar camsuyu kullanılması önerilir.

Toplam küçülme oranının %10-15 arasında olması beklenir (Rhodes, 1959, s.53). Stoneware bünyelerde şamot kullanılabilir (Kaya ve Karasu, 2004, s. 86). Bununla birlikte sanatsal çalışmalarda şamot, kül, organik olmayan atık ve curuf eklenerek hazırlanan stoneware bünyeler bulunmaktadır (Vilarinho, vd., 2023, s. 38), (Poyraz, 2021, s. 93), (Budiyanto, vd., 2020, s. 15). Stoneware bünye ile porselen bünyenin temel farkı, porselenin beyaz ve yarı geçirgen, stoneware bünyenin vitrifiye ve farklı renk tonlarında olabilmesidir. Ayrıca pişirim sıcaklığı porselende daha yüksektir (Arcasoy ve Başkırkan, 2020, s. 164).

2.2. Stoneware Bünyelerin Tarihsel Süreçteki Yeri

Stoneware bünyeler içerdiği kil ve kuvars oranının yüksek olması sebebiyle yüksek derecelerde pişirilmektedir. Yüksek dereceye ulaşabilen fırınlar ve stoneware üretiminde kullanılan killerin keşfi göz önünde bulundurulduğunda, stoneware malzemenin ilk kez Çin’de üretildiği düşünülmektedir. M.S. 200-300 yılları arasında Çinliler yoğun, su sızdırmayan ve vurulduğunda tınısı ince ses veren, taş gibi sert seramikler üretmişlerdir (Rhodes, 1959, s. 4). Stoneware ve yüksek ısıya dayanıklı ürünlerin deneyleri yüksek ısılarda fırınlama tekniklerinin gelişimi ile başlamıştır. Çin’de erken dönem olarak tanımlanan stoneware çömleklerin yüzeyleri kaba ve pürüzlü iken Han Hanedanlığı (M.Ö. 206 - M.S. 220) döneminde bu çömleklerin çeşitliliği artmıştır. Bu dönemin stonewareları genellikle devetüyü veya gri renklidir. Han Hanedanlığı döneminde fırınlarda pişirimde kullanılan odunların külleri eriyerek bünye üzerinde sır etkisi göstermiştir. İlk sırlı ürünlerin bu şekilde elde edildiği söylenebilir. Şekil 1’de stoneware kâse örneği görülmektedir.



Şekil 1. Stoneware Kâse Örneği

Kaynak: <https://bunka.nii.ac.jp/heritages/detail/505602>

Çin çömlekçiliği zamanla yüksek fırın sıcaklıklarına dayanıklı kil bünye üretimi üzerine de çalışmalarını ilerleterek teknik açıdan gelişim göstermiştir. Çin’de üretilen

stoneware ürünlerin etkisi farklı uzak doğu ve batı ülkeleri üzerinde de kendini göstermiştir. Stonewareların Japonya’da 9. yüzyıldan itibaren yapıldığı bilinmektedir. Japon sanatçıların Koreli çömlekçilerin yardımıyla kurulmuş olan Karatsu fırınlarını kullandığı bilinmektedir. Şekil 2’de Karatsu’da bulunan anagama fırın örneği görülmektedir.



Şekil 2. Karatsu’da 17. Yüzyılda İnşa Edilen Anagama Fırın (Özkanlı, 2021, s. 1080)

Karatsu fırınında pişirilen kâse örneği Şekil 3’te görülmektedir.



Şekil 3. Karatsu Fırınında Pişirilen Kâse Örneği (Özkanlı, 2021, s. 1080)

Şekil 3’te verilen Karatsu fırınında pişirilen kâse örneği, demir oksitle renklendirilmiş sade bir dekora sahiptir. Satsuma üretilen seramiklerin, Kore stoneware ve porseleninin üretimine ve gelişimine katkı sunduğu söylenebilir. Stoneware bünyelerin Avrupa’da ki ilk örnekleri ise Almanya’da 12.yy da görülmektedir. 1300’lü yılların

sonlarına doğru Siegburg, Hesse Dreihausen, Eifel’de stoneware olarak tanımlanan kaplaüretilmiştir. 15.yy da tuz pişirimi yapılarak stonewarelar üretilmiştir. Formların üzerlerindeki sakallı adam görüntüsü nedeniyle ve renginden dolayı Redware Bellarmine olarak adlandırılan stoneware örnekleri Şekil 4’te sunulmuştur.



Şekil 4. Red Bellarmine stoneware form

Kaynak: [https://www.crockerfarm.com/stoneware-auction Bellarmine-\(16.06.2022\)](https://www.crockerfarm.com/stoneware-auction Bellarmine-(16.06.2022))

İngiltere’deki ilk stoneware ürünler Fulham Köyü’nde John Dwight tarafından 1680 yıllarında yapılmıştır (Rhodes, 1959, s. 21). Fulham Köyünde başlayan stoneware üretimi 1699 yılında çömlekçilik merkezi olan Staffordshire’de yaygınlaşmıştır. Stoneware ürünler üzerine rölyef işlenmeyerek Alman etkisinden vazgeçilmiş, özgün sade yüzeyler tasarlanarak İngiliz üslubu oluşturulmuştur (Rhodes, 1959, s.27). Şekil 5’te İngiliz üretimi stoneware testi örneği görülmektedir.



Şekil 5. İngiliz üretimi stoneware testi

Kaynak: <https://www.metmuseum.org/art/collection/search/671537> (16.06.2022)

Günlük kullanım eşyalarında işlevsellik ön planda tutularak daha yalın bir üretim gerçekleştirilmiştir. Şekil 5'te de görüldüğü gibi Alman formundaki vazolarına İngiliz madalyonlarının eklemesi formların Alman etkisinden kurtulmasında büyük rol oynamıştır. Stonewarelarda öne çıkan madalyon örnekleri İrlanda, İskoçya, İngiltere rozeti ve dedikeni figürlüdür.

Fulham Çömlekçiliği kapsamında Dwight, rakiplerine karşı emeğini korumak amacıyla patent almasına rağmen, Lambeth, Nottingham, Bristol ve Staffordshire'da bulunan İngiliz çömlek ustaları tuzlu pişirim ile stoneware bünyeler üretmişlerdir.

Belçika'da ise (Raeren) Ortaçağ'ın geç dönemlerinde Aachen Eupen gibi kasabaların stoneware üretimi için gerekli kil yatakları, ve yakıt olarak kerestenin bulunması sebebiyle, bölgede yaşayan halkın gereksinimlerini karşılamak için stonewareların üretildiği düşünülmektedir (Gaimster, 1997). 16. yüzyılda Siegburg'lu ustaların Westerwald bölgesine yerleşmesiyle üretimde bir azalma görülmüştür. 1550-1620 yılları arasında ki üretim döneminde ise, Köln ve Siegburg'da satılan ürünler kalıp tekniği ile yapılmış, kapların dekorlarının çoğunluğunun politik figürler, arma ve mask

bezemelerinden oluştuğu g zlemelenmiştir (Gaimster, 1997). Geniş boyunlu, kalp motifleriyle ayrılmış madalyonların içinde bir portre frizi ile süslenmiş Raeren  retimi bir kap şekil 6 ‘da görülmektedir.



şekil 6. Raeren  retimi stoneware kap

Kaynak:<https://galeriegolconda.com/object/raeren-pitcher-dated-1602-collectors-objects-galerie-golconda-saint-paul-de-vence-antiquities/>(16.06.2022)

Raeren de üretimde kullanılan fırın ve pişirim sonrası şekil 7’de görülmektedir.



şekil 7. Stoneware  r nlerin pişirim yapıldığı tuz fırınları

Kaynak:<https://www.toepfereimuseum.org>(16.06.2022)

2.3. Stoneware Üretim Teknolojileri

2.3.1. Stoneware Bünyelerde Kullanılan Hammaddeler

Seramik üretiminde kullanılan tüm ana maddeler, renklendirmede kullanılan pigment ve oksitler uygulanacak fırın sıcaklığına göre stoneware bünye reçetelerinde kullanılabilir. Stoneware bünyelerde başlıca kullanılan hammaddeler, kil, kaolen, feldispat, kuvars nefelin siyenit, wollostonittir. Ayrıca bünyelerin renklendirilmesinde pigment ve oksitler kullanılmaktadır. Bünyeye direnç kazandırmak amacıyla stoneware bünyelere şamot ilavesi yapılabilir (Karasu, 2004, s. 86).

2.3.1.1. Kil ve Kaolen

Bünyede killer tabakalı yapısı sayesinde şekillendirilebilme özelliği sağlar, kaolen bünyenin daha beyaz oluşunu sağlaması, ve yüksek refrakter özellik katması sebebiyle kullanılmaktadır (Eygi ve Ateşok, 2006, s. 87).

2.3.1.2. Kuvars

Kuvars (SiO_2), bünyede yüksek sıcaklıklarda, şekillendirilen formun çökmemesini sağlar. özsüz bir hammaddedir. bünyenin asitlere karşı dayanımını artırır. gaz çıkışına yardımcı olarak deformasyonu önlemektedir. Pişme sırasında, kuvarsın kristal bünyesinde değişiklikler oluşmaktadır. 573 °C'de α kuvars, β kuvarsa dönüşür. 870 °C tridymit, 1470 °C kristobalit ve 1713'de kuvars camı oluşur. seramik hammaddeleri pişirilince küçülürken, kuvars büyümektedir. Bu nedenle stoneware bünyeye katılan kuvarsın kalsine edilmesi daha uygun olacaktır. Kalsine edilmeden massede kullanılan kuvars çatlamalara sebebiyet verebilir. (Sümer, 1977, s. 51)

Kuvarsi sinterleştirmek, faz dönüşümlerini kolaylaştırmak ve pekişmeyi sağlamak için malzemenin d50 olan tane boyutunun 10 μm kadar düşürülmesi, 60 μm üstündeki miktarın %2'nin altında olması sağlanmalıdır (Fortuna, 2000, s. 176).

Kuvarsın tane boyutunun iri olması ile kuruma sürecinde çatlamalara karşı mukavemet sağlamaktadır. Bünyede deformasyon olmaksızın gaz çıkışını sağlamaktadır. Bünyenin kuru çekmesini, plastikliğini azaltırken, pişme renginin açılmasını sağlar.

Kuvars, yüksek sıcaklıklarda viskozitesinin kontrolünün sağlanmasında da önemli rol oynamaktadır (Stathis, 2004, s. 2357).

2.3.1.3. Feldispatlar

Feldispatlar, özsüz seramik hammaddeleridir. Seramik çamurlarında, çamuru pekiştirerek ergitici özellik gösterir. Feldispatlarda (Na_2O , K_2O , Ca, Ba, LiO, Cs) gibi oksitlerde bulunmaktadır (Sümer, 2005, s. 9). Alkali içeriğin artması, eritici özelliği artırmaktadır (Öztürk vd., 2021, s. 201).

2.3.1.4. Nefelin Siyenit

Nefelin siyenit ($3\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{K}_2\text{O} \cdot 4\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 8\text{SiO}_2$), alkali içeriğinin yüksek olması (%15-17) ve (%24) alümina ihtiva etmesi sebebiyle hızlı pişirim avantajı sağlamaktadır. Nefelin siyenit sıvı fazın viskozitesini azaltarak yoğunlaşmayı hızlandırmaktadır (Aydın vd., 2018, s. 85-94). Nefelin siyenit, pişirim esnasında 1000 °C’de erime sürecine başlar. Sıcaklığın artmasına bağlı olarak camsı faz oluşumuna yardımcı olarak erimeyen tanelerin etrafını sararak, bu malzemelerin erimesini sağlar (Taçyıldız, 2015, s. 28). Vitrifikasyon etkisi yaparak sinterleşmeyi artırır. Camsı faz miktarının artmasına bağlı olarak pişme küçülme ve mukavemeti artarken, su emme miktarı azalır. Camsı fazın artmasına bağlı olarak deformasyon artış gösterir (Kökden ve Özgen, 1994, s. 327).

2.3.1.5. Vollastonit

Vollastonit; genellikle seramik reçetelerinde hızlı pişirim olanakları sağladığı için bünyede kullanılmaktadır (Kogel vd., 2006). Sinterlenme sıcaklığı düşüktür (Haner, Çuhadaroglu, 2013, s. 73). Ürüne beyazlık ve parlaklık kazandırır (Springer, 1994). Ham ve pişmiş mukavemeti artırır, deformasyonu önler. Ürüne akustik özellik kazandırır (Haner, vd., 2013, s. 73).

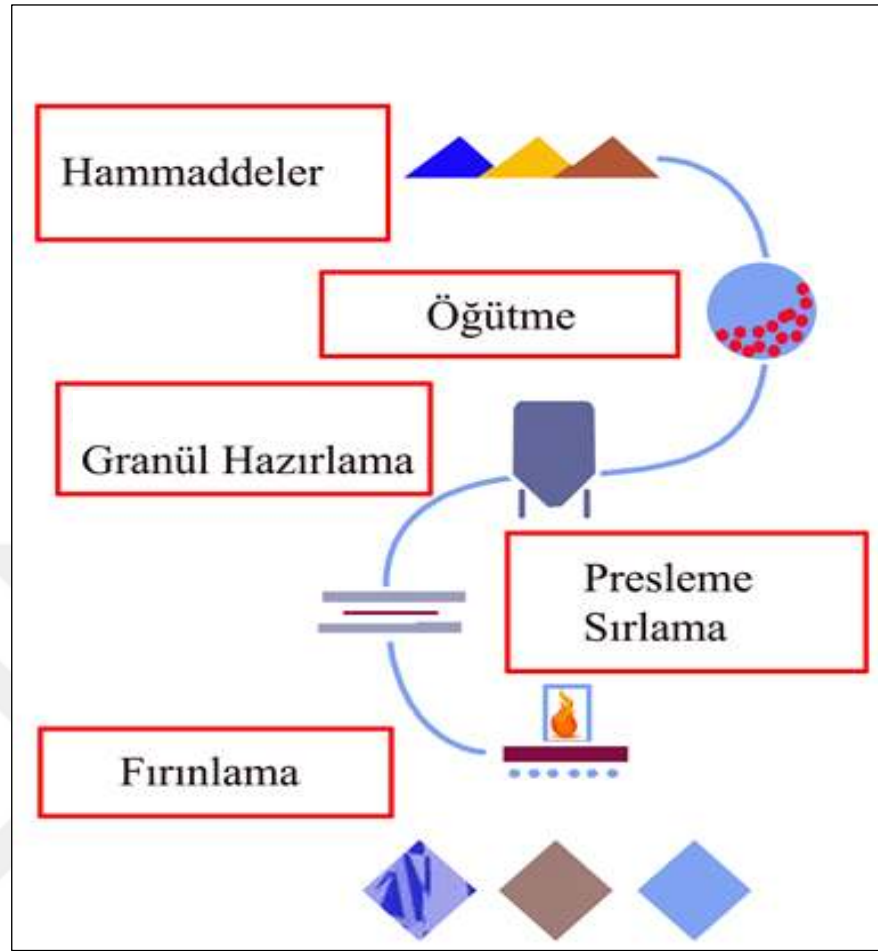
2.4. Stoneware Bünyelerin Üretimi

2.4.1. Sofra Eşyası Üretimi

Hammadde kontrolü gerçekleşip, hammadde kabul sahasına alınan malzemeler, mevcut reçeteye göre tartımları yapılarak değirmene yüklenirler. İşletme şartlarında belirlenen tane boyutuna gelene kadar öğütülerek çamur hazırlama işlemi gerçekleştirilir. Mıknatıslı ve titreşimli elekten geçirilen çamur, filterpreste suları alınmış (işletmelerde kek olarak tabir edilen) hale getirilir. Filter preslerden çıkarılan çamur vakum preste yarı yaş yöntem ile (pres) şekillendirilecek hale getirilir. Sofra eşyası üretiminde döküm yöntemi ile de şekillendirme işlemi gerçekleştirilebilir. Gelişen teknoloji ve zaman tasarrufu gerekçesiyle pres ile şekillendirme yöntemleri tercih sebebidir. Şekillendirme süreci tamamlanan yarı mamüller kurutma odalarında nem oranları %1'in altına düşene dek kurutulur. Nem oranı %1 'in altına düşen ürünlerde geçmiş yıllarda ürünlere gazyağı testi uygulanarak ağız kısımlarında pres bıçağı kaynaklı kılcal çatlaklar tespit edilerek, ürünlerin pişmeden çamur hazırlama bölümlerine geri dönüşümü gerçekleştirilirdi. Günümüzde fırın girişlerindeki sensörler sayesinde çatlaklar kolaylıkla tespit edilebilmektedir. Son bisküvi pişirimleri yapılmak üzere fırınlanır. Bisküvi pişirimi gerçekleştirilen ürünlere sır uygulaması yapılır ve ürünlerin ikinci pişirimi gerçekleştirilir. Sofra eşyası üretiminde dekorlu ürünlerde üretilecek dekorun içerdiği pigment ve oksit derecelerine göre düşük derecelerde üçüncü pişirim gerçekleştirilmektedir. Sahip olduğu teknolojinin durumuna göre dekor işlemlerini tampon baskı ya da Ink-jet teknolojileri ile yapan işletmelerde zamandan tasarruf sağlanmaktadır.

2.4.2. Yer ve Duvar Karosu Üretimi

Mıknatıslı ve titreşimli elekten geçirilen çamur, püskürtmeli kurutucuda granül hale getirilir. Yer ve duvar karosunda kullanılacak granülün pres kalıplarına yapışmaması için %3 oranında nemli olması istenmektedir. Presten çıkan ürünlerin, sırlama, dekorlama işlemleri gerçekleştirilmektedir. Stoneware bünyelerin üretim şeması Şekil 8'de görülmektedir.



Şekil 8.Stoneware Üretim Şeması, (Rambaldi, 2021) modifiye edilmiştir.

Geçmiş yıllarda, serigrafi ve roto-color baskılarla yapılan dekorlama işlemleri günümüzde engop üzerine Ink-jet (püskürtmeli yazıcı) teknolojileri ile yapılarak ürünün sırlanması tercih edilmektedir. Seramik sanayisinde dijital bir yöntem olması sebebiyle Ink-jet baskı tekniği diğer dekorlama yöntemlerine göre tercih edilmektedir. Ink-jet tekniği, diğer yöntemlerle dekor uygulanamayan içbükey ve dışbükey yüzeylerin dekorlanmasına olanak sağlamaktadır (Watanabe, vd., 2012, s. 127).

Baskı sırasında bisküvi ürünlerde meydana gelen hataları en aza indirdiği ve baskı mürekkebinin verimli kullanılmasını sağladığı içinde ekolojiktir (Lee J. H., 2018, s. 144), (Singh M. H., Haverinen H. M., vd. 2010, s. 673).

Temassız baskılama sayesinde ürün kayıplarını azaltan, ürüne yüksek çözünürlük sağlayarak görüntü kalitesini arttıran, renk farklılığı hatalarını en aza indiren, tasarımcıya tasarladığı modellerdeki hataların anlık düzeltilmesini sağlayarak kısa sürede

ürünün üretime alınmasına olanak vermektedir. İnk-jet teknolojisi ile işçilik maliyeti de düşmektedir (Solana V. S., 2014, s. 3).

Görsel açıdan daha etkili sonuçlar sağlayan İnk-jet teknolojisi ayrıca ekonomik ve hatalı ürün oranı yok denecek kadar azdır.

2.4.3. Stoneware Bünyelerin Pişirimleri

Stoneware bünyeler 1150-1250°C aralığında bir sıcaklıkta pişirilebilir. Kamara, tünel ve roller gibi fırınlarda stoneware bünyelerin pişirimi uygundur. 1970 yıllarında yer ve duvar karosu üretimi için geliştirilen roller fırınlar diğer fırınlara kıyasla kısa sürede (58 dak.) pişirme imkanı sunmaktadır (Bartusch, 2004, s. 312-316).

2.5. Stoneware Bünyelerin Kullanıldığı Alanlar

Stoneware bünyeler gözeneksiz yapısı ve yüksek mukavemet özellikleri sebebiyle yer - duvar karosu başta olmak üzere sofraya eşyası ürünleri, sanatsal üretimlerde kullanılabilirler. Özellikle pişirme derecesinin yüksek olması artistik sır çalışmaları için uygunluk sağlamaktadır.

2.6. İlgili Araştırmalar

Yapılan literatür taramaları, Seyhan Baraj Gölü çevresinden temin edilen kil içeriği yüksek malzeme ile şimdiye kadar stoneware bünye çalışılmadığını, seramik endüstrisinde kullanılmadığını ortaya koymuştur. Bununla birlikte stoneware bünyeler üzerine artistik, teknolojik ve arkeolojik anlamda çalışmalar yapıldığı belirlenmiştir. Stoneware bünyeler birçok araştırmacı tarafından farklı bağlamlarda ele alınarak incelenmiştir. Bu çalışmalardan bazıları şöyledir:

Vilarinho, vd. (2023), Alüminyum üretim aşamasında (Bayer Prosesi) oluşan kırmızı çamuru atığını stoneware bünyelerde kullanarak bünyeyi renklendirmişler ve karbon ayak izini azaltmışlardır.

Nawaukaratharnant, vd., (2022), Fe₂O₃ içerikli Bölgesel kil kullanarak stoneware bünyelerin teknolojik özelliklerini incelemişler, Fe₂O₃ ilavesinin su emmeyi

düşürdüğünü, bünye yoğunluğunu arttırdığını, sinterlenme sıcaklığı düşürdüğünü gözlemlemişlerdir.

Chologauri (2022), Gudiashvili Meydanı'ndaki Bartmann stoneware şişelerini Tiflis'teki arkeolojik alanlardaki benzerliklerini karşılaştırmış, Avrupa'dan ithal edilen orijinal kapların yerel olarak üretilmiş taklitleri olduğuna dikkat çekmiştir.

Fındık (2021), “Bartmann/Bellarmino” şişelerini uluslararası ticarete ve Amerika'nın keşfedilmesiyle kolonileşme sürecinde malzeme kültürü bakımından ele almıştır. Bartmann stoneware kaplarının cadılardan, kötü ruhlardan, hastalıktan korunmak amacıyla kullanıldığı düşünülmektedir. Tomografi ve X-Ray analizleri sonuçları bu şişelerin içerisinde saçve tırnak bulunduğunu, idrar kalıntılarının varlığını göstermiştir. Fındık, ayrıca şişe üzerindeki mask- madalyon figürlerine dayanarak tarihlendirilmesine öneriler sunmuş, Antakya'da bulunan bir Bartmann testini tanıtmıştır.

Ube (2018), Vilnius arkeolojik kazılarında bulunan 14-17. yy. stonewareları incelemiş, bu nesneleri tanımlayarak veri analizleri sağlamış, teknik gelişmeler, yapmış oldukları ticaret durumuna değinmiş, toplumun sosyal ve ekonomik durumunda ki değişiklikler hakkında bilgi vermiştir. Toplumun içme alışkanlıklarını incelemiş, kapların, yüzey işlemlerine, rengine ve dekoratif motiflerine göre tarihlendirip sınıflandırıldığını belirtmiş, sonrasında karşılaştırmalı bir yöntem kullanarak üretim merkezleriyle ilişkilendirmiştir.

Lu vd. (2018), Atık mermer tozunu, stoneware bünyelerde yüzey modifikasyonu ve düşük sıcaklıkta sinterleme elde edebilmek için kullanmışlardır. Presleme basıncının artmasıyla, mukavemetin ve yoğunluğun arttığını görmüşler, mermer atıklarının yer karolarında yeniden değerlendirilebileceğini önermişlerdir.

Yeşilay (2018), stoneware bünyelerin bileşimlerinde eritici olarak, endüstriyel soda-kireç-silika cam atıkları, sodyum feldispat ve potasyum feldispata alternatif malzeme olarak kullanmıştır. Çalışmada cam atıkları ile düşük derecede pekişen stoneware bünyelerin oluşturulabileceğini göstermiştir.

Chomitz (2018), 14. yy'da şarabın yerini biranın almasıyla birlikte değişen trend ile birlikte stoneware içki kaplarının özellikleri hakkında bilgi toplayarak kullanım ve işlev yaklaşımını incelemiş, şarap ve bira içiminde kullanılan stoneware kapların tamamlayıcı özelliklerini inceleyerek sınıflandırmasını yapmıştır.

Barrachina vd.(2018), Ağırlıkça %90'lık geri dönüştürülmüş soda-kireç camı ve bir kömürlü termik santralden gelen küllerin karışımından hazırlanan sır süspansiyonunu stoneware bünyelerde kullanmışlardır. 1180 °C de fırınlanan numuneleri XRD, XRF, SEM/EDS ve dilatometrik analizlerle karakterize ederek stoneware karolar için uygun ekolojik sır üretmeyi başarmışlardır.

Njindam vd. (2018), farklı miktarlardaki atık cam tozlarını yer ve duvar karolarında kullanmışlardır. Çalışmalar sonucunda deney bünyelerin ISO 13006 standartlarını karşılamasından dolayı porselen karolar olarak değerlendirilmesi uygun görülmüştür. 150°C'de ve ağırlıkça %30 cam ile pişirilen karo numunelerinin SEM mikrografları, mullit lifli çok kompakt bir doku ve yoğun mikro yapı gösterdiğini ve karoların dikkate değer mekanik özellikler sergilediğini belirtmişlerdir.

Gualtieri vd. (2018), bor içerikli camları sinterleme hızlandırıcısı olarak kullanmışlardır. 140°C daha düşük bir pişirme sıcaklığında, oldukça vitrifiye stoneware seramik karolar elde etmişlerdir.

Taıyıldız (2017), uçucu külün stoneware sırların özelliklerine etkilerini araştırarak, seramik bünye-sırlarda hammadde olarak kullanmıştır.

Yeşilay vd. (2017), seramik sanat eseri üretiminde kullanılacak çamurların oluşturulmasında mermer atıklarının kullanım olasılığını araştırarak, malzemenin stoneware bünyelerde kullanılabileceğini göstermişlerdir.

Rambaldi vd. (2017), gözenekliliğin malzemelerin elastik özellikleri üzerindeki etkisini araştırmak için farklı kapalı gözenekliliğe sahip stoneware numuneleri incelemişlerdir.

Barrachina vd. (2017), saflaştırılmış İspanyol killlerinden stoneware bünye formülasyonlarına odaklanmışlardır. Çalışmalarında organik madde içeren üç İspanyol kilini incelemişler ve demir giderimi, yaş elek yöntemi, hidrosiklon yöntemi ve elektromanyetik filtreleme yöntemini kullanarak çalışmalarını gerçekleştirmişler, demir içeriğinde ağırlıkça %80'e kadar bir azalma elde edilirken, organik madde içeren kili, 400 °C'de 30 dakika boyunca ısıtılma işleminden geçirmişlerdir. Bu işlenmiş killeri, karakterize ettikten sonra (kimyasal ve mineralojik bileşim, plastisite, organik karbon, termal davranış ve renk) stoneware gövde bileşiminde ithal killere yerine kullanmışlar, sonuç olarak sinterleme, morfoloji, renk, eğilme mukavemeti ve dilatometri açısından stoneware formülasyonuna uygun bileşim ortaya çıkarmışlardır.

Çakı vd. (2017), şeffaf sır üretmek için mermer atıklarının geri dönüşümüne odaklanmışlardır. Ağırlıkça %40'a kadar atık içeren sırlar hazırlamış ve stoneware karoların üzerine uygulamışlardır. Çalışmanın sonucunda, mermer atıklarının sır üretiminde kullanılabileceğini görmüşlerdir. Ağırlıkça %20 oranında atık ilavesinden sonra, sisteme yüksek kalsiyum oksit katılması nedeniyle opak sır yüzey dokusunun gelişimini tespit etmişlerdir.

Gülaçtı ve Erköylü (2016), stoneware çamurların fiziksel özelliklerine hammadde miktarının etkisini belirlemek amacı ile altı grupta deneysel çalışmalar yapmışlardır. Birinci grup araştırmada, ana bünye içerisine, farklı oranlarda eklenen sodyum feldispat ve potasyum feldispat miktarının etkisini, ikinci grupta; potasyum feldispat miktarının etkisini, üçüncü grup çalışmada; sodyum feldispat miktarının etkisi, dördüncü grup çalışmada ana bünyeye eklenen potasyum feldispat ve mermer miktarının etkisini araştırmışlardır. Çalışmanın beşinci grubunda sodyum feldispat ve mermer miktarının etkisi, altıncı grubunda ise mermerin stoneware bünyeye olan etkisini incelemiştir. Araştırma sonuçlarını değerlendirerek yarı yaş (plastik) stoneware bünyeler geliştirilmiştir.

Kavas vd.(2016), brusit içeren hammadde ilavesinin stoneware sırnın sertlik ve yüzey mikroyapısı üzerinde göstermiş olduğu etkileri araştırmış, hammaddenin ağırlıkça %2-4 oranlarında dolomitin yerine reçetede kullanılabileceğini ve Brusit içeren hammaddenin yüzey sertliğini arttırdığını göstermişlerdir. Brusit içeren hammaddenin stoneware sırlarında %4'e kadar kullanılabileceğini ortaya koymuşlardır.

Taıyıldız (2015), stoneware bünyelerin fiziksel özelliklerine kaolen, kuvars, nefelin siyenitin miktarlarının 1200 °C sıcaklıktaki etkilerini araştırmıştır. Bünyelerin fiziksel özelliklerine hammadde miktarının etkisinin belirlenmesi amacıyla, çalışmalarını üç ana grupta yürütmüştür; Birinci grupta, kuvars miktarının etkilerini, ikinci grup deneme çalışmalarda kaolin miktarının etkilerini incelemiştir. Üçüncü grup deneme çalışmalarında kil ve kaolen miktarı sabit tutarak, kuvars oranını azaltarak, nefelin siyenit miktarını arttırmıştır. Denemeler sonucunda nitelikli stoneware bünyeler geliştirmiştir.

Selli (2015), zirkon içeren standart beyaz porselen karo bileşimine göre daha iyi beyazlık değerleri gösteren zirkon ($ZrSiO_4$) kullanılmadan alternatif beyaz porselen seramik karo bileşimleri geliştirmeyi amaçlamıştır. Kompozisyonların su emme (%), pişme çekme (%) ve renk (L^* , a^* , b^*) gibi teknolojik özellikleri ölçülerek standart beyaz

stoneware bünye ile karşılaştırmış, yeni anortit esaslı kompozisyonlardan birinin zirkon içeren standart beyaz stoneware bünye yerine üretilebileceğini ortaya koymuştur.

Kealhofer ve Grave vd. (2015), Khmer stoneware üretim ve dağıtımının organizasyonunu anlamaya odaklanmıştır. Zaman içinde Khmer stoneware üretimi, dağıtımı ve tüketimini izlemiştir. Bölgede 20 yıllık fırın araştırması ve önemli arkeolojik kazı ve incelemeler yapmışlardır. Angkor bölgesindeki dört fırın kompleksinden elde edilen stonewareların nötron aktivasyon analizinin karakterizasyon sonuçlarını bildirmişlerdir. Fırın sahalarında bulunan fakat başka yerlerde üretildiği tespit edilen seramikler bu bölgede tüketim kaplarının çok karmaşık olduğunu göstermektedir.

Ube (2014), 15. yy'da stoneware kapların lüks ve statü göstergesi olduğundan, 17. yy'da ise Rönesansın etkisiyle bu kapların öneminin azaldığını ve artık lüks göstergesi olmadığından bahsetmiştir. 18. yy'da ise stonewareların yerini porselen, metal ve kesme cam kaplara bıraktığını belirtmiştir.

Li (2014), Depolama amaçlı üretilen stoneware kavanozların tedarik yerinin Jingdezhen'in Guangdong Fujian kıyı eyaletleri olup olmadığını tartışmışlar arkeolojik buluntuların az olmasıyla kesin bir kanıt ortaya koyamamışlardır.

Perez ve Romeo (2014), Kalıplama basıncı ve kalınlık parametrelerinin pişmemiş ve pişmiş stoneware gövdelerin teknolojik ve mikroyapı özellikleri üzerindeki etkisini incelemişlerdir. Sonuçlar ile karoların özelliklerindeki değişimin karoların kalınlıklarından bağımsız olduğunu göstermişlerdir. Taramalı elektron mikroskobu ile yaptıkları gözlemler ile, kalıplama basıncı arttıkça mullit kristallerinin büyüdüğünü, ancak kristallerin şeklinin yalnızca kalınlıklardan etkilenmediğini bildirmişlerdir. Kalıplama basıncının da gözenek boyutunu etkilediğini bildirmişlerdir. Sonuçlar ile, kapalı gözenek sayısı ile stoneware karo kalınlığı arasında güçlü bir ilişki olduğunu belirtmişlerdir.

Fragassa vd. (2014), Eğilme, basma ve darbe testleri ile mekanik özellikleri karşılaştırarak bükme işleminden geçen stoneware bünye davranışındaki değişikliği incelemişlerdir.

Ologunwa (2013), Akure'deki abbatoirlerin kemik atıkları ile yapılan deneysel çalışmalarla opaklaştırılmış stoneware ürünler ile geliştiren sanat ve tasarım çalışmaları, (Opacifier) adlı çalışmasında kemik külü ile üretilen sırlarla kalay oksit kullanılarak

üretileen sırların fiziksel özelliklerini karşılaştırmıştır. %7-9 inek kemiği külleri ile oluşturulan sırların maliyeti azalttığını kanıtlamıştır.

Çakı, Yeşilay Kaya, Karasu, Başer (2012), Perliti, stoneware sırlarında albit, ortoklaz ve üleksit yerine kullanılmıştır. 1160 °C'de pişirilen ilgili sırların optik parametreleri ve erime özellikleri üzerindeki etkileri araştırmışlardır. Çalışma sonucunda perlitin sırlarda eritici ve renklendirici olarak kullanılabileceğini ortaya koymuşlardır.

Romeo, Rincon ve Perez, (2012), Farklı basınçlar ile (10, 20, 30 ve 40 MPa) şekillendirilmiş, renkli, fırınlanmış stoneware bünyelerin özelliklerini incelemişlerdir. Hızlı fırınlama işleminden sonra karoların küçölme, su emme, gözeneklilik ve eğilme mukavemeti gibi parametrelerini ölçmüşlerdir. Basıncın artması ile yoğunluğun arttığını gözenekliliğin azaldığını, bünyelerin su emmelerinin azaldığını, mukavemetin arttığını görmüşlerdir. Sonuçlar, daha yüksek kalıplama basınçlarında basılan denemelerin (30 ve 40 MPa) birbirleri ile benzer teknolojik özelliklere sahip olduğunu göstermiştir. Pişirim sonrası tüm parçalarda mullit ve kuvars miktarının sabit kaldığını görmüşlerdir. SEM gözlemleri, kalıplama basıncı arttıkça mullit kristallerinin daha uzun olduğunu göstermişlerdir. İlk kalıplama basıncının nihai özelliklerden ana sorumlu olan mullit gelişimi üzerinde belirgin bir etkiye sahip olduğunu belirtmişlerdir.

Melchiades vd. (2011), Stoneware karolarda açıkta kalan yüzey gözeneklerinin ürünün leke direncine nasıl etki ettiğini değerlendirmeyi amaçlamışlardır. Üretilen yüzey aşınması koşullarının değiştirilmesiyle porselen karonun lekelenme eğiliminin önemli ölçüde değiştirilebileceğini ortaya koymuşlardır.

Timuçin ve Öztürk, (2011), Stoneware karoların parlatılması için geliştirilen silisyum karbür (SiC) partiköl gömölü magnezyum oksiklorür çimento (MOC) kompozit cila tuğlaları, 600 ve 1200 grit SiC partiküllerinin MOC macununa ağırlıkça %20, 25 ve %30 oranında katarak üretmişlerdir. SiC tozunun miktarına ve tane boyutuna göre tuğlaların yoğunluğu, basınç dayanımı, aşınma direnci özelliklerini belirlemişlerdir. SiC partiköl gömölmesi, yoğunluğu, basınç dayanımını ve aşınma direncini arttırmıştır. Stoneware karoların ortalama yüzey pürüzlülüğü ve optik parlaklığı ve cilalama sırasında meydana gelen aşındırıcı tuğla tüketimi açısından değerlendirilmiştir. Taramalı elektron mikroskopu incelemeleri, ağırlıkça %25 SiC partiköl gömölü MOC tuğlalarının aşınma direnci ve cilalama performansı açısından en iyi niteliklere sahip olmasının nedenlerini ortaya koymuştur.

Tite (2011), Tang'dan Ming hanedanına (MS 7-17. yy) kadar uzanan, kuzey ve güney Çin'deki stoneware mikro yapıları, hidroflorik ile aşındırıldıktan sonra bir taramalı elektron mikroskopunda (SEM) incelemiştir. Kuzey Çin'den kaolinitik kil (Ding porselen ve Jun stoneware), güney Çin'den stonewareları (qingbai ve sıraltı mavi porselen ve Longquan stoneware) ve güney Çin'den stoneware killer kullanılarak üretilen seramik bünyelerde çok farklı mikroyapıların gözlendiği ortaya koyulmuştur (Yue ve Guan stoneware). Bu nedenle, yüksek refrakter seramiklerin gövdelerinin hidroflorik ile aşındırılmış, sırlı bölümlerinin (SEM) incelemesinin, üretimlerinde kullanılan hammaddeleri araştırmada önemli bir yeri olduğunu belirtmiştir.

Lepienski vd. (2011), granit ve stoneware karonun mekanik ve tribolojik özelliklerini, karşılaştırmışlardır. Mekanik özellikler, sertlik ve elastik modül, aletli girinti ile değerlendirmişlerdir. Sürtünme katsayısı ve aşınma karakterizasyonu, iki kontrollü ortamda ileri geri hareket eden bir düz üzerinde top tribometre kullanılarak %53 bağıl nemli hava ve 23°C'de akan su altında değerlendirmişlerdir. Sinterlenmiş cam-seramik ve stonewarein benzer mekanik ve tribolojik özellikler sergilediğini görmüşlerdir. Mekanik ve tribolojik özelliklerle ilgili sonuçlar ile bu cam seramiğin endüstriyel karo olarak kullanılmaya uygun olduğunu göstermişlerdir.

Gualtieri vd. (2011), başlangıç karışımı bileşiminin porselen karoların mineralojisi ve özellikleri üzerindeki etkilerinin, karışım tasarımı ve Rietveld yöntemiyle tam kantitatif faz analizleri kullanarak araştırmalarını yapmışlardır. Çalışmalarında bünye özellikleri ve hammadde karışım oranları arasındaki fonksiyonel ilişkiler elde ederek pişirilmiş ürünün mineralojik bileşimi ile ilişkilendirmişlerdir. Mullit kristalizasyonunun kimyasal ortama bağlı olduğunu görmüşlerdir. Amorf içeriğin bünye özellikleri üzerindeki en önemli rolünü nicel olarak açıklamışlardır. Amorf içeriğin artmasıyla açık gözeneklilik azalmış olduğunu ve buna bağlı olarak hem leke hem de aşınma direnci arttığını görmüşlerdir.

Perez vd. (2011), Stoneware bünyede mullitin büyüme sürecini incelemiştir. Düşük ve yüksek derecelerde mullit oluşumunda farklı reaksiyonlar olduğunu görmüştür.

Fernandez (2010), Galvanik atıkları, kil, feldispat, kuvars ve geri dönüştürülmüş camdan işlenen endüstriyel bileşimlere dahil ederek stoneware karolar üretmiştir. Galvanik atıkları, endüstriyel işlemlere dahil edilmeden önce gaz oluşturan türleri ortadan kaldırmak için kalsine edilmiş ve kristal fazlar oluşturulmuştur. Kalsine edilmiş galvanik

atığın, spinel fazlı nanokristallerde gelişen fazda sadece kısmen çözündüğünü göstererek galvanik atıkların ağırlıkça %10 a kadar kullanılabileceğini saptamıştır.

Suvacı ve Tamsü (2010), viskozitenin porselen karolara etkisini, mikroyapı gelişimi, leke direnci üzerindeki rolünü araştırmışlardır. Viskoziteyi değiştirmek için parametre olarak $\text{Na}_2\text{O}/\text{K}_2\text{O}$ oranı kullanmışlardır. $\text{Na}_2\text{O}/\text{K}_2\text{O}$ oranı arttıkça viskozite azaldığını ve viskozite deki bu azalmanın, mikro yapının iyileşmesiyle sonuçlandığını görmüşlerdir. Deformasyon olmadan leke tutmayan karolar elde etmek için viskozitede bir alt ve bir üst sınır belirlenmesinin uygun olacağına değinmişlerdir.

Özdamar, Küçüker, Esenli, Kayacı, Uz, (2010), Türkiye, Konya-İlgın bölgesi metariyolitlerinin porselen karo üretimi için eritici olarak uygun olup olmadığını araştırmıştır. Bu amaçla metariyolit kimyasal ve mineralojik özelliklerini kimyasal analizler, XRD ve SEM çalışmaları ile belirlemişlerdir. Referans reçete bileşiminden başlayarak, farklı miktarlarda ağırlıkça %4, 8, 12 ve 16 potasyum feldispat, aynı miktarlarda metariyolit ile değiştirmişler, tüm numuneleri endüstriyel koşullar altında 1200 °C de 49 dakika süreyle pişirerek, bünyelerin su emme, küçülme, mukavemet gibi fiziksel ve mekanik özellikleri ölçmüşlerdir. Denemeler sonucunda metariyolit stoneware bünyelerde eritici olarak kullanılabileceğini görmüşlerdir.

Llop, Notari, Barrachina, Nebot, Núñez, Carda, (2010), stoneware üretiminde kullanılan killerde kromofor oksit (Fe_2O_3 ve TiO_2) içeriğini azaltmaya çalışmışlardır. Bu azaltma işlemlerini, eleme, mıknaş kullanarak manyetik ayırma veya HCl ile asit muamelesi ve daha sonra NH_3 ile nötrleştirme gibi farklı fiziksel ve kimyasal işlemlerle gerçekleştirmişlerdir. Kimyasal işlem görmüş kilde siderit eliminasyonu nedeniyle Fe_2O_3 olarak kromofor oksitler %2,36'dan %1,66'ya düşmüştür.

Marcoux (2010), Kurtarma kazıları sırasında alanda bulunan fırın tabanı kalıntılarını ve zeminin özelliklerini karşılaştırmıştır. Eserleri inceleyen araştırmacı, alkali içerikli sır yerine albany kili ile yapılan astar kullanıldığını ortaya koymuştur. Bu alanda yeni kap tiplerinin varlığına ve bu kap tiplerinin pişiriminde çeşitli ısıtma teknolojilerinin denendiğidikkat çerekerek stoneware fırınlarının sanayileşmeye öncülük eden fırınlar olduğunu ortaya koymuştur.

Doherty vd., (2009), Erken dönem Meissen stonware porselenlerinin boyama tekniklerini araştırmışlardır. Siyah stoneware sırn bileşimi hakkında bilgi toplamışlardır. Prusya mavisi kullanımı, korunma durumu ve belirli pigmentlerin kullanım durumu

hakkında bilgi vermişlerdir. Çalışma dekoratif sanat eserlerinin kronolojisi açısından önemlidir.

Baldi (2008), Özsüz hammaddelerin yerine stoneware bünye reçetesine eklenen fritlerin (ağırlıkça %10) etkilerini değerlendirmiştir. Sinterlemede olumlu etkisi, sıcaklık başlangıçlı yoğunlaştırma ve sinterleme hızında olumlu sonuçları olduğunu görmüştür.

Rincon vd. (2008), stoneware bünyenin sinterlenme davranışı, su emme ve gözenekliliğini değerlendirmişlerdir. Referans çamur ile hazırlamış oldukları bünyedeki mullit oluşumlarını gözlemleyerek eritici olarak kullanılan malzemenin mullit oluşumuna katkısını araştırmışlardır.

Gualtieri vd. (2008), Çimento-asbest dönüşüm ürünü (CATP), alüminyum, demir ve magnezyum içeriğine sahip olması dışında, doğal veya düşük sıcaklıktaki bir klinkerinkine benzer bir faz bileşiğinin olduğunu göstererek atığın, seramik karo karışımlarının üretimi için güvenli bir şekilde geri dönüştürülebileceğini ve reçeteye %3-5 oranında CATP ilavesinin beyaz porselen karo karışımlarının standart parametrelerinde önemli farklılıklar göstermeyeceğini ortaya koymuştur.

Çakı, Karasu, Yeşilay, Imrak, Bayraktar, (2008), Ticari bir kiremit ve tuğla fabrikasından alınan katı atıkların, slip döküm ile oluşturulabilen stoneware bünyelerin üretiminde kullanılabilirliğini araştırmışlardır. Atıkların bünyeye katılması sonucu pişme sonrası ne tür fazlar oluştuğunu tespit etmek için XRD analizi yaparak değerlendirmişlerdir. Sonuç olarak, pişmiş kiremit ve tuğla atıklarının hem sırlı hem de sırsız seramik bünyelerde değerlendirilebileceğini kanıtlamışlardır.

Raimondo, Zanelli, Matteucci, Guarini, Dondi, Labrincha, (2007), Atık camların (TV /PC KATHODİK TÜP VE EKRANI) stoneware karoların sinterlenme davranışlarına ve teknolojik özelliklerine etkisini incelemişlerdir. Çalışmalarında, stoneware gövdeye feldispat yerine ağırlıkça %5 ve %10 TV ve PC katodik tüp ve ekran camı ilavesi ekleyerek değerlendirmelerde bulunmuşlardır.

Tucci, Esposito, Malmusi, Rambaldi, (2007), Stoneware reçetesinde bulunan feldispat yerine spodümen kullanarak yeni bünye reçeteleri oluşturmuşlardır. Spodümen katkısının çatlamayı önlediğini, malzeme mukavemetini artırdığını belirtmişlerdir.

Sousa, Alarcon, Vicente, Weingaertner (2007), Stoneware yer karolarında 7,5 cm s-1 ilerleme hızı ve 0,2 s-1 ve 12 cm yanal salınım frekansı ve genliği kullanılarak polisajlanmış porselen seramik karoların yüzeyindeki parlaklık dağılımını ölçmeyi ve

analiz etmeyi amaçlamışlardır. Altı karo yüzeyi üzerinde oluşturdukları parlaklık modelini, her pikselin karo yüzeyinin bir kısmı ile tek anlamlı olarak ilişkilendirdikleri gri ölçekli grafiklerle sunarak, bulunan parlaklık deseni ile cilalama kinematiği arasında korelasyonlar geliştirmişlerdir. Aynı koşullar altında polisajlanmış karolar arasında veya aynı karo yüzeylerinde parlaklık farklılıkları kaydetmişlerdir. Yanal salınım hareketinin kullanılması, karo yüzeyindeki parlaklık deseninin bir dalga biçimi deseni izlemesine neden olmuş ve çalışmayı ışık-yüzey etkileşimi ve polisaj kafalarının yörüngelerinin örtüşmesi dikkate alınarak iki doğrulayıcı hipotez sunmuşlardır.

Tabata (2006), Tani Fırın sahasından Khmer Stonewarelarının teknik özelliklerini incelemiş, seramik fırınının yapısına, ürün çeşitliliğine ve Tani B4 fırınının kazısı ile netleşen seramik yapım tekniklerini araştırmıştır. Fırınların kaba taneli toprak malzemeden yapıldığını ortaya koymuş, ürün çeşidi olarak kase, çeşitli büyüklükte kavanoz, şişe, fiç, yer karosu, çatılar için saçak kiremitleri üretildiğini göstermiştir.

Glascock (2006), Guthe Koleksiyonu'ndaki stoneware kaplardan oluşan çok yönlü bir çalışmayı sunmuştur. Seramiklerin dekoratif motiflerin stil analizlerini yaparak, morfolojik özellikleri incelenmiştir. Analizler sonucu 4 üretim alanına işaret etmiştir. Çalışma ayrıca M.S. 12. yy'dan 19.yy'a kadar Güneydoğu Asya ticaretine ışık tutmaktadır.

Ferrari ve Gualtieri (2006), Stoneware karo üretiminde yaygın olarak kullanılan bünyeleri üretmek için albit, feldispat ve kuvarstan oluşan bir karışıma ağırlıkça %35 oranında albit ekleyerek ham ve pişmiş ürünlerin mineralojik yönlerine ve bunların illit varlığı nedeniyle teknolojik özelliklerle olan ilişkilerine odaklanmışlardır. Artan illit içeriği ile, erime noktasının düşmesi nedeniyle daha yüksek cam faz yüzdesi ve daha düşük su emme sağladığını görmüşlerdir. Silis ve alümina alkali cam oluşturma eğiliminde olduğundan, illit varlığı, mullit ve kristobalit oluşumunu engellediği görülmüştür. Macaristan'daki killerde, geçiş elementleri çok düşük oranda bulunmasına rağmen, pişirilen ürünlerin deneylerinin rengi daha koyu olduğunu ortaya koymuştur.

Romero, Marquez, Rincon, (2006), diferansiyel termal analiz (DTA) kullanılarak mullit ($3Al_2O_3 \cdot 2SiO_2$) kristallerinin stoneware bünyelerdeki büyümesini incelemiştir. Mullit kristalleşmesinde yığın çekirdeklenmenin baskın olduğunu ve ardından sabit sayıda çekirdekten difüzyonla kontrol edilen polihedron benzeri morfolojiye sahip mullit kristallerinin üç boyutlu büyümesinin izlendiğini göstermiştir.

Taşkıran, Demirkol, Çapoğlu, (2005), Geleneksel stonewarelardan daha iyi özelliklere sahip olan stoneware üretmek için alternatif bir kompozisyon tasarlamaya çalışmışlardır. Geleneksel stoneware üretiminin aksine bünyede anortit kristalleri oluşturarak yüksek bir camı faz oluşumu için çamur tasarlamışlardır. Yoğunluk, su emme, pişme küçülmesi, deformasyon dayanımı, termal genleşme davranışı ve estetik özellikler gibi teknolojik özellikler ölçmüşlerdir. Anortit esaslı malzemenin stoneware gereksinimlerinin karşılanmasını sağladığı ve malzemenin yaklaşık %70 kristal ve %30 camı fazları içerdiğini tespit etmişlerdir.

Kusano, Fukuhara, Fuji, Takada, Murakami, Doi, Anthony, Ikeda, Takano, (2004), Bizen geleneksel Japon stonewarelarda karakteristik bir kırmızımsı deseni olan Hidasuki'nin oluşum süreci, model deneyleri aracılığıyla incelenmiştir. Hazırlanan deneyleri pirinç samanı ve temas etmeden 1250°C'ye ısıtarak soğutmuşlardır. Pirinç samanı varken nispeten yavaş soğutulan numuneler için kırmızımsı bir renk ortaya çıkmıştır. Pirinç samanında potasyum bulunması nedeniyle, pirinç samanının yokluğunda oluşan ana faz olan mullit, korundum, hematit ve diğerleri yaklaşık 50 µm derinlikte yüzey bölgesinde altıgen plaka benzeri kristaller olarak çökeldiğini tespit ederek, bu kristallerin kenarlarında hematit oluştuğunu ortaya koymuştur.

Raimondo, Tenorio, Cavalcante, Dondi, Ercolani, Guarini, Melandri, Almendra, (2004), stoneware bünyelerin mikroyapısı ile mekanik, tribolojik ve fonksiyonel davranışı arasındaki karmaşık ilişkileri daha iyi anlayabilmek için seçtikleri karolar üzerinde geniş bir kimyasal, fiziksel ve mikroyapısal analiz ile bu karoları karakterize etmişlerdir. Mullit ve zirkonun mekanik performansları artırma eğiliminde olduğu görülürken kuvarsın zıt bir rol oynadığını görmüşlerdir.

Karasu, Kaya, Aydaşgil, Kurama (2004), Tunçbilek termal uçucu küllerin renklendirme özelliğinden dolayı şeffaf ve opak stoneware sırlarının renklendirilmesinde kullanılmasının uygun olabileceğini düşünerek çalışmalar yapmışlar ve bu küllerin, herhangi bir üretim parametresini değiştirmeden renklendirme amaçlı seramik sırlarda değerlendirilebileceğini göstermişlerdir.

Cappalletti, Gennaro, Cerri, Gennaro, Dondi, Guarini, Langella, Naimo, (2003), Farklı mineralojiye sahip beş büyük ölçekli İtalyan doğal zeolit yatağını karakterize ederek stoneware bünyelerde test etmiştir. Zeolit içermeyen bünyelerle karşılaştırmıştır.

Zeolitlerin ham ve pişmiş karolarda viskozitede artmaya sebep olduğunu tespit etmişlerdir. Zeolitin öğütülmesiyle viskozite düşürülebileceğini belirtmişlerdir.

Raimondo (2002), Cam-seramik ilavesinin stoneware karoların mekanik özellikleri ve mikroyapısal özellikleri üzerindeki etkisini incelemiştir. Mikroyapı ve doku incelenmiş ve yığın yoğunluğu, açık ve kapalı gözeneklilik ve faz bileşimini belirlemiştir. Gözenekliliğe rağmen mükemmel mekanik performanslar elde etmeyi sağlamıştır.

Matteucci (2002), Camın sinterleme ve teknolojik özellikleri üzerine etkisini araştırmış, stoneware karo üretiminde atık cam geri dönüşümünün fizibilite çalışmasını, tamamen vitrifiye olan bir referans bünye ile değerlendirmiştir. Camı, hem pişirilmiş hem de pişirilmemiş karoların teknolojik ve bileşimsel karakterizasyonu açısından değerlendirmiş ve soda-kireç camının yarı mamul ürünler üzerinde önemli bir etkisi olmadığını görmüştür, ancak açık gözenekliliği ve yığın yoğunluğunu azaltmayı önemli ölçüde etkilediğini görmüştür. Atık cam, kuvarsın erimesine yardımcı olmuş, kısmi bir mullit çözünürlüğü sağlamış, sinterlemeyi hızlandıran daha bol ve daha az viskoz bir sıvı fazına yol açtığını tespit etmiştir. Sonuç olarak çalışmasında, soda-kireç camının, stoneware karoların teknolojik davranışlarının ve performanslarının tolere edilebileceğini az miktarlarda kullanılabileceğini göstermiştir.

Andreola, Barbieri, Corradi, Lancellotti, Manfredini, (2002), ağırlıkça %20 ızgara cürufu içeren karolar imal etmiştir. Bu numunelerin sinterlenebilirliği, mekanik (Vickers mikro sertliği ve Young modülü) ve estetik (nokta direnci ve renk parametreleri analizi) özellikleriyle birlikte yoğunluk ve büzülme ölçümlerini incelemiştir. Atık içermeyen porselenize seramik karolarla yapılan karşılaştırma, seramik gövde ile atık arasında, nihai ürünlerin özelliklerini ve pişirme döngüsünün koşullarını önemli ölçüde değiştirmeyen iyi bir uyumluluk göstermiştir. Atık içeriği ile orantılı olarak gözeneklilik artışının yoğunlukta, çekmede, leke direncinde ve beyazlıkta azalmaya neden olduğu çalışmada belirtmiştir.

Leonelli, Bondioli, Veronesi, Cannillo, Romagnoli, Manfredini, Pellacani (2001), Stoneware karolardaki mikro yapı ve faz gelişiminin karmaşıklığına odaklanmıştır. Kuvars, mullit ve kiyanit minarelleri ile çalışmalar yapmış, preslenen numuneleri, aynı endüstriyel fırınlama programına tabi tutarak Avrupa karo standartlarına göre test etmiştir. Mullit ve kiyanit ilaveli formülasyonların, özellikle eğilme mukavemeti ve aşınma direnci ile ilgili olarak, mekanik özelliklerde artışlar gösterdiğini görmüştür.

Barnes (2001), stoneware üretim kronolijilerini incelemiş ve stoneware üretim olanaklarını değerlendirmiştir. Wajil ve Kimhae stoneware üretimine değinmiş, stoneware üretim teknolojisinin Kore'ye Çin'den geldiğini düşündüğünü belirtmiştir.

Kumar, Singh, Ramachandrarao, (2001), Stoneware karo bileşiminin mekanik özelliklerinde uçucu kül ilavesi etkisini araştırmış, ağırlıkça %25 uçucu kül içeren karoların, referans karolara kıyasla daha iyi eğilme mukavemetine, aşınma direncine ve sertliğe sahip olduğunu görmüştür.

Dondi, Fabbri, Manfredini, Pellacani, (1995), maksimum pişirme sıcaklıklarında kaolin ve killer ile yoğun, düşük gözenekli ve gözenek boyutu küçük olan stoneware bünyelerin dış mekân uygulamalarında ve dona dayanıklı malzemeler olarak kullanılabilineceğini belirtmişlerdir.

Freestone ve Bimson, (1986), Fulham çömlekçiliğinde üretilen kahverengi ve beyaz stoneware ürünlerin bünye ve sırlarının bileşimini incelemişlerdir. Malzemenin mikro yapısını belirlemek için optik ve taramalı elektron mikroskopu, atomik absorpsiyonu spektrofotometrisi, elektron mikroskop analizi (SEM) ve X-ışını kırınımı analizlerini (XRD) kullanarak 17. yy sonunda stoneware bünyelerin üretiminde kullanılan pişirme sıcaklıklarını tahmin etmişlerdir. Sonuçlar, bünye bileşimlerinin, Dwight'ın defterinin günümüze kalan kopyalarında verilen bünye reçeteleriyle benzerlik göstermiştir. Beyaz stoneware bileşimi ve mikro yapısının Çin ve Avrupa porselenleriyle karşılaştırılması, Dwight'ın Çin porselen gövdelerini oldukça yakın bir şekilde yeniden ürettiğini, ancak kireç-alkali astar sır kullanmadığı için Çin porselenlerinin pürüzsüz, zengin görünümünü yeniden üretmede başarısız olduğunu göstermiştir. İncelenen porselen bünye ve sırlar Dwight'ın Çin porselen gövdelerini oldukça yakından kopyaladığını, ancak alkali içerikli astar ve sır kullanmadığı için Çin porselen sırlarının pürüzsüz, zengin görünümünü yeniden üretmediğini ortaya koymuştur.

BÖLÜM III

MALZEME VE YÖNTEM

3.1. Malzeme

Bu çalışmada, Seyhan Baraj Gölü çevresinden alınan kil içeriği yüksek malzeme (SGM) stoneware çamur reçetesinde hammadde olarak değerlendirilerek, farklı oranlarda reçete içerinde kullanımının hazırlanan çamur ve nihai ürünün fiziksel özelliklerine etkisi incelenmiştir. Çalışmada 1200°C pişirim sıcaklığına sahip stoneware çamur reçetesi referans alınarak, reçetede bulunan iki ticari kilden biri seçilmiş, bu kilin reçete içerisindeki miktarı (%10'dan 100'e kadar) kademeli olarak azaltılmıştır. Yerine kilin reçete içerisindeki azalan miktarı kadar (%10'dan-100'e kadar) SGM katkısı yapılarak, malzemenin stoneware çamur reçetesinde kullanım uygunluğu araştırılmıştır. Oluşturulan çamurların laboratuvar ortamında fiziksel ve kimyasal özellikleri incelenmiştir. Şekil 9'da verilen haritada Seyhan Baraj Gölü Çevresi kil içeriği yüksek malzemenin temin edildiği alan görülmektedir.



Şekil 9. Seyhan Baraj Gölü çevresi kil içeriği yüksek malzeme temin alanı

Kaynak: <https://www.google.com/maps/@37.104737,35.329363,11z?entry=ttu>,
modifiye edilmiştir.

Şekil 10'da çalışma alanı ve çevresini gösteren uydu haritası yer almaktadır.



Şekil 10. Seyhan Baraj Gölü uydu fotoğrafı

Kaynak: <https://www.google.com/maps/@37.104737,35.329363,20637m>

Şekil 11'de hammaddenin alındığı alan yer almaktadır.



Şekil 11. Hammaddenin alındığı alan

Şekil 12’de Malzemenin kesekler halindeki görüntüsü verilmiştir.



Şekil 12. Malzemenin kesekler halindeki görüntüsü

Seyhan Baraj Gölü çevresindeki arazilerde kalışleşmiş (CaCO_3 Kalsiyum Karbonat ile birleşmiş toprak) malzeme mevcuttur. Seyhan Baraj Gölü çevresi malzemesinin asitliğinin düşük olması, açık renkli olması, bünyesinde kil ve çeşitli oksitlerin bulunmasıyla Adana ve İnnaplı serilerinden ayrılmaktadır (Kapur, Çavuşgil, Şenol, Gürel, Fitzpatrick, 1990, s. 49-59).

Seyhan Baraj Gölü çevresi malzemesinin kireçli, tınlı (bitki yetiştiriciliğine uygun ve %40 kil içerikli) olduğu görülmektedir. Malzemenin ayrıca organik malzemeleri de içermektedir. Genelde üst katmanlarının taneli yapıya sahip olduğu görülmektedir (Kapur, vd., 1990, s. 49-59). Seyhan Baraj Gölü çevresinde Karaömerli, Bayram Hacı, Dörtler, Memişli, Karşlı, Menekşe Köyü ve Killi Burun mevkileri bulunmaktadır. Bu çalışmada kullanılan referans stoneware bünye reçetesi içerisinde kullanılan hammaddeler ve miktarı (% ağırlıkça) Tablo 1’de verilmiştir.

Tablo 1. Referans Stoneware Bünye Reçetesi

Hammadde	Miktar (%)
Na-Feldispat	18
Kuvars	27
Kaolen 211	29
Kil 201	10
Ticari kil	16

3.2. Yöntem

3.2.1. Hammadde Hazırlama

Seyhan Baraj Gölü çevresinden temin edilen kil içeriği yüksek malzeme 3,35 mm lik (No.6) elek ile manuel olarak elenerek, kaba malzemelerden temizlenmiştir. Ayrıca eleme işlemindeki temel amaç, tane boyutu sınıflandırılmasıdır. Kil içeriği yüksek malzemede bulunan kil plakalarının açılması ve bünyede bulunan çözünür tuzların suda çözülmesi amacıyla bir hafta suda bekletilmiştir. Alçı masada fazla suyu alınarak plastik hale getirilen malzeme, kurutularak kullanıma hazır hale getirilmiştir.

3.2.2. Stoneware Bünyelerin Hazırlanması

Referans olarak belirlenen stoneware bünye reçetesi içerisinde bulunan ve ticari olarak temin edilen kilin oranı azaltılarak (%10-100'e kadar) yerine Seyhan Baraj Gölü çevresinden temin edilen kil içeriği yüksek malzeme, artan oranlarda (%10-100'e kadar) ilave edilmiştir.

Deney çamurları 3000 gr kuru madde üzerinden Tablo 7' de verilen oranlarda, Sartorius marka 1 gr hassasiyetteki terazide tartılmıştır.

Bünyelerin hazırlanması aşamasında reçetede bulunan 2 ticari kilden 1'i seçilmiş, seçilen bu kilin reçetede bulunma oranı kademeli olarak %10, %20, %30, %40, %50, %60, %70, %80, %90, %100 oranında azaltılarak, reçeteye azalan oranlarda SGM ilavesi yapılmıştır.

Hazırlanan numunelerin litre ağırlıkları ve viskoziteleri ölçülerek çalışmalar için uygun hale getirilmiştir.

3.2.3. Standart Testler

Seyhan Baraj Gölü Çevresi kil içeriği yüksek malzemenin stoneware bünyelerde kullanılabilirliğini test etmek amacıyla deney tabletlerine işletme şartlarında uygulanan standart testler uygulanmıştır.

3.2.3.1. Kimyasal Analiz

Seyhan Baraj Gölü çevresi kil içeriği yüksek malzemenin kimyasal analizi Spectro IQ marka ve model x-ışınları floresans (XRF) cihazı ile gerçekleştirilmiştir. Malzeme agat havanda 63µm altına öğütülerek toz haline getirilmiş ve Lityum Tetra Borat ($\text{Li}_2\text{B}_4\text{O}_7$) alkali eritiş yöntemi ile platin kroze içerisinde eritilerek cam tabletler hazırlanmıştır. Kilce zengin malzemenin kimyasal analizi ile kütlece yüzde miktarını belirlenmiş ve sonuçlar % olarak raporlanmıştır. Ateş zayıatı (A.Z) 1000 °C’de hesaplanmıştır.

3.2.3.2. Tane Boyut Analizi

Çalışmada kullanılan hammaddelerin tane boyut dağılımları Malvern Mastersizer 2000 Lazer difraksiyon cihazıyla ölçülmüştür.

3.2.3.3. Plastiklik Özelliği

Killer için plastiklik önemli bir özelliktir. Plastiklik özelliğini tanımlayabilmek için plastisite suyu, kilin su absorpsiyonu, Atteberg plastisite sayısı gibi özellikleri belirlenmelidir. Killerin plastisitesi genelde 4 kategoride incelenmektedir (Malayoğlu, Akar, 1995, s. 131).

- %10-30 plastisite derecesine sahip olan malzemeler; kil olmayan maddeler, şamot killeri, şistler ve adi killeri,

- %30-65 plastisite derecesine sahip olan malzemeler; kaolinler, bağlama killeri,

- %65-80 plastisite derecesine sahip olan malzemeler ise; kaolin, montmorillonit grubu,

- %80 ve üzeri plastisite derecesine sahip ise; bentonitler, montmorillonitler ve yıkama killeri olarak sınıflandırılabilir (Malayoğlu, Akar, 1995, s. 131).

Türkiye’de hammaddesi kil ağırlıklı sanayi ürünlerinin üretiminde hazırlanan reçetelerin Pfefferkorn’a göre 24 mm’ye karşılık gelen plastiklik değeri %24-27 arasında olmaktadır (Uz, Özdağ, Işık, Ceylantekin, 2005, s. 330-336)

3.2.3.4. Küçülme Testleri

3.2.3.4.1. Kuru Küçülme

Küçülme kontrolü ile çamurun pişirim öncesi ve sonrası küçülme oranı tespit edilir. Küçülme kontrol numuneleri 1 cm x 6 cm x 13 cm ebatlarındaki alçı plaka kalıplarında deney çubukları şekillendirilmiştir. Deney çubukları üzerine 10 cm ayarlanmış kumpas ile uzunluk belirlenip işaretlenmiştir. Belirlenen bu uzunluklar "yaş uzunluk" olarak tabir edilir. Plakalar önce iki alçı kalıp arasında sonra etüvde değişmez uzunluğa kadar deforme olmadan 100 °C’de bir gün kurutulmuştur. Kurutma sonrası “kuru uzunluklar” kumpas ile ölçülmüştür. Kuru küçülme değeri yüzde olarak Eşitlik 3.1’e göre hesaplanmıştır (Sümer, 2005, s. 317).

$$\% \text{ Kuru Küçülme} = \frac{\text{Yaş Uzunluk} - \text{Kuru Uzunluk}}{\text{Yaş Uzunluk}} \times 100 \quad (\text{Eşitlik 3.1})$$

3.2.3.4.2. Toplam Küçülme

Kuru uzunlukları kayıt edilen küçülme çubukları fırın vagonlarına yerleştirilerek pişirimleri sağlanmıştır. Fırından çıkan küçülme çubukları işaret konulan yerlerden tekrar ölçülerek okunan değer “pişmiş uzunluk” olarak kayıt edilmiştir. Elde edilen değerler ile toplam küçülme değeri yüzde olarak Eşitlik 3.2’e göre hesaplanmıştır (Sümer, 2005, s. 317).

$$\% \text{ Toplam Küçülme} = \frac{\text{Plastik Uzunluk} - \text{Pişmiş Uzunluk}}{\text{Plastik Uzunluk}} \times 100 \quad (\text{Eşitlik 3.2})$$

3.2.3.5. pH Değeri

Seramik çamurlarında, taneciklerin yüzey ve kenar yüklerinin negatif olması yani deflokülasyonu sağlamak için $pH \geq 9$ olması (bazik ortam) gerekmektedir. (Köseoğlu, Cengizler, İsrail, 2018, s. 972-981) %60 kuru madde olacak şekilde Seyhan baraj bölgesi ile hazırlanan karışımın WTW pH-3110 cihazı ile yapılan ölçüm sonucu pH değeri 8.02 gelmiştir. pH değeri reolojiyi etkileyen bir faktör olup döküm çamurunda pH'ın yüksek yani bazik olması istenmektedir. Malzemenin bazik olması taneciklerin zeta potansiyellerini yükseltecek ve meydana gelen itme kuvvetleri sayesinde katı tanecikler, çamur içerisinde homojen olarak dağılabilecektir. Malzemenin pH değerinin 8.02 olması, plastik olarak extrüzyon ile şekillendirmede tek başına kullanılabileceğini göstermektedir.

3.2.3.6. Su Emme

Su emmesine bakılacak deney örneklerinden ortalamalarını almak üzere 5 adet parça seçilir. Çalışmada su emme işlemine tabi tutulan tüm parçalar sırsız seçilmiştir. Her bir numunenin kütleleri 0.1 gr hassasiyetle tartılarak kuru ağırlıkları kayıt edilmiştir. Numuneler; içinde ızgara bulunan saf suyla doldurulmuş kaba yerleştirilmiştir.

Izgara, numunelerin altında da su bulunmasını sağlarken, numunelerin kabın dibi ile doğrudan temas etmesine de engel olmaktadır. Deney örnekleri saf su ile 2 saat kaynatılarak soğumaya bırakılmıştır. Soğuyan su içerisinde alınan numunelerin yüzeyleri suyunu çektikten sonra tartımları yapılmış, su emme değerleri % olarak (Eşitlik 3.3)'e göre hesaplanmıştır (Mete, 2020, s. 153).

$$\% Su\ emme = \frac{Yaş\ Ağırlık - Kuru\ Ağırlık}{Kuru\ Ağırlık} \times 100$$

(Eşitlik 3.3)

3.2.3.7. Pişme Rengi

SGM pişirim sonrasında renginde meydana gelen renk değişimi için Minolta CR-400 Chroma Meter renk ölçüm cihazı ile CIE (L*)-(a*)-(b*) renk değerleri saptanmıştır. (L*) rengin açıklık değerini tanımlarken, (a*) Kırmızı/Yeşil ton değerini belirtmektedir, (b*) Sarı/Mavi ton değerini belirleyen parametredir. (L*) değerinin

azalması rengin siyaha, (a^*) değerinin azalması rengin yeşile, (b^*) değerinin azalması ise rengin maviye doğru yaklaştığının göstergesidir (Yıldızay, Taşçı, s. 131). Malzemenin 900 °C, 1000 °C, 1100 °C, 1200 °C sıcaklıklarda pişme renkleri ölçülerek (L^*)-(a^*)-(b^*) renk değerleri saptanmıştır.

3.2.3.8. Deformasyon

Hazırlanan çamurlar 8 mm x 30 mm x 300 mm ebatlarında kalıp içerisine dökülen numuneler için deformasyon mesneti üzerinde pişirilmiş ve mesnetler arası sarkma deformasyon olarak kayıt edilmiştir. Deformasyon çubukları kurutulduktan sonra mesnet üzerine yerleştirilerek fırınlanmıştır. Deformasyon çubukları fırınlama işleminden sonra milimetrik kâğıt üzerinde ölçülerek deformasyon değerleri saptanmıştır.

3.2.3.9. Mukavemet

Hazırlanan çamurlar 15 mm x 25 mm x 250 mm ebatlarında kalıp içerisine dökülerek şekillendirilmiştir. Şekillendirilen numuneler etüvde 24 saat kurutulmuş ve oda sıcaklığına (20 °C) soğuması beklenmiştir. Bu numunelerin Gabrielli marka CR/5 model mukavemet test cihazı ile üç noktalı eğilme testiyle ham mukavemetleri ölçülmüştür. Destekler arası mesafe 100 mm olarak belirlenmiştir. Kurutulan diğer numuneler 1200 °C sıcaklıkta tünel fırında pişirildikten sonra yine üç nokta mukavemet test cihazında mukavemetleri ölçülerek pişmiş mukavemetleri hesaplanmıştır. SGM tane boyut dağılımına bakıldığında içerisindeki kum ve siltlere bağlı olarak daha iri olduğu görülmekte olup, ham mukavemetin referansa göre daha düşük olması beklenmektedir. Killerin plastikliğinde etkili olan ince taneli tabakalı ya da bentonitli yapı SGM içerikli çamurlarda etkisini göstermiştir ve SGM oranındaki artışa bağlı olarak ham mukavemette de artış gözlenmiştir. Pişmiş mukavemet ve deformasyonda da bahsettiğimiz gibi SGM içerisindeki alkali grubu oksitlerin oynadığı ergitici rol, sinterleme sonrası yoğunluğu artırmıştır. Yoğunluğun artması SGM oranına bağlı olarak pişme mukavemetinin de artmasını sağlamıştır.

3.2.3.10. Karakterizasyon Çalışmaları

X-Işınları Difraksiyonu (XRD) ile bünyenin yapısında bulunan fazlar, bu fazların yoğunluğu, kristal yapısı, kafes parametreleri vb. bilgiler elde edilmiştir. Oluşan kristal yapılar Vesta programında 3 boyutlu görselleştirilmiştir.

Termal analizler, ısının artmasına bağlı olarak oluşan faz değişimlerinin hangi sıcaklıkta meydana geldiğini ve malzemenin kütle değişimi miktarlarının belirlenmesi amacıyla Her-ış Seramik laboratuvarı'nda NETZSCH Marka ve STA 449 F3 Model Termo-gravimetrik ve Diferansiyel Termal Analiz (TG-DTA) cihazı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Örnekler oksijenli ortamda 25°C'den 1100°C'ye kadar artan sıcaklık aralığında 20 °C/dak ısıtma hızı ile analiz edilmiş, sonuçların raporlanması Netchz termal analiz yazılım programı ile gerçekleştirilmiştir.

Deney örneklerinin mikro yapılarında meydana gelen fazların belirlenmesi ve mikro yapılarının karakteristiğinin tanımlanabilmesi SEM ve EDX analizleri yapılmıştır. Taramalı elektron mikroskobu (SEM-EDX) çalışmaları “Çukurova Üniversitesi Merkez Laboratuvarında” gerçekleştirilmiştir. Böylece farklı oranlarda Seyhan Baraj Gölü Çevresi kil içeriği yüksek malzeme ihtiva eden deney örneklerinin sıcaklık karşısında sinterlenme ve erime özellikleri, içyapılarındaki gözeneklilik, kristal ve mineral yapıları incelenmiştir.

Çalışma sonucunda elde edilen bünyeler, referans bünye ile karşılaştırılmış ve yorumlanmıştır.

BÖLÜM IV

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. Seyhan Baraj Gölü Çevresi Kil İçeriği Yüksek Malzemenin Kimyasal Analizi

Seyhan Baraj Gölü çevresi kil içeriği yüksek malzemenin XRF cihazı ile yapılan kimyasal analiz sonucu değerlendirilmiş, yüksek miktarda SiO_2 (%33,88), CaO (%13,64) ve Al_2O_3 (%9,87) içerdiği saptanmıştır. Ayrıca Na_2O (%0,14), K_2O (%1,87) oranında alkali oksitler içerdiği görülmüştür. Fe_2O_3 oranı ise (%5,74) tür. Organik malzeme ve karbonatlı kayalara bağlı ateş ziyatı (%27,19) dur.

Tablo 2. Seyhan Baraj Gölü Çevresi Malzemesinin Kimyasal Analizi

Malzeme	Bileşikler (%)									
<i>SGM</i>	<i>SiO₂</i>	<i>Al₂O₃</i>	<i>Fe₂O₃</i>	<i>CaO</i>	<i>Na₂O</i>	<i>K₂O</i>	<i>MgO</i>	<i>TiO₂</i>	<i>A.Z</i>	<i>Top.</i>
	33,88	9,87	5,74	13,64	0,14	1,87	7,24	0,43	27,19	100

Tablo 2'deki kimyasal analiz sonuçlarına göre Seyhan Baraj Gölü çevresi kil içeriği yüksek malzemenin ana bileşenlerinin SiO_2 (%33,88), Al_2O_3 (%9,87) ve CaO (%13,64) olduğu görülmektedir. Ayrıca hammadde içerisinde bulunan CaO (%13,64) ve MgO (%7,24) miktarı, malzemenin stoneware üretiminde hammadde olarak kullanılabileceğini düşündürmüştür (Vodova, Sokolar, Hroudova, 2014, s. 717-720).

Kimyasal analizden de anlaşılacağı üzere malzeme içerisinde bünyeye renk veren oksitlerden Fe_2O_3 bulunmaktadır. Malzeme içerisindeki Fe_2O_3 , yükseltgen fırın atmosferinde ve sıcaklığın artmasına bağlı olarak, pişme renginin açık kahveden koyu kahveye doğru farklı renk tonlarının oluşmasına neden olmaktadır (Mirdalı, Halefoğlu, Çetin, 2006, s. 233).

Pişme sıcaklığının artması, pişme sırasındaki reaksiyonlar, yapısal dönüşümler, oksitleyici koşullar, hematit ($\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$) oluşumu, kırmızımsı bir renk tonu oluşmasına

neden olan faktörlerdir (Rice, 2005, s. 335). Oksitleyici olmayan bir atmosferde yüksek sıcaklıkta pişirme, Fe içeren bileşiklerin bünyede bulunmasıyla açık griden siyaha kadar renkler oluşturur (Maritan, Mazzoli, Nodari, Russo, 2005, s. 31–44). Renkli stoneware bünyelerin olduğu göz önünde bulundurulduğunda Fe varlığının pişme rengi açısından dezavantaj oluşturmayaacağı düşünülmektedir. Ağırlıkça %10 Fe_2O_3 içeren bünyelerde pişme sırasında sıvı fazın artmasına bağlı olarak malzemenin özelliklerini etkileyebilir (Nawaukkaratharnant, Thueploy, Khunthon, Nilpairach, Theerapapvisetpong, 2022, s. 4). Fe_2O_3 oranının artması, sıvı faz oluşumunu arttırarak seramik bünyelerin numunenin genleşmesine neden olmaktadır (Nawaukkaratharnant, vd., 2022, s. 4). Bünye karışımlarına eklenen Fe_2O_3 eritici madde olarak görev yapar ve sinterlenme sıcaklığını düşürür (Acchar, Dultra, Segades, 2013, s. 141). Sinterlenme sıcaklığının düşmesi üretimde enerji tasarrufu sağlamaktadır (Nawaukkaratharnant, vd., 2022, s. 7). Fe_2O_3 oranının artmasına bağlı olarak bünyelerin yoğunluk değeri artmaktadır (Fe_2O_3 oranının artması su emmeyi de düşürmektedir (Nawaukkaratharnant, vd., 2022, s. 4). Fırınlama sürecinde ise yüksek sıcaklıkta eritici görevi gören MgO , CaO ve Fe_2O_3 oranı göz önünde tutularak ürünlerin deforme olmayacağı bir fırınlama sıcaklığı belirlenmelidir. Killerde bol miktarda karbonat bulunması, vitrifikasyonun başlangıç sıcaklığını düşürür (Trindade vd., 2009, s. 345). Silika, çamurda bağlayıcı özelliği ve kuru direnci azaltırken yüksek sıcaklıklarda ise yapıyı ayakta tutan iskelet görevi görür. Pişme sırasında deformasyonu önleyerek gaz çıkışını sağlar (Mete, 2020, s. 140). Özellikle malzemenin genel yapısı göz önüne alındığında bünyeyi olumsuz yönde etkileyebilecek bileşenin, CaO olduğu düşünülebilir. CaO , bünyede CaCO_3 formunda bulunduğu ve miktarının %10'dan fazla olması ve tane boyutunun iri olması durumunda, pişirim sonrasında hataya yol açmaktadır (Mirdalı, Daday, Daday, 2019 s. 248). Bentonitik karakterli bir malzeme olması sebebi ile şekillendirme sırasında bünyesine aldığı şekillendirme suyunun kurutma sürecinde bünyeden uzaklaşırken çatlamalara sebep olmaması için kurutma süreci kontrollü ve yavaş yapılmalıdır.

Kullanılan hammaddelere ait kimyasal analiz sonuçları Tablo 3'te verilmiştir.

Tablo 3. *Kullanılan Hammaddelere Ait Kimyasal Analiz Sonuçları*

Malzeme	Bileşikler (%)									
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Na ₂ O	K ₂ O	CaO	MgO	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	A.Z.	Top.
Na-Feldispat	69,75	18,49	10,38	0,13	0,69	0,03	0,06	0,14	0,33	100
Kuvars	99,14	0,40	0,03	0,02	0,04	0,01	0,02	0,03	0,31	100
Kaolen 211	46,84	37,31	0,19	2,77	0,23	0,34	1,06	0,25	11,01	100
Kil 201	55,61	28,19	0,09	2,56	0,18	0,26	1,16	1,18	10,77	100
Ticari Kil	54,96	28,71	0,11	2,05	0,26	0,31	1,56	1,38	10,66	100
SGM	33,88	9,87	0,14	1,87	13,64	7,24	5,74	0,43	27,19	100

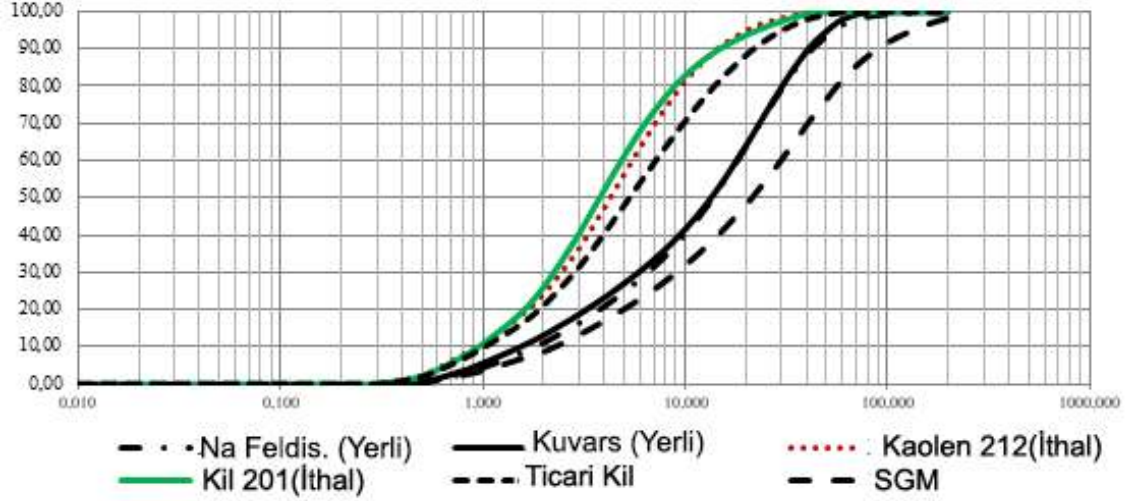
4.2. Tane Boyutu Analizi

Çalışmada kullanılan tüm hammaddelerin tane boyut dağılımları Tablo 4'te görülmektedir.

Tablo 4. *Hammaddelerin Tane Boyut Dağılımları*

Malzeme	<1 µ (%)	<10 µ (%)	<63 µ (%)	d 10 (µm)	d 50 (µm)	d 97 (µm)
Na-Feldispat	4,69	38,30	92,30	1,71	16,44	81,14
Kuvars	3,53	31,01	98,23	2,41	17,30	57,52
Kaolen 211	7,75	68,60	99,79	1,19	6,04	33,29
Kil 201	6,49	57,32	94,05	1,35	7,47	84,53
Ticari Kil	8,73	64,05	98,10	1,10	6,30	52,28
SGM	3,69	31,87	82,74	2,26	21,44	169,18

Tablo 4’te tane boyutları verilen hammaddelerin grafiksel gösterimi Şekil 13’te verilmiştir.



Şekil 13. Hammaddelerin tane boyutlarının grafiksel gösterimi

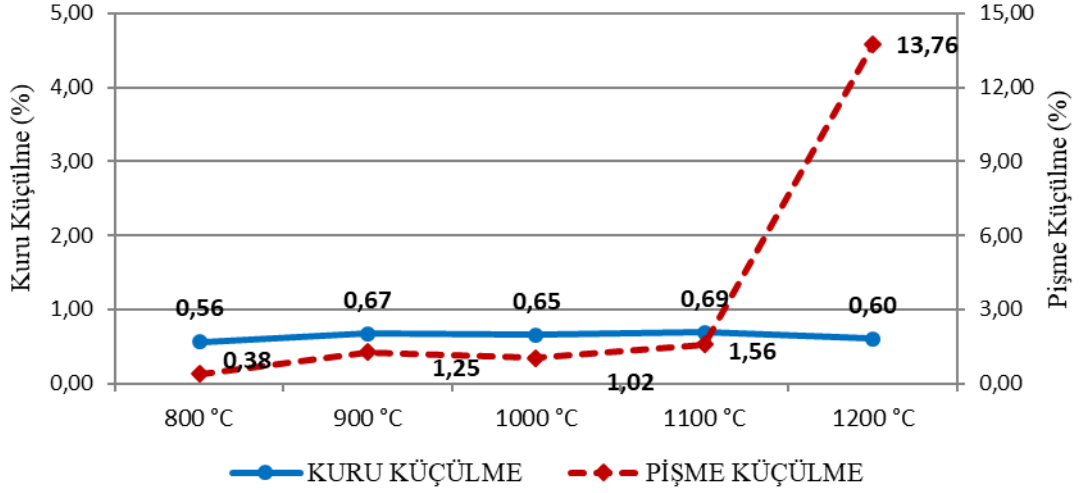
Tane boyut dağılımındaki değişimler, paketleme yoğunluğunu, gözeneklilik ve gözenek boyut dağılımını etkileyen faktörlerdir. Ham yoğunluk, pişme küçülmesi özelliği de tane boyutu ile ilişkilidir (Funk, Dinger, 1993, s. 416.) Tane boyunun küçülmesi ile yüzey gerilimi düşer ve buda malzemenin büzülmesini arttırır. Bu artışla da malzeme daha yoğun hale gelir. İnce tanelerin bünyede bulunması gözenekliliği daha da düşürür (Funk, Dinger, 1993, s. 150-152). Gözeneklilik faktörü seramik malzemelerinin dona karşı direncinde de önemli bir etmendir (Wagh, Poeppel, Sing, 1991, s. 3862-3868; Klosek, Bugaj, 2016, s. 236-241).

4.3. Plastiklik Analizi

Çalışmada Seyhan Baraj Gölü kil içeriği yüksek malzemesinin plastiklik değeri ölçülmüştür. Pfefferkon’a göre malzemenin 24 mm’ye karşılık gelen plastisite indeksi $\approx$ %23,80’dır. Malzemenin plastisite indeksi incelendiğinde doğrudan seramik ürünlerin üretiminde kullanılabileceği görülmektedir.

4.4. Kuru Küçülme ve Toplu Küçülme Analizi

Hazırlanan çamurlar 15 mm x 25 mm x 250 mm ebatlarında kalıp içerisinde şekillendirilmiştir. Şekillendirilen tabletler üzerine 10 cm'lik uzunluk işaretlenmiş, bu uzunluk üzerinden kuru, pişme ve toplam küçülme değerleri % olarak hesaplanmıştır. Şekil 14'te SGM % Kuru ve pişme küçülme grafiği görülmektedir.



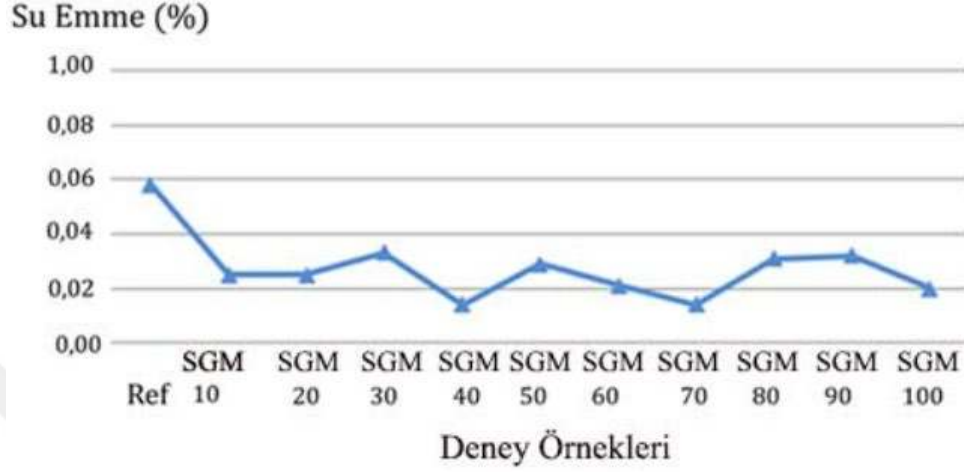
Şekil 14. SGM % kuru ve pişme küçülme grafiği

Seyhan Baraj Gölü çevresi kil içeriği yüksek malzemenin küçülme test sonuçlarında 1100 °C sıcaklığa kadar kuru ve pişme küçülmesinde lineer olarak çok düşük miktarda bir değişim görülmüştür. Şekil 14'te grafikte de görüldüğü üzere 1200 °C'de pişirilen numune pişme küçülmesi diğerlerine göre yaklaşık 10 kat artış ile %13,76 küçülme gerçekleşmiştir. Seramik bünyelerde sıcaklık arttıkça küçülmenin de artması beklenmektedir. Malzeme içeriğindeki alkali oksitler sebebi ile reçetede ki ergitici oranı artmıştır. Malzeme içerisinde Fe_2O_3 bulunması, CaO 'ın ve MgO 'ın 1200 °C'de eritici rol oynaması toplu küçülmeyi arttırmıştır.

4.5. Su Emme

Seyhan Baraj Gölü çevresi kil içeriği yüksek malzemenin içerdiği toprak alkali (%) oranı çamur bünyesine daha fazla ergitici girmesine neden olmuştur. Böylece reçetede SGM artmasıyla su emme değerleri düşmüştür. Ca açısından zengin killerde, vitrifikasyona bağlı olarak Ca-silikatlar kristal yapı oluşturur. Böylece iyi sinterlenmiş ve sert bir mikro yapı meydana gelir. Bu yapı, daha gözenekli bir mikro yapı gösteren Ca-

zayıf killere kıyasla daha düşük su emme özelliği ile karakterize edilir (Bonis, Giuseppe, Celestino, Alessio, Mariano, 2017, s. 8066). Şekil 15'te deney örneklerine ait su emme grafiği görülmektedir.



Şekil 15. Su emme grafiği

Denemelerde SGM artmasıyla su emme değerlerinin düştüğü görülmüştür.

4.6. Pişme Rengi

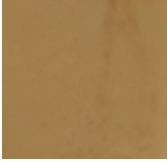
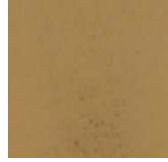
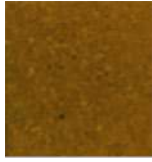
Kullanılan malzemelerin tuvenan hali ile pişme sonrası renkleri bir değildir. Malzemenin pişme rengi, içerdiği oksit türlerine ve miktarına göre değişmektedir.

Pişirim sıcaklığı da pişme rengine etki eden önemli bir faktördür (Binal, Öztürk, Ay, 2011, 93).

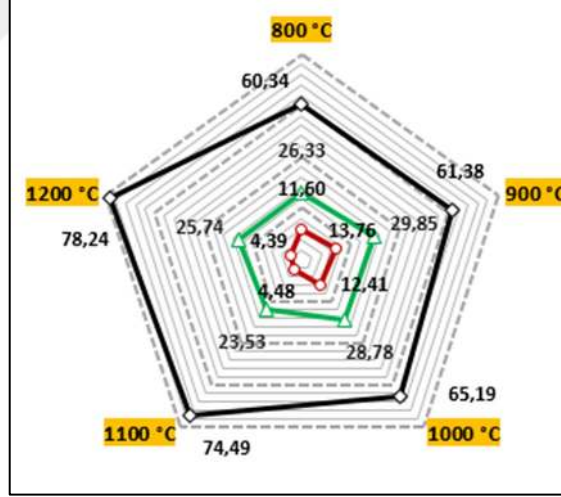
Deney örneklerine 900°C, 1000°C, 1100°C ve 1200 °C sıcaklıklarda pişme rengi analizi yapılmıştır.

900°C, 1000°C, 1100°C, 1200°C sıcaklıklarda pişirilen deney örneklerinin CIE Lab sistemine göre eşdeğer pişme renkleri Tablo 5'te, pişme grafiği Tablo 6'da verilmiştir.

Tablo 5. Seyhan Baraj Gölü Çevresi Kil İçeriği Yüksek Malzemenin Pişme Rengi

Pişme Rengi					
					
	800°C	900°C	1000°C	1100°C	1200°C
(L)	60,34	61,38	65,19	74,49	78,24
(a)	11,60	13,76	12,41	4,48	4,39
(b)	26,33	29,85	28,78	23,53	25,74

Tablo 6. Seyhan Baraj Gölü Çevresi Kil İçeriği Yüksek Malzemenin Pişme Rengi Grafiği



Karbonat içeriği yüksek, yaklaşık %7 ve üzerinde CaO içeren killerin pişme rengi bej, açık sarı tonlarından açık kahve tonlarına kadar değişmektedir. Kalsiyum içeriğinin yüksek olması rengin açılmasına neden olur. CaO ilavesi ile gerekli durumlarda bünye rengi açılabilir (Bender, Händle, 1982). Tablo 5'te de görüldüğü üzere, Seyhan Baraj Gölü Çevresi kil içeriği yüksek malzemenin CaO içermesi ve CaO'nun ağartıcı etkisinin (Yeşilay, 2018, s. 129), (Yeşilay, Çakı, Çakır, 2018, s. 32) bulunması sebebiyle ısısının artmasına bağlı olarak 1000°C ve 1100 °C de rengin açıldığı görülmüştür. Bünyede Fe₂O₃

varlığının bulunması ve sıcaklığın 1200 °C üzerine çıkması malzemenin pişme renginin koyulaşmasına neden olmuştur.

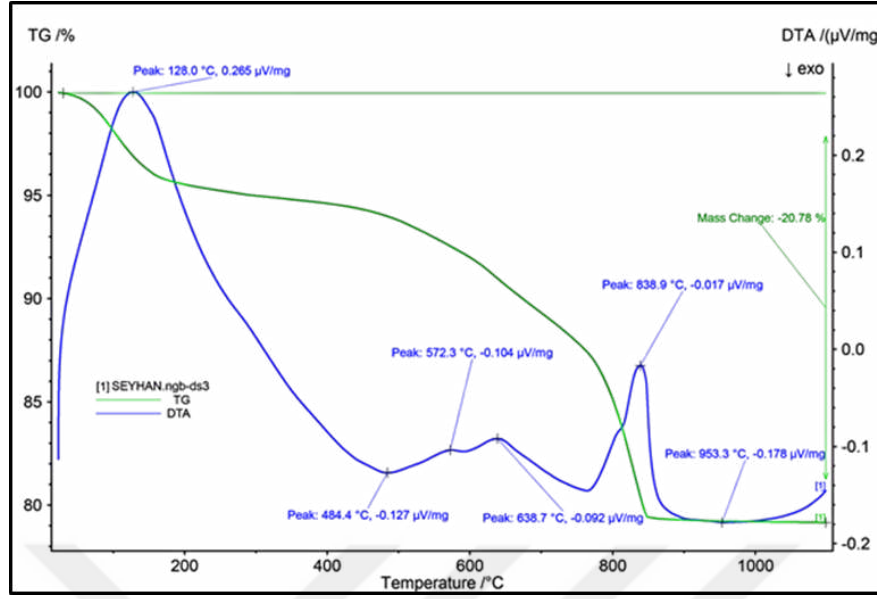
4.7. Seyhan Baraj Gölü Çevresi Kil İçeriği Yüksek Malzemenin Karakterizasyonu

4.7.1. Termal Analiz

Termal analiz, malzeme özelliklerinin sıcaklıkla değişimlerini inceleyen analiz yöntemidir. Malzeme kimyasal reaksiyona girdiğinde ya da fiziksel durumunda bir değişim olduğunda ısı alır ya da verir. Isıl değişimler endotermik (ısı alan) ya da ekzotermik (ısı veren) etkiler olarak bilinmektedir. Dehidrasyon ve dekarbonasyon reaksiyonları, farklı sıcaklıklarda H₂O ve CO₂ saldıkları için reaksiyon kinetiğini ve yeni fazların oluşumunu kontrol eden önemli faktörlerdir (Duminuco, Messiga, Riccardi, 1998, s. 85-190).

Karbonatların yaklaşık 800 °C'de ayrışması, ağırlıkça %18–20 CO₂ salar ve pişirme sırasında gözeneklilik oluşturur. Malzemede oluşan ağırlık değişimleri termogravimetri (TG), endotermik (ısı alan) ya da egzotermik (ısı veren) reaksiyonlar sonucunda oluşan değişimler diferansiyel termal analiz (DTA) yöntemiyle saptanır.

Seyhan Baraj Gölü çevresi kil içeriği yüksek malzemenin sıcaklık artışına bağlı olarak meydana gelen ağırlık kayıpları ve bünyede oluşan reaksiyonların hangi sıcaklıklarda, oluştuğu, reaksiyon türü ve şiddetinin ortaya konmasıyla Seyhan Baraj Gölü çevresi kil içeriği yüksek malzemenin termal davranışları belirlenmiştir. Şekil 16'da SGM hammaddesi TG –DTA eğrisi verilmiştir.

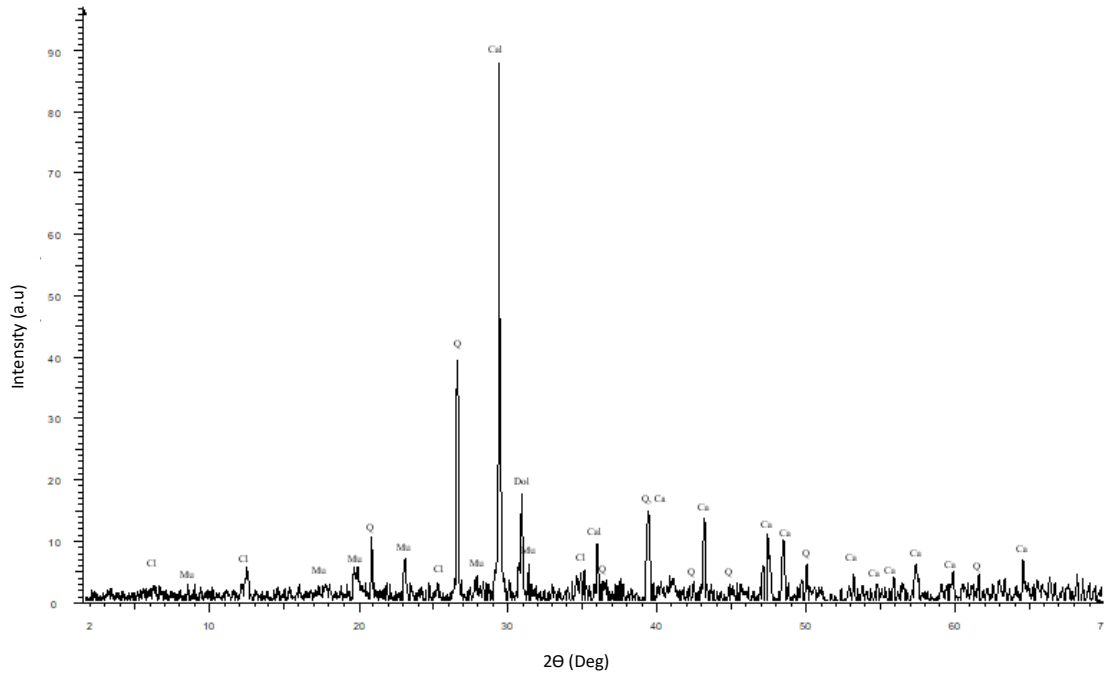


Şekil 16. SGM hammaddesi TG –DTA eğrisi

Çalışmada kullanılan malzemenin, termal karakterizasyonu Her-İş Seramik Laboratuvarında NETZSH STA 449 marka diferansiyel termal analiz cihazı (DTA) ile yapılmıştır. Şekil 16’da 147°C oluşan kütle kaybının malzeme içerisinde bulunan su ile ilişkilendirilebileceği, 488 °C ile 900°C arasındaki kütle kayıplarının malzeme içerisinde bulunan organiklerin yanması ve karbonatlı kayaçların kimyasal bozunmalardan kaynaklı olabileceği düşünülmektedir. Malzeme içerisinde bulunan demir oksidasyonu, sülfatlar, karbonatlar ve nitratlar kütle kayıplarının temel sebebidir (Elgamouz, Tijani, Shehadi, Hasan, Kawam, 2019, s. 5)

4.7.2. X-Işınlari Analizi

Seyhan Baraj Gölü Çevresi kil içeriği yüksek malzemenin X-ışınları kırınım analizi ile mineralojik yapısı incelenmiştir. Seyhan Baraj Gölü çevresi malzemesinin XRD analizi, Erciyes Üniversitesi Teknoloji Araştırma ve Uygulama Merkezi'nde bakır (Cu) X-ışını tüpüne sahip olan 1,544 Å dalga boyuna sahip, Cu-K α X-ışını kullanılan Brukers D8 Advance marka cihaz ile yapılmıştır. Şekil 17'de Seyhan Baraj Gölü Çevresi civarından temin edilen malzemenin XRD analizi verilmektedir.



Şekil 17. Seyhan Baraj Gölü çevresi kil içeriği yüksek malzemenin XRD analizi (Cal: Kalsit, Dol: Dolomit, Q: Kuvars, Mu: Muskovit, Cl: Klorit)

XRD analizi incelendiğinde malzemenin kalsit (CaCO_3), muskovit, $(\text{KAl}_2(\text{Al}_2\text{Si}_3\text{O}_{10})(\text{F},\text{OH})_2)$, klorit $(\text{Mg},\text{Fe},\text{Al})_6(\text{Si},\text{Al})_4\text{O}_{10}(\text{OH})_8$, dolomit $(\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2)$ ve kuvarstan (Q) oluştuğu görülmüştür. Termal bozunma sonucunda dolomit ve CaCO_3 'tan CO_2 uzaklaşarak geriye bu bileşikler oluşturulan CaO gibi oksitler kalmaktadır. Muskovit, mika grubu içerisinde yer alan mineraldir.

Muskovitin elastiklik özelliği bulunmaktadır ve yapraksı yapıya sahip olması sebebiyle ince levhalara kolayca ayrılabilir (Chevalier, 2008, s. 4).

Kloritlerde bulunan Fe, Al, ve Mg miktarlarındaki değişimler, kayaçların gömülme ile birlikte, derinlik etkisi ile artan sıcaklık ve basınçla oluşan mineralojik bileşimine bağlıdır (Tetiker, Yalçın, Bozkaya, 2015, s. 78).

4.8. Seyhan Baraj Gölü Çevresi Kil İçeriği Yüksek Malzemenin Stoneware

Bünyelerde Kullanımı

Referans reçete içerisindeki ticari kil oranı azaltılarak yerine Seyhan Baraj Gölü Çevresinden temin edilen kil içeriği yüksek malzeme %10-100 artan oranlarda olacak şekilde ilave edilerek hazırlanan bünyeler 1210 °C’de 58 dakika da işletme şartlarında pişirilmiştir. Deney tabletlerine işletme şartlarında kullanılan sırlar da uygulanmıştır. Pişirim sonucunda bünyelerin işletme de kullanılan yüksek derece sırlar ile de uyumlu olduğu görülmüştür. Çalışmada kullanılan malzemelerin litre ağırlığı, vizkozite, tiksotropi, değerleri Tablo 7’de verilmiştir.

Tablo 7. Malzemelerin litre ağırlığı, vizkozite, tiksotropi, değerleri

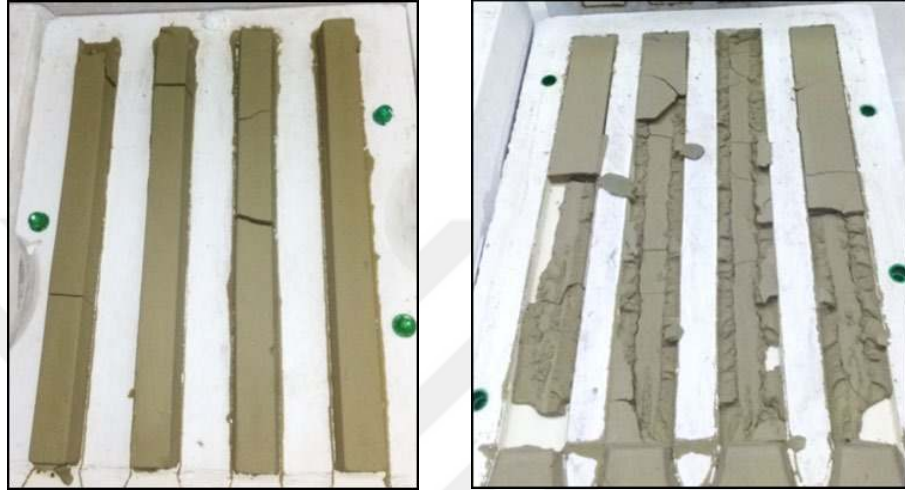
		Kil 201	Ticari kil	Kaolen 211	SGM
Litre Ağırlığı	(gr/lt)	1625	1630	1640	1610
1.Viskozite	(°)	327	328	324	310
2.Viskozite	(°)	307	310	306	225
Tiksotropi 1dk	(°)	20	18	18	85

SGM’nin çabuk jelleşmesi yani tiksotropisinin yüksek olmasından dolayı silikat kullanımı artmıştır. Tiksotropiye bağlı olarak kalıp boşalmamış ve kalınlık almaya bakılamamıştır. Şekil 18’da kalınlık alma testi için kupa döküm sonuçları görülmektedir.



Şekil 18. SGM kalınlık alma test örnekleri

SGM kaygan yapısı sebebiyle, kalıba yapışmış ve kuruma aşamasında çatlamıştır. Sağlam deformasyon ve mukavemet çubuğu alınamadığından gerekli ölçümler yapılamamıştır. Şekil 19’da mukavemet ve deformasyon çubuklarının döküldüğü kalıplar görülmektedir.



Şekil 19. SGM mukavemet ve deformasyon çubukları

Çamurların hazırlanabilmesi için hammaddeler kuru madde üzerinden Sartorius marka terazide Tablo 8’de görülen oranlarda tartılmıştır.

Tablo 8. Çamurların Reçete Bileşimleri (%)

REÇETE	HAMMADELER						
	N.Feldispat	Kuvars	Kaolen	Kil	Ticari Kil	SGM	Top.
Referans	18	27	29	10	16	0	100
SGM 10	18	27	29	10	14,4	1,6	100
SGM 20	18	27	29	10	12,8	3,2	100
SGM 30	18	27	29	10	11,2	4,8	100
SGM 40	18	27	29	10	9,6	6,4	100
SGM 50	18	27	29	10	8	8	100
SGM 60	18	27	29	10	6,4	9,6	100
SGM 70	18	27	29	10	4,8	11,2	100
SGM 80	18	27	29	10	3,2	12,8	100
SGM 90	18	27	29	10	1,6	14,4	100
SGM 100	18	27	29	10	0	16	100

4.9. Stoneware Bünye Reçetelerinin Reolojik Özellikleri

Stoneware bünye reçetelerinin reolojik özellikleri incelenerek Tablo 9’da verilmiştir. SGM ince taneli yapıya sahip olup ve klorit ve muskovit gibi mineraller içermektedir. Killer çamura plastiklik verir ve akıcılığa sahiptir (Ferrari, Gualtieri, 2006, s. 81). Malzemenin kil cevheri içermesi ve ince taneli yapısı nedeniyle SGM oranı arttıkça çamurun jelleştiği ve viskozitenin düştüğü görülmüştür.

Tablo 9. Stoneware Bünye Reçetelerinin Reolojik Özellikleri

	REF	SGM 10	SGM 20	SGM 30	SGM 40	SGM 50	SGM 60	SGM 70	SGM 80	SGM 90	SGM 100
Litre Ağırlığı gr/lt.	1805	1715	1750	1775	1750	1755	1745	1755	1760	1755	1740
1.Vizkozite (°)	330	340	333	329	322	320	315	332	322	320	310
2.Vizkozite (°)	314	310	311	303	280	270	265	265	250	220	205
Tiksotropi (°)	16	30	22	26	42	50	50	67	72	100	105
Sodyum Silikat	0,05	0,1	0,13	0,19	0,23	0,28	0,29	0,4	0,42	0,44	0,46

Tablo 8’de SGM oranı arttıkça litre ağırlığı artmıştır. Reçetede kil parçacıkları arasındaki elektrostatik etkileşme ve Van der Waals kuvvetlerinin çekim etkisiyle çamurun akışkanlığı zamana bağlı olarak azalabilir. Seyhan Baraj Gölü Çevresi kil içeriği yüksek malzeme oranı arttıkça deflokulant olarak kullanılan sodyum silikat (NaSiO_4) oranı da artış göstermiştir. Sodyum silikatın (NaSiO_4) aşırı kullanılması durumunda çamur pıhtılaşarak çöker. Bu nedenle kil-su sistemlerinin reolojik özelliklerinin bilinmesi ve kontrol altında tutulması önemlidir (Güngör, Dilmaç, 1994).

4.10. XRF Analizi

Hazırlanan stoneware bünye reçetelerinin XRF analizi ile kimyasal içerikleri belirlenmiştir. Stoneware bünye reçeteleri XRF analiz sonuçları Tablo 10’ da verilmiştir.

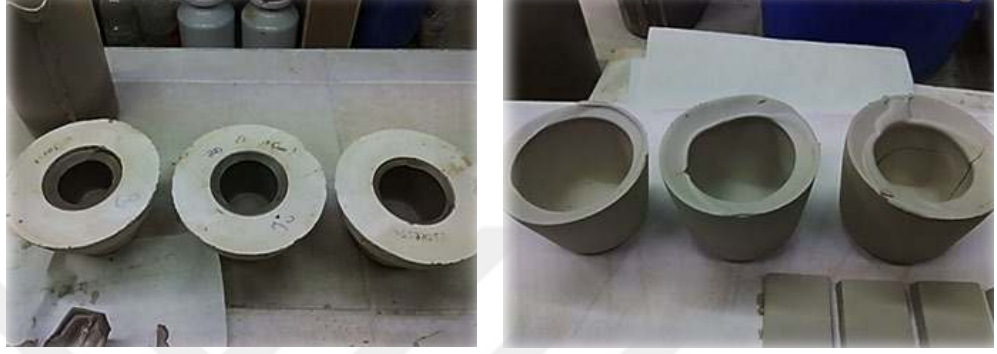
Tablo 10. *Stoneware Bünye Reçetelerinin XRF Analiz Sonuçları*

	REFERANS	SGM 10	SGM 20	SGM 30	SGM 40	SGM 50	SGM 60	SGM 70	SGM 80	SGM 90	SGM 100
SiO₂	65,37	65,56	65,54	65,23	64,84	64,31	64,11	63,98	64,38	63,67	62,67
Al₂O₃	22,53	22,3	21,86	21,57	21,56	21,26	20,38	20,72	19,98	19,87	19,65
Fe₂O₃	0,631	0,819	0,906	0,937	1,035	1,12	1,33	1,185	1,211	1,329	1,46
CaO	0,349	0,604	0,908	1,039	1,253	1,484	1,815	1,73	2,39	2,55	2,58
MgO	0,204	0,282	0,387	0,495	0,67	0,77	1,045	0,907	1,087	1,219	1,334
Na₂O	2,97	2,28	2,09	2,26	2,1	2,16	2,39	2,44	1,62	2,06	2,11
K₂O	1,022	0,93	0,948	0,943	0,947	0,9	1,018	0,932	0,925	0,967	0,978
TiO₂	0,407	0,474	0,464	0,432	0,431	0,46	0,403	0,46	0,439	0,404	0,396
A. Z	6,34	6,64	6,8	6,98	7,1	7,39	7,4	7,46	7,75	7,82	8,41

Tablo 10’a göre SGM içeriğinde Fe₂O₃, CaO ve MgO bulunduğu görülmektedir. Referans bünyede bulunan Al₂O₃ oranı (%22,53) iken SGM katkılı çamurlarda SGM oranı arttıkça Al₂O₃ oranı (%19,65) azalma göstermiştir. SGM malzemesinin, ateş zayıtının ticari kile göre yüksek olması, hazırlanan çamurların ateş zayıtını da etkileyerek artmasına sebep olmuştur. SGM malzemesindeki ateş zayıtının yüksekliği, malzeme içerisinde bulunan organik bileşiklerin yanmasından ve CaCO₃ içeriğinde bulunan CO₂’in ısı artışına bağlı olarak bünyeden uzaklaşmasından kaynaklı olduğu düşünülmektedir.

4.11. Kalınlık Alma Test Sonuçları

Hazırlanan stoneware bünye reçeteleri kupa kalıbı içerisine dökülerek 30 dk, 60 dk ve 90 dk bekletilmiş, süre sonunda kalıp ters çevrilerek boşaltılmış, şekillenen çamur kalıptan çıkarılarak ve etüvde kurutulmuştur. Şekil 20’ de SGM 10 kodlu çamurun aldığı kalınlıklar görülmektedir.



Şekil 20. Kalınlık alma döküm kalıpları ve numuneleri

Hazırlanan bünyelerin kalınlık alma değerleri Tablo 11’de verilmiştir.

Tablo 11. 30 dk, 60 dk ve 90 dk Kalınlık Alma Test Sonuçları

Kalınlık Alma	REFERANS	SGM 10	SGM 20	SGM 30	SGM 40	SGM 50	SGM 60	SGM 70	SGM 80	SGM 90	SGM 100
30'(mm)	4,34	5,38	5,7	5,75	6,36	7,62	8,76	9,12	9,41	9,45	9,57
60'(mm)	6,15	6,38	6,96	7,5	8,88	10,21	10,56	11	11,29	11,53	11,55
90'(mm)	8,3	10,13	10,41	11,05	11,67	-	-	-	-	-	-

SGM oranının artmasına bağlı olarak çamur tiksotropisi yükselerek zamana bağlı olarak akışını kaybetmiştir. Böylece çamur kalıp içerisinden boşalmadığından %50 ve üzerindeki miktarlardaki SGM katkılı çamurlarda 90 dk bekletme süresinde kalınlık ölçümü yapılamamıştır. Fakat %50 ve üzerindeki miktarlarda 30 dk. ve 60 dk. kalınlık alma süresi lineer olarak artsa da akışkanlığın azaldığı görülmüştür. Uygun deflokülasyon için $pH \geq 9$ olması (bazik ortam) gerekmektedir. SGM pH değeri 8.02 olması sebebiyle döküm çamuruna uygun olmadığı görülmektedir.

4.12. Stoneware Bünyelerin Fiziko-Mekaniksel Özellikleri

Hazırlanan çamurlar 15 mm x 25 mm x 250 mm ebatlarında kalıp içerisinde şekillendirilmiş, kuru, pişme ve toplam küçülme değerleri % olarak hesaplanmıştır.

Küçülme sonuçlara bakıldığında 100 °C'ye kadar olan kuruma aşamasında sadece fiziksel suyun uzaklaşmasına bağlı küçülmelerin gerçekleştiği görülmüştür.

Malzeme içerisindeki MgO ve CaO'nun 1180 °C üzerindeki sıcaklıklarda bünye bünyede eritici özellik göstermesi sebebiyle, SGM 100 kodlu örneğe doğru yaklaştıkça ısı deformasyon riskinin arttığı gözlenmiştir. Tablo 12'e göre artan SGM miktarına bağlı olarak deney çubuklarının % deformasyon miktarı görülmektedir.

Deney örneklerinden 5 adet parçanın % su emme miktarına bakılmıştır. % Su emme miktarındaki düşüş toplam gözenek sayısı ve gözenek boyutuyla doğrudan ilişkilidir (Loutou, Hakkou, Argane, Mansori, Grase, Svinka, Mezinskis, 2018, s. 1805).

SGM, referans bünyedeki ticari kil ile kıyaslandığında daha fazla alkali/toprak alkali içermektedir. Bu nedenle hazırlanan yeni bünye reçetelerine (SGM 10'dan SGM 100'e kadar) daha fazla ergitici girmesine neden olmuştur. Böylece alkali-toprak alkali miktarı yeni bünyelerin pişme mukavemetini etkilemesinin yanı sıra, pişirimin ilerleyen aşamasında erimeyi arttırarak vitrifikasyon sağlamış, gözenekleri kapatarak daha az gözenekli bir yapı ortaya koymuştur.

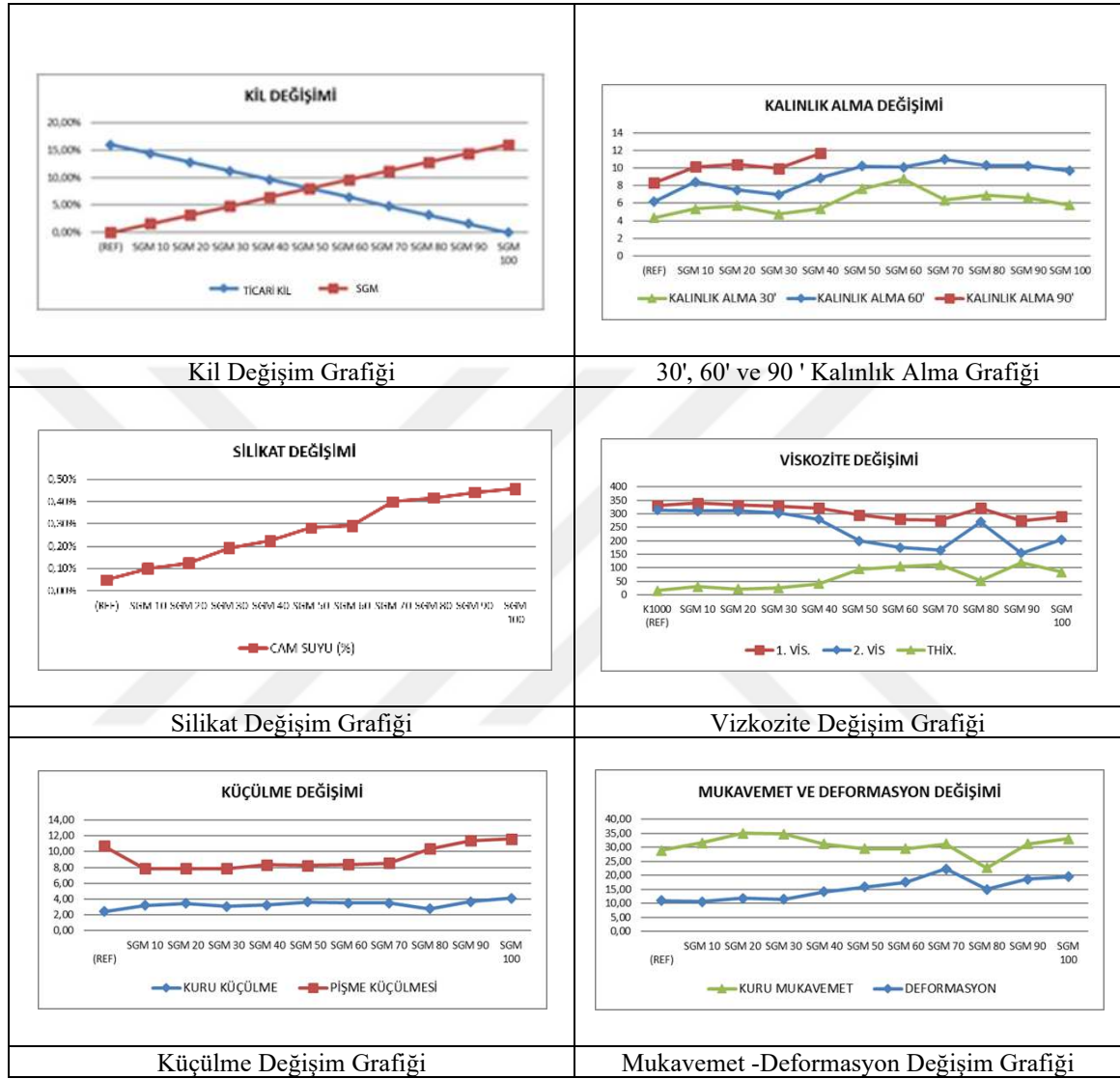
Referans reçeteye göre % su emme miktarının yeni bünyelerde düşmesinde etkili olmuştur (Tablo 12).

Tablo 12. *SGM Katkılı Stoneware Bünye Reçetelerine Uygulanan Test Sonuçları*

Deneme Kodu	% Kuru Küçülme ve % Kuru Mukavemet Sonuçları		% Pişme ve Toplu Küçülme, Pişmiş Mukavemet % Su Emme % Deformasyon Sonuçları				
	% Küçülme	% Mukavemet	% Mukavemet	% Küçülme		% Su Emme	% Deformasyon (mm)
				P.K	T.K		
Referans	3,26	26,36	533,9	7,92	11,18	0,06	11,05
SGM 10	3,23	27,96	541,4	7,87	11,09	0,03	11,16
SGM 20	3,48	28,36	568,3	7,85	11,33	0,03	11,54
SGM 30	3,32	28,40	579,2	7,93	11,25	0,03	12,18
SGM 40	3,39	28,7	583	8,24	11,63	0,01	13,86
SGM 50	3,62	29,55	594,4	8,39	12,01	0,03	15,88
SGM 60	3,53	29,89	609	8,96	12,49	0,02	16,56
SGM 70	3,59	31,25	621,7	9,62	13,21	0,01	16,85
SGM 80	3,62	31,86	624,9	10,38	14,00	0,03	17,32
SGM 90	3,81	32,23	629,2	11,40	15,21	0,03	18,74
SGM 100	4,11	33,05	633	12	15,73	0,02	19,50

SGM oranı arttıkça Tablo 12'deki verilere göre pişme ve kuru mukavemetin arttığı görülmüştür.

Stoneware bünye reçetelerine uygulanan test sonuçlarının grafiksel gösterimi Şekil 21 'de görülmektedir.



Şekil 21. Test sonuçlarının grafiksel gösterimi

4.13. Referans Bünye Reçetesi ve Stoneware Bünye Reçetelerine Ait Diferansiyel Termal Analiz Sonuçları

Referans bünye reçetesine ait TG-DTA grafiği incelendiğinde 200 °C'ye kadar %0,6 kütle kaybına yol açan, fiziksel suyun atılmasına bağlı geniş bir endotermik pik görülmüştür.

200-300 °C aralığında β kristobalitin α kristobalite dönüşümüne bağlı %0,26 kütle kaybı görülmüştür. Aynı zamanda 200-450°C sıcaklık aralığında organikler yanarak uzaklaşmıştır.

550°C sıcaklıkta oluşan endotermik pikte kaolinin dehidratasyonu gerçekleşmiştir. Bu aşamada yaklaşık %5,1 kütle kaybı yaşanmıştır.

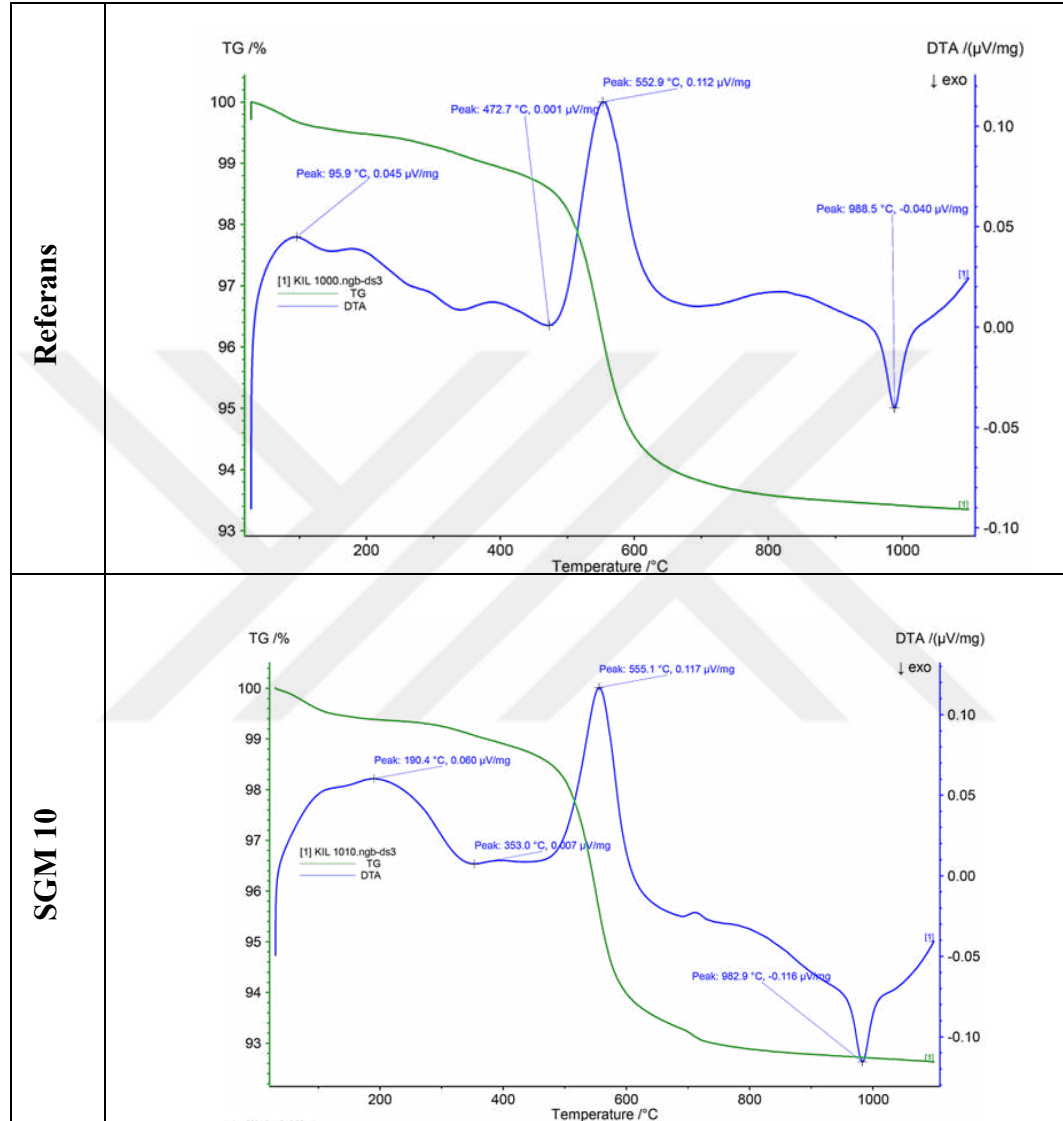
Son olarak 900-1000°C sıcaklık aralığında mullit oluşumunu gösteren ekzotermik reaksiyon gözlenmiştir.

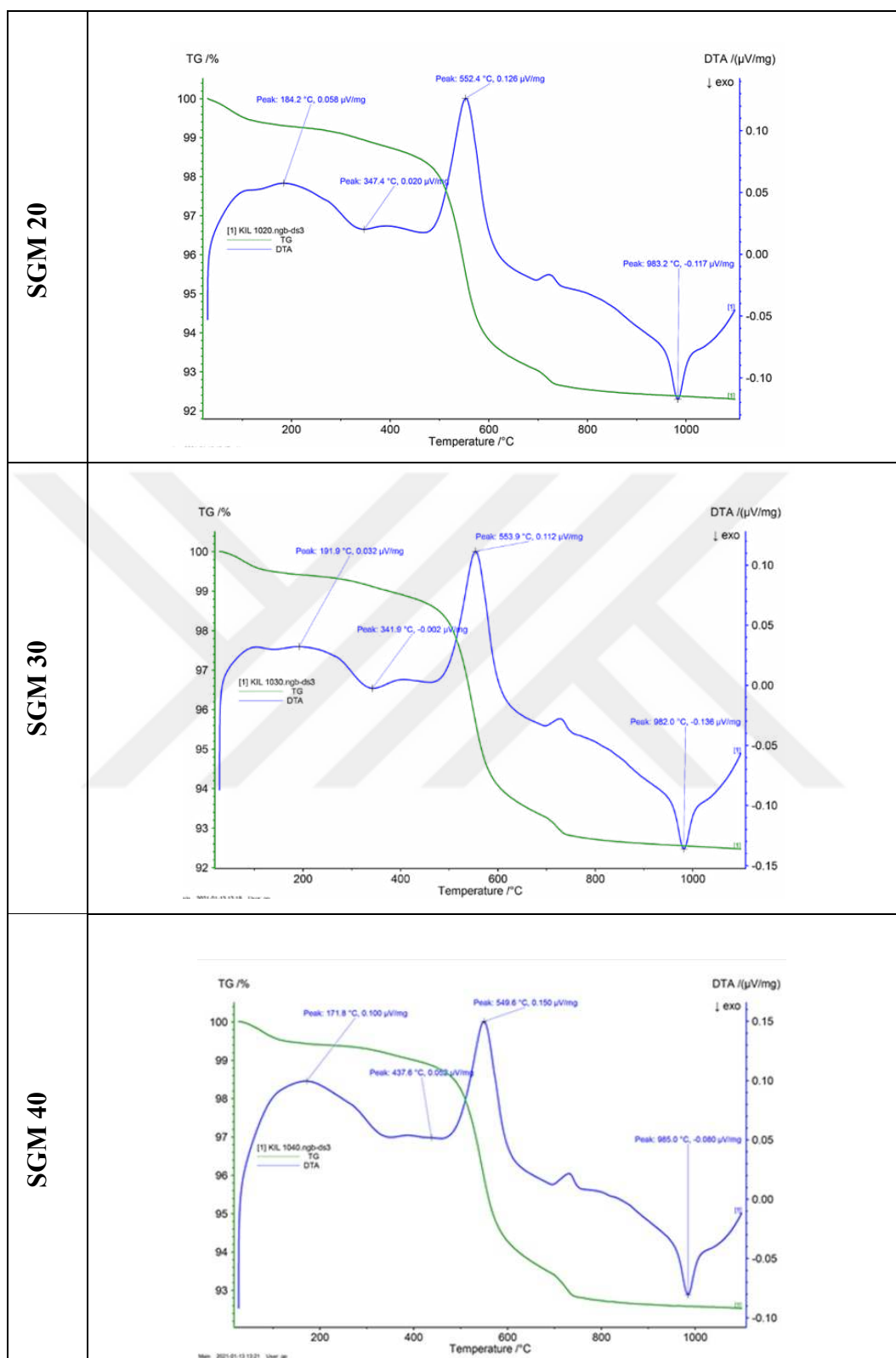
Kaolen için termal etkiyle oluşan değişimler bazı parametrelere bağlıdır. Bu parametreler; kaolenin safsızlığı, kristal yapısı, bulunduğu yer, tane boyutu ve dağılımı, thermocouple, cihazın çalışma koşulları, fırın, fırın atmosferi, ısıtma hızı, numunenin miktarı vb dir (Chakraborty, 2003, s. 203-209).

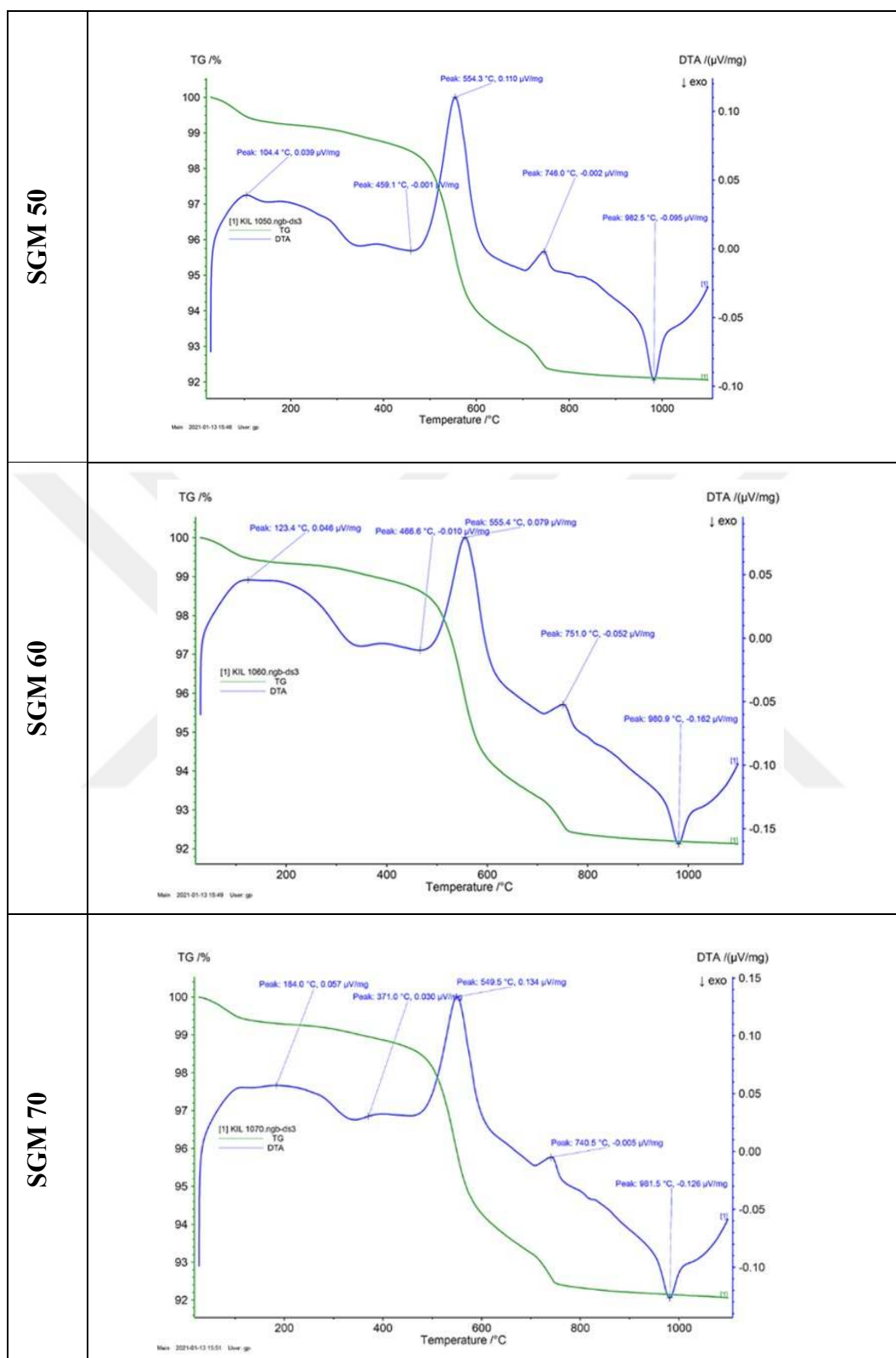
500-700 °C sıcaklık aralığında oluşan dehidratasyon piki, 1000 °C dolaylarında ekzotermik pik ve 1200 °C dolaylarında küçük ekzotermik pik olduğu DTA analizinde görülen piklerdir (Mackenzie, 1970).

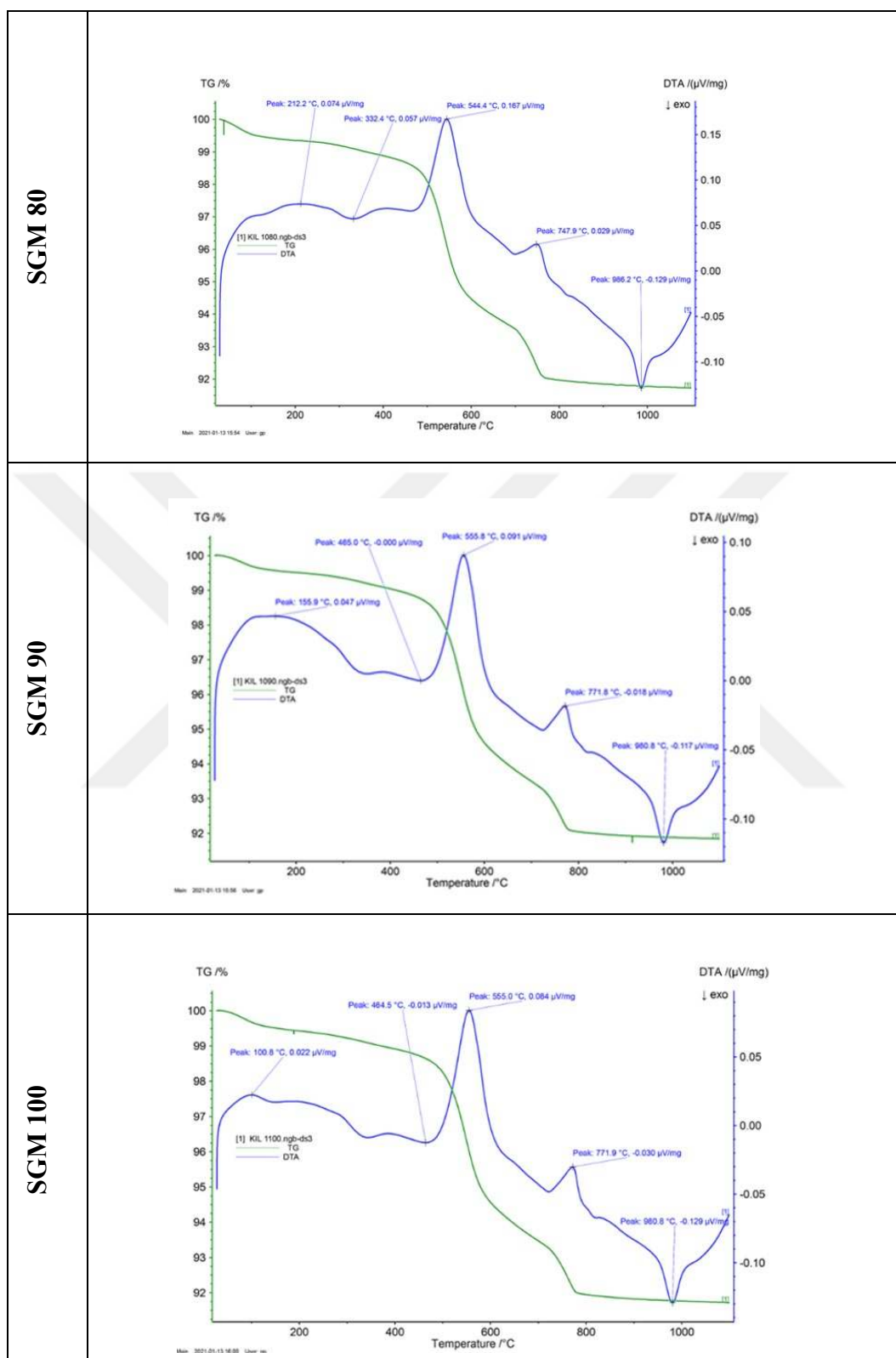
Tablo 13'te referans stoneware bünye reçetesi ve yeni oluşturulan stoneware bünye reçetesi için TG –DTA eğrileri verilmiştir.

Tablo 13. Referans Bünye Reçetesi ve Yeni Oluşturulan Stoneware Bünye Reçetelerinin TG –DTA Eğrileri









Referans bünye reçetesinde TG –DTA eğrisinden farklı olarak, SGM oranının artmasına bağlı olarak 700-800 °C sıcaklık aralığında bir endotermik pik oluşumu gözlenmiştir. Endotermik pik oluşumu SGM oranı arttıkça keskinleşmiştir.

Endotermik pikin XRD analizinde tespit edilen kalsit ve dolomit minerallerinden kaynaklandığı ve bu minerallerin bozunum sıcaklığında meydana geldiği görülmektedir. Tablo 14’ te yeni oluşturulan stoneware bünyelerin TG-DTA analizi verileri görülmektedir.



Tablo 14. *Stoneware Bünyelerin TG-DTA Verileri*

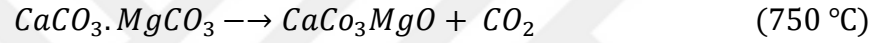
Deneme Kodu	DTA		TG
	Sıcaklık(°C)	Reaksiyon Tipi	Toplam Kütle Değişimi (%)
Referans	95,9 472,7 552,9 988,5	Exo End. Exo End.	6,60
SGM 10	190,4 353,0 551,1 982,9	Exo End. Exo End.	7,40
SGM 20	184,2 347,4 552,4 983,2	Exo End. Exo End.	7,60
SGM 30	191,9 341,9 553,9 982,0	Exo End. Exo End.	7,60
SGM 40	171,8 437,6 549,6 965,0	Exo. End. Exo. End.	7,60
SGM 50	104,4 459,1 554,3 746,0 982,5	Exo End. Exo Exo End.	8,00
SGM 60	123,4 466,6 555,4 751,0 980,9	Exo End. Exo Exo End.	7,80
SGM 70	184,0 371,0 549,5 740,0 981,5	Exo End. Exo Exo End.	7,90
SGM 80	212,2 332,4 544,4 747,9 986,2	Exo End. Exo Exo End.	8,20
SGM 90	155,9 465,0 555,8 771,8 980,8	Exo End. Exo. Exo. End.	8,20
SGM 100	100,8 464,5 555,0 771,9 980,8	Exo. End. Exo Exo. End.	8,20

Kütle değişimi artan SGM miktarına bağlı olarak dolomit kaynaklı karbonatların uzaklaşması ile daha yüksek sıcaklıklarda gerçekleşmiştir.

Referans çamurda 25-1100 °C sıcaklık aralığında kütle değişimi yaklaşık %6,6 olarak ortaya çıkarken, SGM 100 kodlu çamur için aynı sıcaklık aralığında kütle değişimi % 8,20 olarak ortaya çıkmıştır.

Dolomitin 513 °C sıcaklıkta bozunmaya başladığı; ancak 590 °C'ye kadar ayrılan madde miktarının göz ardı edilebilecek kadar az miktardadır. Sıcaklığın artmasıyla ayrışmanın hızlandığı bilinmektedir (Azbe, 1944, s. 68).

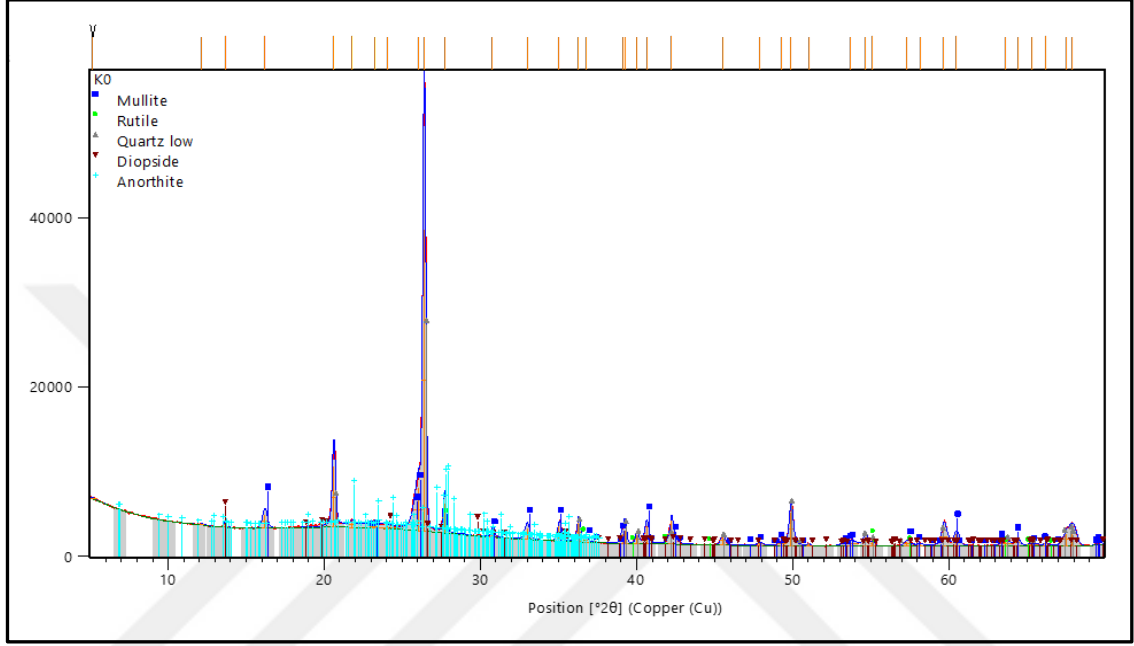
Atmosferik basınçta ve saf karbondioksit ortamında, dolomit magnezyum karbonat bileşeninin, ortalama ayrışma sıcaklığı 725 °C olarak saptanmıştır. Aynı koşullar altında kalsiyum karbonat bileşeninin ise, ayrışma sıcaklığı daha yüksektir. Dolomitin termal bozunması iki kademedeyi meydana gelmektedir.



İlk kademedeyi $MgCO_3$ 750 °C bozularak CO_2 çıkışı gerçekleşir, ikinci kademedeyi $CaCO_3$ 850 °C bozularak CO_2 çıkışı gerçekleşir (Goldsmith, 1969).

4.14. XRD Analizleri

Şekil 22’de Referans stoneware bünyeye ait XRD analiz grafiği verilmiştir. Referans bünyede mullit ($3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$), rutil (TiO_2), diopside ($\text{CaMgSi}_2\text{O}_6$) ve anortit ($\text{CaO} \cdot 2\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$) fazları gözlenmiştir.



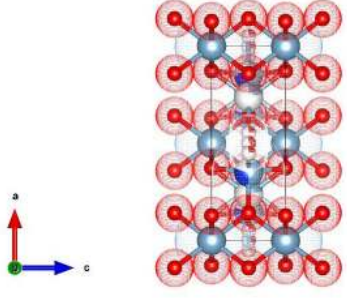
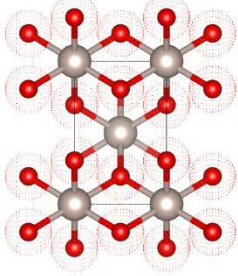
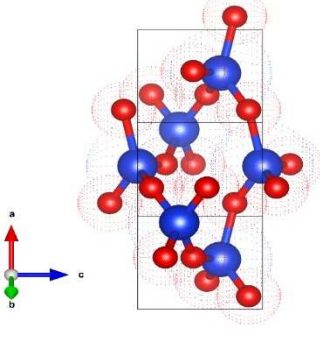
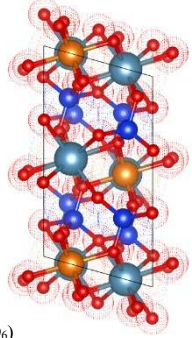
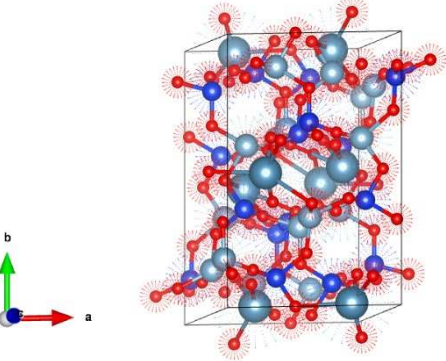
Şekil 22. Referans stoneware bünyeye ait XRD grafiği

XRD grafiğinde görülen diopsit, CaO-MgO-SiO_2 sisteminde kristalleşen yüksek sıcaklık fazıdır (Höland, Beall, 2002).

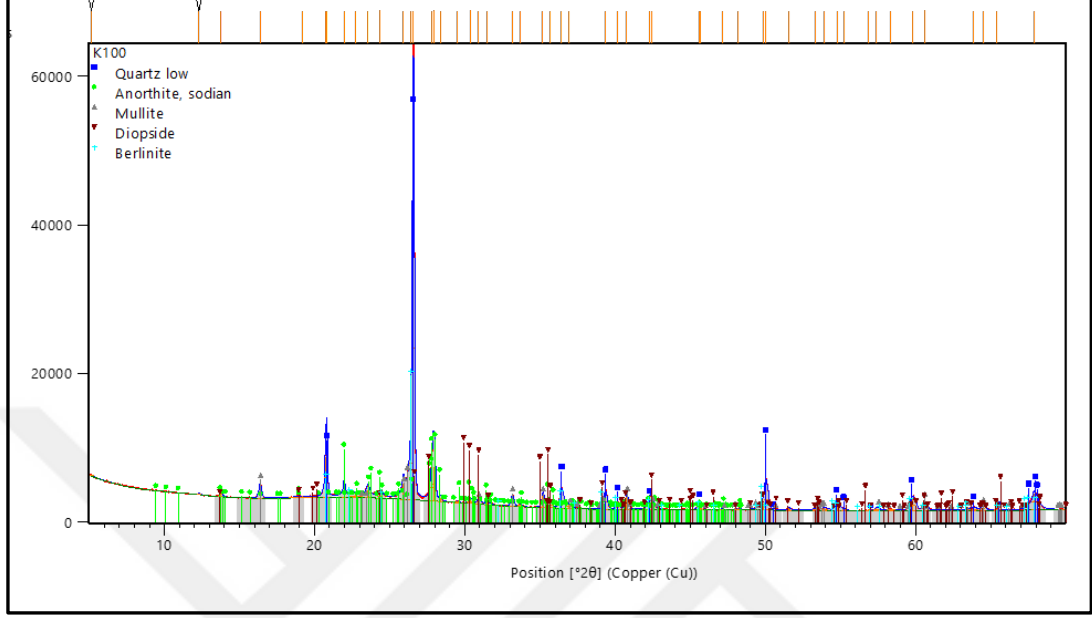
Diopsitin kristal yapısı, Ca, tetrahedra silikalar, Mg atomlarının bir araya gelmesiyle meydana gelen monoklinik kristal yapı sistemidir. (Höland, Beall, 2002)

XRD analizinden elde edilen fazların kristal yapısı Tablo 15'te gösterildiği gibidir. Burada verilen kristal yapı, Vesta 3D yazılım programı ile oluşturulmuştur.

Tablo 15. Referans Bünyeye Ait XRD Analizi İle Elde Edilen Fazların Kristal Yapıları

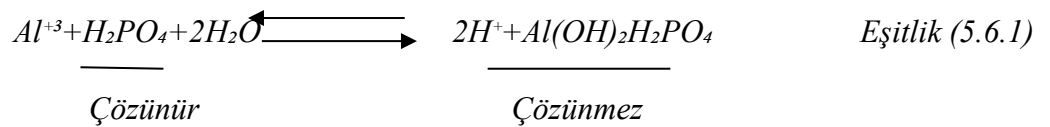
 Mullit ($\text{Al}_{4.8}\text{O}_{9.6}\text{Si}_{1.2}$) Kristal Yapı: Orthorhombic Hücre parametresi: a (Å) 7.5880 - b (Å) 7.6880 - c (Å) 2.8900 $\alpha(^{\circ})$:90 $\beta(^{\circ})$:90 $\gamma(^{\circ})$:90	 Rutil (TiO_2) Kristal Yapı: Tetragonal Hücre parametresi: a (Å) 4.53 - b (Å) 4.53 - c (Å) 2.921 $\alpha(^{\circ})$:90 $\beta(^{\circ})$:90 $\gamma(^{\circ})$:90
 Kuvars (SiO_2) Kristal Yapı: Hegzagonal Hücre parametresi: a (Å) 4.938 - b (Å) 4.938 - c (Å) 5.421 $\alpha(^{\circ})$:90 $\beta(^{\circ})$:90 $\gamma(^{\circ})$:120	 Diopsit ($\text{CaMgSi}_2\text{O}_6$) Kristal Yapı: Monoclinic Hücre parametresi: a (Å) 9.781-b (Å) 8.918-c (Å) 5.257 $\alpha(^{\circ})$:90 $\beta(^{\circ})$: 105.74 $\gamma(^{\circ})$:90
 Anortit ($\text{Al}_2\text{CaSi}_2\text{O}_8$) Kristal Yapı: Anorthic Hücre parametresi: a (Å) 8.223-b (Å) 12.915-c (Å) 12.95 $\alpha(^{\circ})$:86.335 $\beta(^{\circ})$:80.932 $\gamma(^{\circ})$:88.98	

SGM 100 kodlu stoneware bünyeye ait XRD analiz grafiği Şekil 23'te görülmektedir.



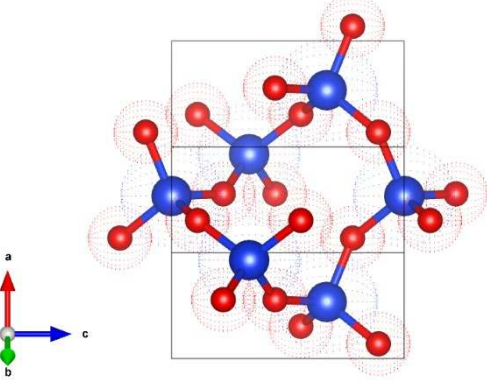
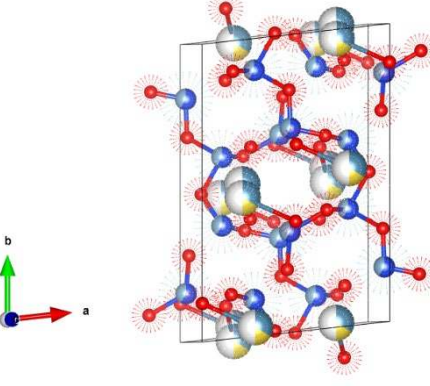
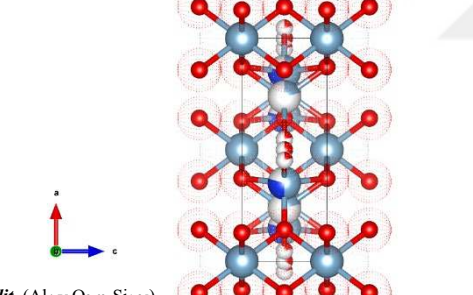
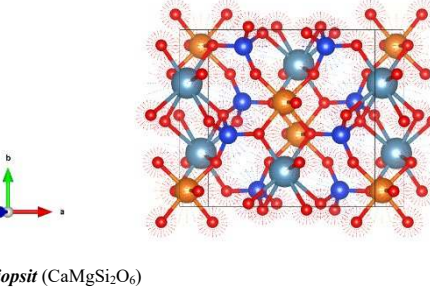
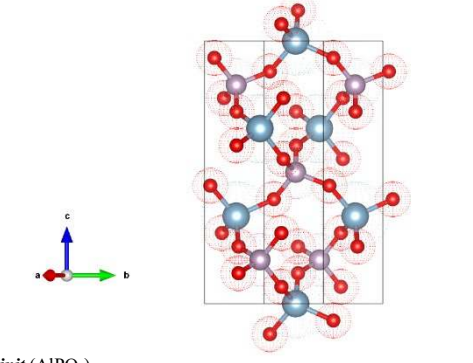
Şekil 23. SGM 100 kodlu stoneware bünyeye ait XRD analiz grafiği

Şekil 23'ten de anlaşılabacağı üzere çamurda mullit ($3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$), berlinit (AlPO_4), diopsit ($\text{CaMgSi}_2\text{O}_6$) ve anortit ($\text{CaOAl}_2\text{O}_3\text{SiO}_2$) oluştuğu gözlemlenmiştir. Uzun ince mullit kristalleri bünyeye dayanıklılık sağlarken sır ile bünye arasındaki bağı kuvvetlendirir (Çubuk, Gürü, Baran, Ağır, 2018, s. 400). Berlinit AlPO_4 tır. Malzemenin göl kenarından alınması ve kabuklu canlıların bulunması PO_4 varlığı ile ilişkilendirilmelidir. Toprak içerisindeki alkalin tuzların miktarı pH'a bağlı olarak çoğalır ve böylece fosfatların çözünürlüğü artar. Kireçli alkalin topraklarda ortofosfat (H_2PO_4) formu görülmektedir (Bilen, Sezen, 1993, s. 162). Asit tepkimeli topraklarda fosforun primer ortofosfat formu (H_2PO_4), kireçli alkalin topraklarda ise ortofosfat (HPO_4) formu hâkimdir. Asit topraklarda Fe, Al ve Mn gibi elementlerin dönüşümünün Eşitlik (5.6.1)'de ki gibi olduğu kabul edilmektedir (Bilen ve Sezen, 1993, 162).



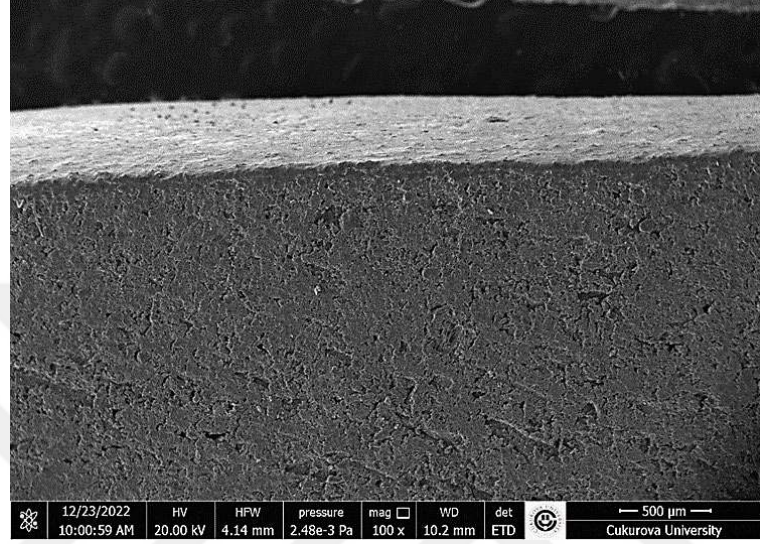
H₂PO₄ iyonları killerdeki Al iyonlarına bağlı olarak hidroksil iyonları ile yer değiştirmek suretiyle sabitlenir (Bilen, Sezen, 1993, s. 162).

Tablo 16. SGM 100 Kodlu Bünyeye Ait XRD Analizi ile Elde Edilen Fazların Kristal Yapıları

 Kuvvars (SiO₂) Kristal Yapı: Hegzagonal Hücre parametresi: a (Å) 4.93 - b (Å) 4.93 - c (Å) 5.415 α(°):90 β(°):90 γ(°):120	 Anorthite, sodian (Al_{1.52} Ca_{0.54} Na_{0.48} O₈ Si_{2.48}) Kristal Yapı: Anorthic Hücre parametresi: a (Å) 8.178-b (Å) 8.798-c (Å) 9.408 α(°):89.859 β(°):84.264 γ(°):83.747
 Mullit (Al_{4.75} O_{9.63} Si_{1.25}) Kristal Yapı: Orthorhombic Hücre parametresi: a (Å) 7.5810 - b (Å) 7.6870 -c (Å) 2.8870 α(°):90 β(°):90 γ(°):90	 Diopsit (CaMgSi₂O₆) Kristal Yapı: Monoclinic Hücre parametresi: a (Å) 9.738-b (Å) 8.915-c (Å) 5.249 α(°):90 β(°): 105.851 γ(°):90
 Berlinit (AlPO₄) Kristal Yapı: Hegzagonal Hücre parametresi: a (Å) 4.9370 - b (Å) 4.9370 - c (Å) 10.943 α(°):90 β(°):90 γ(°):120	

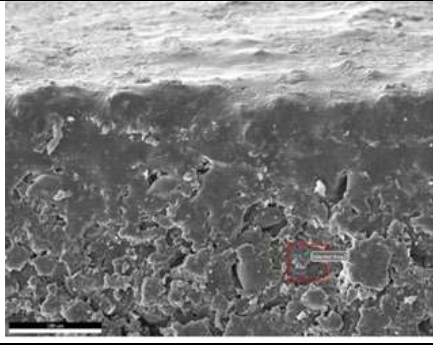
4.15. SEM –EDS Analizi

Referans çamur ve SGM 100 Kodlu deney örneğinin içyapısının görüntüleri Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) ile tespit edilmiştir. Şekil 24’te referans stoneware bünyeye ait (SEM) görüntüsü görülmektedir.



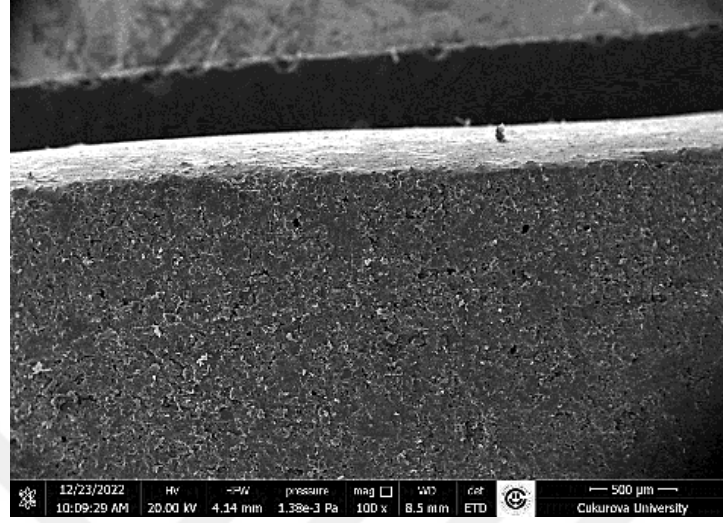
Şekil 24. Referans stoneware bünyeye ait (SEM) görüntüsü

Şekil 24’te Referans bünyeye ait (SEM) görüntüsünün iki farklı noktadan elementçe yüzdesel ağırlıkları Şekil 25’te verilmiştir.

	Element	% Ağırlık
	O	35,46
	Na	1,87
	Al	13,95
	Si	47,46
	K	1,25

Şekil 25. Referans çamur (SEM) görüntüsü ve elementlerin ağırlıkça yüzdeleri

Şekil 26’da SGM 100 kodlu stoneware bünyeye ait (SEM) görüntüsü görülmektedir.



Şekil 26. SGM 100 kodlu stoneware bünyeye ait (SEM) görüntüsü

Şekil 26’da verilen SEM görüntüsüne göre SGM oranı arttıkça vitrifikasyon düzeyinin arttığı, gözenekliliğin azaldığı gözlenmiştir. (SEM) görüntüsünün verilen SGM 100 numunenin iki farklı noktadan elementçe yüzdesel ağırlıkları Şekil 27’de verilmiştir.

	Element	% Ağırlık
	C	43.22
	O	23.41
	Na	1.59
	Mg	0.15
	Al	8.84
	Si	16.35
	K	0.3
	Ca	4.82
	Fe	1.32
	Element	% Ağırlık
	C	19.49
	O	30.07
	Na	1.41
	Mg	0.5
	Al	12.37
	Si	29.5
	K	0.7
	Ca	2.56
	Fe	3.38

Şekil 27. SGM 100 (SEM) görüntüsü ve elementlerin ağırlıkça yüzdeleri

BÖLÜM V

UYGULAMALAR

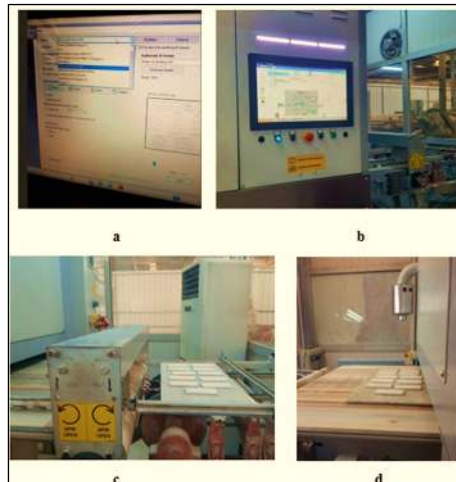
Çalışmanın bu bölümüne kadar stoneware bünye reçetesi araştırmaları ve özellikleri incelenmiş, hazırlanan stoneware bünye reçetelerinin birbirleriyle karşılaştırılması yapılmıştır. Uygulamalar kısmında ise SGM ilavesi ile hazırlanan stoneware bünye reçetelerinin endüstriyel ve sanatsal uygulamalarda kullanılabileceği görülmüştür.

5.1. Endüstriyel Uygulamalar

Endüstriyel çalışmalar; yer karosu üretimi ve sofa eşyası üretimi deneyleri olarak gerçekleştirilmiştir. Çalışmalar endüstriyel koşullara uygun olarak şekillendirilmiş, böylece deney örneğinin üretim ile uyumlu olup olmadığı gözlemlenmiştir.

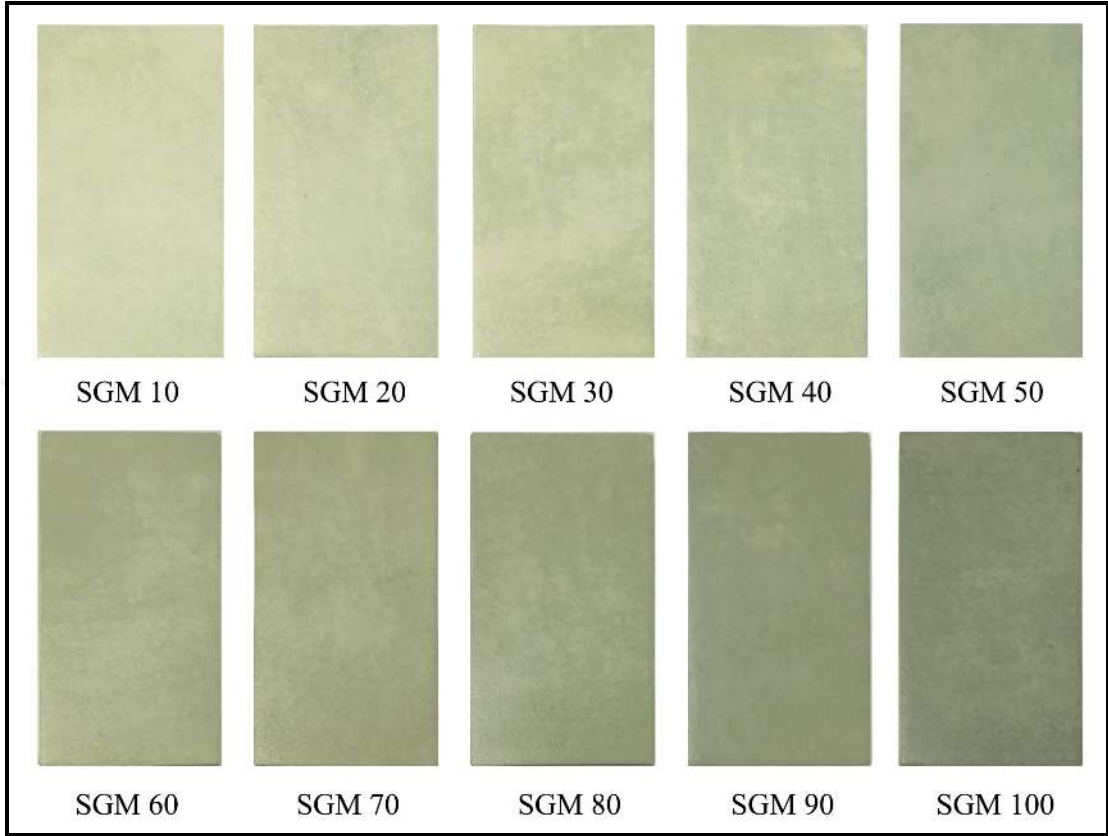
5.1.1. Yer Karosu Uygulamaları

Stoneware bünye reçetelerinden oluşturulan deneme plakaları, işletmenin kullandığı “Mat Sır” ile sırlanmış ve doğal taş görüntüsü oluşturmak için dijital baskı ile dekorlanmıştır. Plakalar, sırlama ve dekor işlemlerine tabi tutularak 58 dakika da 1210°C roller fırında fırınlanmıştır. Şekil 28’de numunelerin sırlama, dekor, fırına giriş ve çıkışı gibi üretim süreçleri görülmektedir



Şekil 28. Stoneware bünye numunelerinin üretim süreçleri

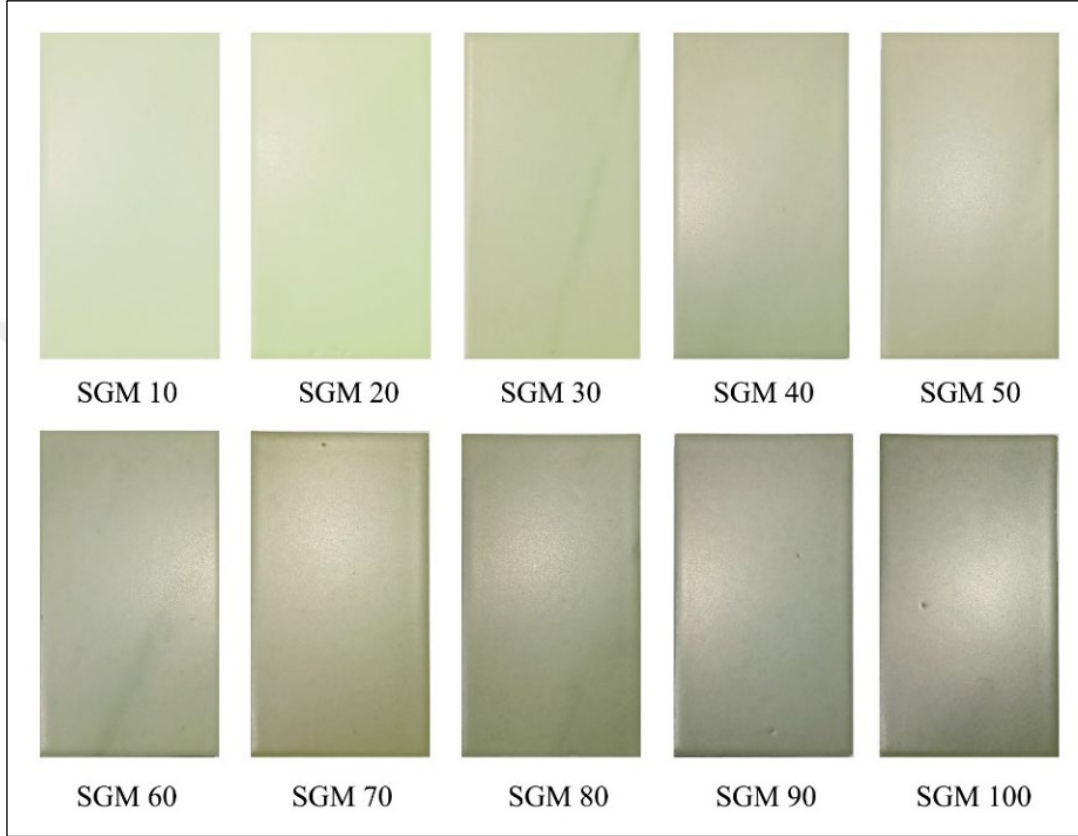
Mat sır ile sırlanarak 58 dakika 1210°C’de fırınlanan denemeler Şekil 29’da görülmektedir.



Şekil 29. Mat sır ile sırlanan karolar ve dijital baskı uygulaması

Şekil 29’da görülen karolara yapılan fiziksel kontrollerde sır ve bünye arasında uyumsuzluk görülmemiştir. Ayrıca pinhol oluşumu ve sır toplanmasına rastlanmamıştır.

Hazırlanan stoneware bünyelerden basılan deneme plakaları, işletmenin kullandığı ‘‘Lappato Sır’’ ile sırlanmış ve dijital baskı ile dekorlanmıştır. Lappato sır ile sırlanarak 58 dakika 1210°C’de fırınlanan denemeler Şekil 30’da görülmektedir



Şekil 30. Lappato sır ile sırlanan karolar ve dijital baskı uygulaması

Karışımları ile oluşturulan plaka örneklerinde deformasyon, çatlama, sır toplanması gibi hatalarla karşılaşılmamıştır.

5.1.2. Sofra Eşyası Uygulamaları

Sofra eşyası uygulamaları esnasında yarı yaş stoneware bünye reçetesi hazırlanarak preste şekillendirme yöntemi tercih edilmiştir.

Çalışmalar işletme şartlarına uygun olarak şekillendirilmiş ürünler kurutulduktan sonra rötuş ve sırlama işlemlerine tabi tutularak 58 dakika 1200°C roller fırında fırınlanmıştır.

Şekil 31 referans stoneware bünye ve Şekil 32 ile 41 aralığında referans bünyeye farklı oranlarda ilave edilmiş (ticari kil miktarının azalma oranına bağlı olarak %10-100) SGM içeren karışımlar ile üretilen kâse örnekleri görülmektedir.



Şekil 31. Referans stoneware bünye reçetesi ile üretilen kâse



Şekil 32. SGM 10 Kodlu karışım ile üretilen kâse



Şekil 33. SGM 20 Kodlu karışım ile üretilen kâse



Şekil 34. SGM 30 Kodlu karışım ile üretilen kâse



Şekil 35. SGM 40 Kodlu karışım ile üretilen kâse



Şekil 36. SGM 50 Kodlu karışım ile üretilen kâse



Şekil 37. SGM 60 Kodlu karışım ile üretilen kâse



Şekil 38. SGM 70 Kodlu karışım ile üretilen kâse



Şekil 39. SGM 80 Kodlu karışım ile üretilen kâse



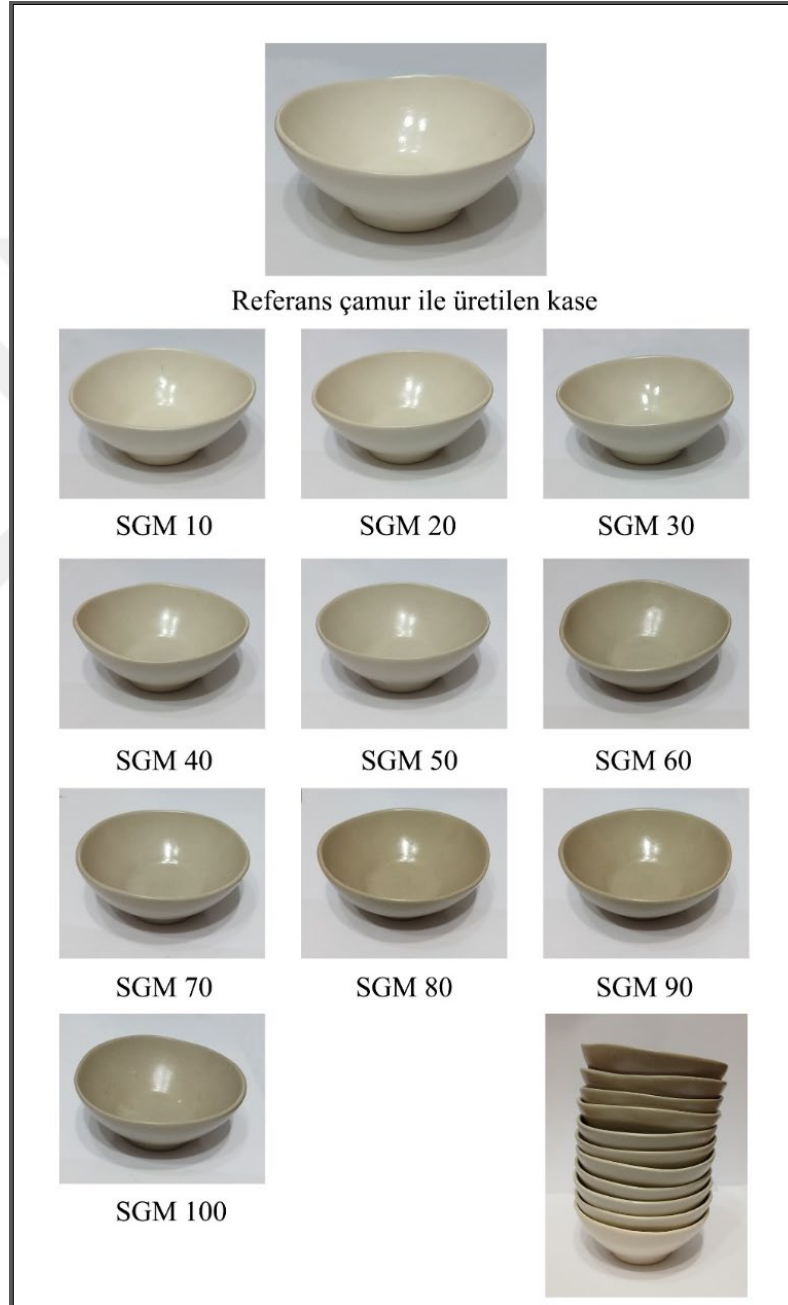
Şekil 40. SGM 90 Kodlu stoneware bünye reçetesi ile üretilen kâse



Şekil 41. SGM 100 Kodlu stoneware bünye reçetesi ile üretilen kâse

SGM 100 kodlu stoneware bünye reçetesi ile üretilen kâsenin yüzeyinde pürüzler oluşmuştur.

Stoneware bünye reçeteleri ile üretilen kâselerin toplu görüntüsü Şekil 42’de verilmiştir. SGM’nin kimyasal kompozisyonunda bulunan Fe_2O_3 miktarına ve stoneware reçetedeki katkı miktarına bağlı olarak renk farkları ortaya çıkmıştır.



Şekil 42. Üretilen kâseler ve bünyeler arasındaki renk farkı

Şekil 42’de SGM 10 kodlu stoneware bünye reçetesinden, SGM 100 kodlu stoneware bünye reçetesine doğru renkler koyulaşmıştır. Deney çamurları ile preste şekillendirilen kâse örneklerinde deformasyon, çatlama, sır açması gibi hatalarla karşılaşılmamıştır. SGM %100 kodlu stoneware bünye reçetesi ile üretilen kâsede bünyede kalan kaba taneciklerden dolayı yüzeyde pürüz oluşmuştur. Daha iyi öğütme ve eleme süreciyle sorunun giderilebileceği düşünülmektedir.

Oluşturulan stoneware bünye reçetesinin üretimde kullanılan sırlar ile uyumlu olup olmadığı, yapılacak üretim denemeleri ile tespit edilebilir. Herhangi bir uyumsuzlukta sır ya da çamur reçetesi için Ar-Ge çalışmaları yapılabilir. Ayrıca fırınların bölgelerinde oluşan ısı farklılıkları dolayısıyla deformasyon hataları ile karşılaşmak mümkün olduğundan, üretim hatalarının tespit edilmesi ve gerekli önlemlerin alınması ile işletme zararları ön üretim denemeleri ile en aza indirilebilir. Bu nedenler ile deney çamurlarının seri üretimde kullanılması durumunda üretim denemeleri yapılması gerekmektedir.

5.2. Sanatsal Uygulamalar

Sanatsal çalışmaların gerçekleştirilmesi, tasarımların oluşturulması, tasarımlara göre seçilen modellerin ve ahşap kalıplarının hazırlanması, ağaç baskı kalıpları kullanarak izleme tekniğinin uygulanması, elde edilen seramik ürünlerin bisküvi pişirimi ve sır pişirimlerinin yapılarak uygulama aşamalarının tamamlanması sürecini içermektedir.

Çalışmalarda ağaç baskı tekniğinin seçilmesi, kültür tarihimizde unutulmaya yüz tutmuş sanatların yaşatılması bakımından önem taşımaktadır. Çini sanatımız açısından büyük bir miras olarak bize bırakılan Kubadabad Saray Çinileri ağaç baskı kalıplarındaki motifleri oluşturmaktadır. Dekorlama da kullanılacak ağaç baskı kalıplarının hammaddesi ıhlamur ağacından seçilmiştir. Ihlamur ağacı dokusu sebebiyle boya tutma ve dekorlama süreçlerinde olumlu sonuçlar vermektedir. Seçilen dekorlar ahşap kalıplar üzerinde CNC tezgâhında işlenmiştir. CNC tezgâhında kalıpların işlenme süreci Şekil 43'te görülmektedir.



Şekil 43. Ağaç baskı kalıplarının hazırlanması

CNC tezgâhında işlenen kalıplarda bulunan çapaklar çamurda olumsuz bir görüntüye sebebiyet vermemesi için yakılarak temizlenmiştir. SGM 10 kodlu stoneware bünye reçetesi ile uygulanan “Anadolu’dan” adlı tasarım Şekil 44’te görülmektedir.



Şekil 44. “Anadolu’dan”, Ø: 32 cm, 1210°C

Şekil 44’te görülen Anadolu’dan adlı tasarımda Selçuklu motiflerinin yanısıra Anadolu kilimlerinde bulunan eli belinde motifleri kullanılarak kültürel mirasımız tasarıma yansıtılmıştır. Tasarım plaka tekniği ile şekillendirilmiştir. SGM 20 kodlu stoneware bünye reçetesi ile uygulanan “Selçuk Yıldızı” adlı tasarım Şekil 45’te görülmektedir.



Şekil 45. “Selçuk Yıldızı”, Ø: 23,5 cm, 1210°C

Şekil 45'te uygulanan “Selçuk Yıldızı” adlı tasarımda merhamet, doğruluk, sırtutma, sabır, şefkat, şükür, sadakat ve cömertlik gibi değerler yansıtılmıştır. Plaka tekniği ile şekillendirilen tasarıma astar uygulanmıştır.

SGM 30 kodlu stoneware bünye reçetesi ile uygulanan “Malazgirt” adlı tasarım Şekil 46’da görülmektedir.

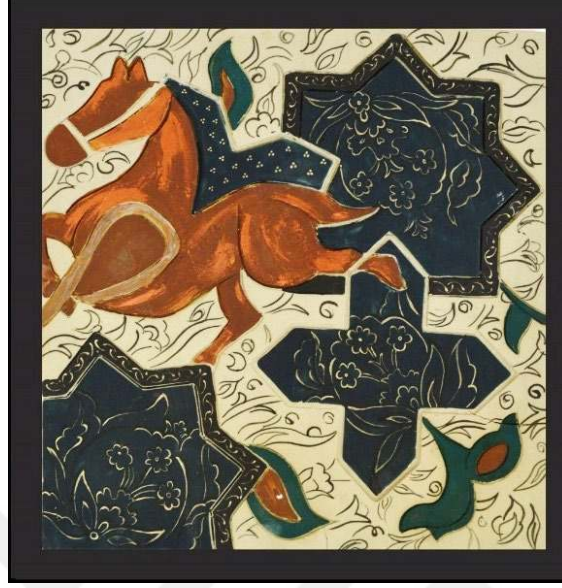


Şekil 46. “Malazgirt”, h: 28,5 w: 22,5, 1210 °C

Plaka tekniği ile şekillendirilen çamur üzerine Selçuklu motiflerinde sıklıkla karşılaştığımız gamalı haç motifleri ve kuş figürleri uygulanarak dekor oluşturulmuş, tasarım astar uygulaması ile renklendirilmiştir.

SGM 30 kodlu stoneware bünye reçetesi ile ayrıca %15 pigment ilaveli renkli astar oluşturulmuştur. Fırınlama sonrasında astar üzerine yine tezhip boya ile dekor uygulanmıştır.

SGM 40 kodlu stoneware bünye reçetesi ile uygulanan “Dört Nala” adlı tasarım Şekil 47’de görülmektedir.



Şekil 47. “Dört Nala” (h: 29,7 w: 28,5, 1210 °C)

Şekil 47 ‘te görülen “Dört Nala” isimli tasarım plaka tekniği ile şekillendirilmiş, tasarıma astar dekor uygulaması yapılmış, üzerine tezhip boyaları ile dekor uygulanmıştır. SGM 50 kodlu stoneware bünye reçetesi ile uygulanan “Hayattan” adlı tasarım Şekil 48’te görülmektedir.



Şekil 48. “Hayattan”, (h: 33, w: 22,5, 1210 °C)

Şekil 48’de görülen “Hayattan” isimli çalışma plaka tekniği ile şekillendirilmiş, ağaç baskı ile izleme dekoru yapıldıktan sonra bisküvi pişirim sonrası dekorların olduğu

kısımlara kobalt oksit ile sür-sil işlemi yapılmıştır. Ürün 1200°C’de şeffaf sır ile sırlanmıştır.

SGM 60 kodlu stoneware bünye reçetesi ile uygulanan “Boşluk ” adlı tasarım Şekil 49’da görülmektedir.



Şekil 49. “Boşluk”, (h: 38,5 w: 30, 1210 °C)

Şekil 49’da görülen “Boşluk” isimli tasarım plaka tekniği ile şekillendirilmiş, astar uygulaması yapılarak, tezhip boyaları ile yaldızlanmıştır. SGM 70 kodlu stoneware bünye reçetesi ile yapılan “ Abı- Hayat ” isimli tasarımda Selçuklu çinilerinde sıklıkla karşılaştığımız balık motifi kurgulanmıştır. Şekil 50’de “ Abı- Hayat ” isimli tasarım görülmektedir.



Şekil 50. “Abı- Hayat” h:40,5 w:27,5, 1210 °C

Balık motifi, Selçuklu çinilerinde yumurtasının bolluğu sebebiyle bereketi temsil etmektedir.

Şekil 50’de görülen “Abı- Hayat” adlı çalışma plaka tekniği ile şekillendirilmiş, dikdörtgen plakadan Selçuklu Yıldızı’na ait parçalar çıkarılarak biçim oluşturulmuştur. Astar uygulaması yapılan plakaya fırça dekoru ve kazımalar yapılarak bazı yüzeylere sgraffito tekniği uygulanmıştır.

Kültürel Kaynaşım adlı çalışma plaka tekniği ile şekillendirilerek iki adet bant parça ekleme yöntemi yüzeye eklenmiştir. Yüzeye ağaç kalıplar ile izleme dekor tekniği uygulanmıştır. Pişirim işleminden sonra yüzeydeki dekorlar üzerine sür-sil işlemi yapılarak dekorlar belirgin hale getirilmiştir. Şekil 51’de SGM 80 kodlu çamur ile yapılan Kültürel Kaynaşım isimli çalışma görülmektedir.



Şekil 51. Kültürel Kaynaşım

SGM 10 kodlu karışım ile yapılan çalışma, diğer karışımlara oranla daha az miktarda SGM içermektedir. Bu nedenle pişme rengi en açık olan çalışmadır.

SGM 10 kodlu stoneware bünye reçetesinden SGM 100 kodlu stoneware bünye reçetesine doğru gidildikçe vitrifikasyon düzeyinin arttığı görülmüştür. SGM 80 kodlu stoneware bünye reçetesinin mineralojik yapısına bağlı olarak yapılan Kültürel Kaynaşım isimli çalışmanın mukavemetinin, diğer reçetelere kıyasla yüksek değerde olduğu düşünülmektedir. SGM 10 kodlu stoneware bünye reçetesi ile yapılan Anadolu’dan isimli çalışma ve SGM 50 kodlu stoneware bünye reçetesi ile yapılan Hayattan isimli çalışma için sır tasarlanarak, hazırlanan stoneware bünyelerin yüzeylerine ince bir tabaka olarak uygulanmıştır.

Yapılan tüm uygulamalarda, şekillendirme tekniği olarak plaka tekniği tercih edilmiştir. Tasarımlar üzerinde astar dekor, kazıma (sgraffito) ve izleme dekor tekniği uygulanmış, bu teknikleri uygularken çamurda ve pişmiş bünyede problem yaşanmamıştır.

Tasarımlar zerine uygulanan astarlar stoneware bünye reçetesinden üretilerek pigment ilavesi ile renklendirilmiştir. Bu nedenle astar ile bünye arasında uyumsuzluk oluşmamıştır.



SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada stoneware bünyelerin üretiminde kullanılan standart reçetede ticari kil yerine, artan oranlarda Seyhan Baraj Gölü çevresi kil içeriği yüksek malzeme kullanılarak stoneware bünyeler oluşturulmuştur. Üretilen stoneware ürünlerin fiziksel özellikleri ve pişme davranışları incelenmiştir.

Sonuç olarak;

Seyhan Baraj Gölü çevresi kil içeriği yüksek malzemenin, stoneware bünye reçetesindeki ticari kil yerine (%10- 90 arası oranda) hem endüstriyel hem de sanatsal stoneware ürünlerin üretiminde kullanılabileceği görülmüştür.

SGM malzemesinin reçetede miktarca artmasına ve bu malzemenin Fe_2O_3 içermesine bağlı olarak, referans bünyeye göre pişme renginin koyulaştığı görülmüştür. Günümüzde stoneware ürünlerin geniş renk yelpazesi seçeneği ile üretilmesi sebebiyle koyulaşan bünye renginin dezavantaj oluşturmadığı, aksine tercih sebebi olabileceği düşünülmektedir.

SGM kimyasal analizinde de görüldüğü gibi içerisinde bulunan organik maddelere ve karbonatlı kayaçların ısı ile reaksiyonundan açığa çıkan ve bünyeden uzaklaşan CO_2 'e bağlı olarak ateş zayıflatının yüksek çıktığı gözlenmiştir. Yeni oluşturulan stoneware bünye reçetelerinde SGM oranının artması ile birlikte pişme küçülmesinin arttığı gözlenmiştir.

SGM malzemesinin içerdiği alkali ve toprak alkali miktarına bağlı olarak stoneware bünye kompozisyonuna daha fazla ergitici girmesine neden olmuştur. Böylece reçetede malzemenin artması ve buna bağlı olarak vitrifikasyon düzeyinin artması, ürünlerin su emme değerlerinin azalmasına neden olurken, deformasyon riskini arttırmıştır. Seri üretim yapan işletmelerde su emme oranının düşük olması istenmekte olduğundan bunun avantaj olduğu kabul edilmiştir. Bisküvi pişirimden sonra sırlama işlemi yapılacaksa su emme dikkate alınarak bisküvi pişirim sıcaklığı yeniden belirlenmelidir. SGM oranı arttıkça vitrifikasyon düzeyinin arttığı SEM görüntüleri ile de desteklenmiştir. Bu nedenlerle endüstriyel ürünler için katkı oranı %50 üzerinde kontrollü üretim deneyleri yapılarak kullanılmalıdır. Ayrıca üretim deneyleri sırasında yapılacak

olan geliştirmeler sayesinde seri imalattaki maliyet zararlarının önüne geçileceği düşünölmektedir.

SGM tane boyut dağılımına bakıldığında malzemenin plastikliğinde etkili olan ince taneli tabakalı yapı sayesinde SGM oranına göre ham mukavemette de artış gözlenmiştir. Ham mukavemetin artması üretimde rötuş, taşıma, fırınlama süreçlerinde avantaj sağlamıştır.

Deneylerde ateş zayıatına ve SGM oranının artmasına bağlı olarak pişme küçölmesinin arttığı gözlenmiştir. Malzeme seri üretimde kullanılacaksa kalıp hazırlama süreçlerinde pişme küçölme oranlarının dikkate alınması önerilmektedir.

Yerel hammadde olan SGM ile üretilen sanatsal çalışmalarda plastiklik açısından şekillendirme sırasında herhangi bir sorun ile karşılaşılmamıştır. Bununla birlikte plaka tekniği ile yapılan çalışmalarda pişirim sıcaklığının yüksek olması ve malzemenin CaO, MgO ve Fe₂O₃ içermesi sebebiyle üretilen ürünlerin deformasyona uğrama risklerinin yüksek olduğu düşünölmektedir. Isıl deformasyonları önlemek için plaka kalınlığının 5 mm altına düşürölmemesi önerilmektedir. 40 cm üzeri yüksekliğe ve 5 cm üzeri kalınlığa sahip üç boyutlu sanatsal formlar için çalışma öncesi deneme çalışmaları yapılması önerilmektedir.

Sonuç olarak, malzemenin hem endüstriyel hem de sanatsal stoneware ürünlerin üretiminde katkı miktarı ve ürün boyutu/kalınlığı göz önünde bulundurularak kullanılabileceği görölmüştür. Ancak malzeme ticari ölçekte kullanılacak ise gerekli izinlerin alınması gerekmektedir.

KAYNAKLAR

- Acchar, W., Dultra, E.J.V., Segades, A.M., (2013), Untreated coffee husk ashes used as flux in ceramic tiles, *Appl. Clay Science*. 75–76, 141–147
- Andreola, F., Barbieri, L., Corradi, A., Lancellotti, I., Manfredini, T.(2002), Utilisation of municipal incinerator grate slag for manufacturing porcelainized stoneware tiles manufacturing, *Journal of the European Ceramic Society Cilt 22*, (9–10), 1457-1462
- Arcasoy, A., (1993), Seramik Teknolojisi, Marmara Üniversitesi, Güzel Sanatlar Fakültesi, Seramik Ana Sanat Dalı Yayınları No:2.
- Arcasoy, A., Başkırkan, H.,(2020), Seramik Teknolojisi, Literatür Yayınları, 164
- Aydın T, Kunduracı N, Akbay A (2018), The Effect of Nepheline Syenite Addition on Pyroplastic Deformation of Sanitarywares, *Science of Sintering*, 50 (1): 85-94.
- Azbe, V. J.,(1944), Rock Prod., 68
- Baldi, G., Zanelli , C., Dondi, M., Ercolani, G., Guarini, G., Raimondo, M., (2008), Glass–Ceramic Frits For Porcelain Stoneware Bodies: Effects On Sintering, Phase Composition And Technological Properties, *Ceramics International, Cilt 34*, (3), 455-465
- Barnes, G. L., (2001), The Development Of Stoneware Technology İn Southern Korea, State Formation İn Korea, ISBN 9781315028392, 25
- Bartusch, R. (2004), “Energy Saving Potentials in The Ceramic Industry”, *Interceram*, 53, 312–316.
- Bender, W., Händle, F., (1982), Brick and tile making procedures and operating practice in the heavy clay industries. Bauverlag GMBH. Wiesbaden Berlin
- Bilen, S. ve Sezen, Y., (1993), Toprak reaksiyonunun bitki besin elementleri elverişliliği üzerine etkisi, *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi 24* (2), 156-166
- Binal, G., Öztürk Bayer Z., Ay, N.,(2011), Seramik Karoların Karakterizasyonunda Renk Ölçümü,(2011), *5.Uluslararası Pişmiş Toprak Sempozyumu Bildiri Kitabı*, Eskişehir, ISBN 9786056517440, 93
- Bonis, A., Giuseppe, C., Celestino G., Alessio L., Mariano M. (2017), Different shades of red: The Complexity of mineralogical and physico-chemical factors influencing the color of ceramics, 8066

- Budiyanto, G., Sulistya R. (2020), The Utilization of Volcanic Ash in Medium Fired Stoneware, *Jurnal Keramik dan Gelas Indonesia Vol. 29* No. 1 Juni 2020, 15 – 28
- Cappalletti, P., Gennaro, R., Cerri, G., Gennaro, M., Dondi, M., Guarini, G., Langella, A., Naimo, D., (2003), Influence of Zeolites on the Sintering and Technological Properties of Porcelain Stoneware Tiles, *Journal Of The European Ceramic Society*, 23(13), 2237-2245,
- Chakraborty, A.K. (2003), 'DTA study of preheated kaolenite in mullite formation region'', *Thermochimica Acta* 398, 203-209.
- Champell, J. (1991). The Potter's Complete Book of Clay and Glazes, New York.
- Chevalier, M.D., (2008), Effect of Microwave Irradiation on Aspect Ratio of Treated Mica. M.Sc. Thesis, Dalhousie University, Nova Scotia, Canada, 4
- Çakı, M., Karasu, B., Yeşilay, S., Imrak, R., Bayraktar, C., (2008), The Use Of Fired Roof Tile And Brick Wastes In Stoneware Bodies As Alternative Raw Materials, REWAS 2008, (The Minerals, Metals, Materials Society) Bildiri Kitabı, 541-1548
- Çakı, M., Yeşilay, S., Karasu, B., Başer, T., (2012), The Use Of Alternative Raw Material In Stoneware Glazes, *Anadolu University Journal Of Science And Technology –A, Applied Sciences And Engineering*, 13(21), 115-120
- Çalışkan, P. (2015), Renk veren oksitler ile geliştirilen stoneware sır araştırmaları, *Yedi Sanat Tasarım ve Bilim Dergisi*, Sayı 14, 135-142
- Çavaş M., (2003), Diopsit esaslı porselen seramikler, Yüksek Lisans Tezi, Anadolu Üniversitesi, Seramik Mühendisliği Anabilim Dalı, 12
- Çubuk M., Gürü M., Baran B., Ağır A. (2018), Anortit fazlı seramiklere Bor Fosfat Katkısının Etkileri, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 399-413
- Doherty, B., Miliani, C., Daveri, A., Loesch, A., Ulbricht, H., Brunetto G., Brunetti, G., Sgamellotti, A., (2009), In situ non-invasive investigation on the painting techniques of early Meissen Stoneware, *Spectrochimica Acta, Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, Cilt 73 (4), 587-592
- Dondi, M., Fabbri, B., Manfredini, T., Pellacani, G. C. (1995), Microstructure and mechanical properties of porcelainized stoneware tiles. *Proceedings of the 4th ECerS, Faenza Editrice, Faenza*, 319-326.
- Duminuco, P., Messiga, B., Riccardi, MP, (1998), Doğal killerin pişirim süreci. Bazı mikro dokular ve ilgili faz bileşimleri. *Termok. Açta* 321, 185–190.

- Elgamouz A., Tijani N., Shehadi İ., Hasan K., Kawam M., (2019), Characterization of the firing behaviour of an illite-kaolinite clay mineral and its potential use as membrane support, *Heliyon Volume 5*, 3-5.
- Erdoğan, Y., Kök, O.E., (2019), Production and Characterization of Nanobentonite from Sodium Bentonite with Mechanical Grinding. *Fresenius Environmental Bulletin*, 28(11), 8141-8150
- Eygi S., Ateşok G.(2006), Seramik Endüstrisinde kullanılan kaolenlerin döküm özelliklerinin geliştirilmesi, *Hacettepe Üniversitesi, Yerbilimleri Uygulama ve Araştırma Dergisi*, 87-96
- Fernandez, J.F., Reinosa, J.J., Marcos, R. Bengochea, M. (2010), Effect of fugitive phase addition on porosity evolution and properties of stoneware tiles, *Advances in Applied Ceramics, Cilt 109 (4)*, 219-223
- Ferrari S., Gualtieri, A., (2006), The use of illitic clays in the production of stoneware tile ceramics, *Applied Clay Science* 32, 73–81
- Fortuna, D., (2000), Raw and Secondary Materials, Ceramic Technology Sanitaryware, Gruppo Editoriale Fianza Editrice S.P.A, 176, Fianza
- Freestone, I. C. , Tite, M. S., Bimson, M., (1986). A Technological Study Of Fulham Stoneware. In *Proceedings Of The 24th International Archaeometry Symposium*, 95-104
- Funk, J.E., Dinger, D.R.(1993), Precise Control of Shrinkage for Near-Net-Shape Forming, *Ceramic Engineering and Science Proceedings*, 14, 1-2, 416-424
- Funk, J.E., Dinger, D.R.,(1993) Particle Packing IV- Computer Modeling Of Particle Packing Phenomena, *Interceram*, 42, 3, 150-152
- Gaimster, D. (1997), German Stoneware 1200-1900. Archaeology and cultural history. London: British Museum
- Glascock, M. D., Sinopoli, C.M., Dueppen, S., Brubaker, R., Descantes, C., Griffin, W., Neff, H., Shoocongdej, R., Speakman R.J.,(2006), Characterizing The Stoneware "Dragon Jars" In The Guthe Collection: Chemical, Decorative, And Formal Patterning, *Asian Perspectives*, Cilt. 45, (2), 240-282
- Goldsmith, J.R., Newton, R.C., (1969), *Am. J. Sci.* 267A, 160
- Gualtieri, A.F. Cavenati, C., Zanatto, I., Meloni, M., Elmi, G., Gualtieri, L.,(2008), The Transformation Sequence Of Cement–Asbestos Slates Up To 1200 °C And Safe

- Recycling Of The Reaction Product İn Stoneware Tile Mixtures, *Journal of Hazardous Materials, Cilt 152,(2)*, 563-570
- Gualtieri, A.F.(2007), Thermal Behavior Of The Raw Materials Forming Porcelain Stoneware Mixtures By Combined Optical And In Situ X-Ray Dilatometry. *J. Am. Ceram. Soc.* 90(4), 1222–1231, 36.
- Gualtieri, M., Romagnoli, M., Gualtieri, A.,(2011), Influence of body composition on the Technological Properties And Mineralogy Of Stoneware, *Journal Of The European Ceramic Society*, 31(5), 673-685
- Güngör, N., Dilmaç, Ş.(1994), Kil-su sistemlerinin reolojik özellikleri üzerine elektrolitin etkisi, *II. Ulusal Seramik Kongresi Bildiriler Kitabı, Cilt 1*, Geleneksel Seramikler Türk Seramik Derneği Yayınları, No: 10
- Haner ,S., Çuhadaroğlu, D. (2013), *Jeoloji Mühendisliği Dergisi* 37-1, 63-82
- Hlavac, J. (1983), The echnology of Glass and Ceramics, New York, 313
- Höland, W., Beall, G.,(2002), *Glass-Ceramic Technology*, American Ceramic Society Publications, Westerville, Ohio, USA
- Hummel, R.E., (2013), Understanding Materials Science, History Properties Applications, p.15 Springer&Business Media, <https://doi.org/10.1007/b137957>
- Kapur, S., Çavuşgil, V. S., Şenol, M., Gürel, N. ve Fitzpatrick, E. A. (1990). Geomorphology And Pedogenic Evolution Of Quaternary Calcretes İn The Northern Adana Basin Of Southern Turkey, *Zeitschrift für Geomorphologie*, No.34, 49-59
- Karasu, B., Kaya, G., Aydaşgil, A., Kurama H., (2004), Use of Tuncbilek Thermal Power Plant's Fly Ash in Stoneware Glazes as a Colouring Agent, *Key Engineering Materials Vols 264-268*, 2501-2504
- Kaya, G., Karasu B. (2004), Albit Triyaj Atıklarının Stoneware Ve Yumuşak Porselen Bünyelerde Alternatif Ergitici Eleman Olarak Değerlendirilmesi, *Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 86
- Klosek, Wawrzyn, E., & Bugaj, A. (2016) Influence of dolomite addition to masses made from Triassic clay on application properties, phase composition and microstructure of ceramic materials produced, *Mater. Ceram*, 68, 236-241.

- Kogel, J.E., Trivedi, N.C., Barker, J.M., Krukowski, S.T., (2006). *Industrial Minerals & Rocks (7th Edition). Published by Society for Mining, Metallurgy, and Exploration, Inc., Colorado, 1507*
- Kökden, M. ve Özgen, S. (1994),. Porselen Reçetesi Geliştirme Çalışmaları, II. Uluslararası Seramik Kongresi Bildiriler Kitabı, Ekim 1994, İstanbul, Cilt 1, Türk Seramik Der. Yay. No. 10, 327-335,
- Köseoğlu, K., Cengizler, H., İsrail, L., (2018) , Kuebrako'nun Seramik Çamuru Reolojik Özellikleri Üzerindeki Etkisi, *Dokuz Eylül Üniversitesi Fen ve Mühendislik Dergisi*, Cilt:20, Sayı:60, 972-981.
- Kreimeyer, R., (1987), Some Notes on the Firing Color of Clay Bricks. *Appy. Clay Science* 2, 175–183
- Kumar, S., Singh K., Ramachandrarao P.,(2001), Effects Of Fly Ash Additions On The Mechanical And Other Properties Of Porcelainised Stoneware Tiles,
- Kusano, Y., Fukuhara, M., Fujii, T., Takada, J., Murakami, R., Doi, A., Anthony, L., Ikeda, Y., Takano, M., (2004), Microstructure and Formation Process of theCharacteristic Reddish Color Pattern Hidasuki on BizenStoneware: Reactions Involving Rice Straw, *Chemistry of Materials Cilt 16, (19)*, 3641-3645
- Lee, J. H., Kweon, W. S., Cho, W. S., Kim, J. H., Hwang, K. T., Hwang, H. J., & Han, K. S. (2018). Formulation and Characterization of Black Ceramic Ink for a Digital Ink-jet
- Leonelli, C., Bondioli, F. Veronesi, P., Cannillo, V., Romagnoli, M., Manfredini, T., Pellacani G., Enhancing The Mechanical Properties Of Porcelain Stoneware Tiles: A Microstructure Approach, *Journal of the European Ceramic Society, Cilt. 21(6)* 785-793
- Lepienski, C.M., Buchner, S., Mikowski A., Ferreira, E.B., Zanutto, E.D., Torres, R.D., Soares P.,(2011), Mechanical And Tribological Properties Of A Sintered Glass-Ceramic Compared To Granite And Porcelainized Stoneware, *Wear, Cilt 271, (5–6)*, 875-88
- Li, B. (2014), Stoneware Storage Jars From China, For An Exhibition Of Freer/Sackler Galleries,
- Llop, J., Notari, M.D., Barrachina, E., Nebot, I., Núñez, I., Carda, J.B.,(2010), *Boletín De La Sociedad Española Cerámica y Vidrio, Artículo* , 413-422

- Loutou, M. R., Hakkou, R., Argane, R., Mansori M., Grase L., Svinka, R., Mezinskis, G., (2018), Clayey Quarry Sludges: Thermal Transformation, Microstructure And Technological Properties, *Waste. Biomass. Valor.* 9 1805–1815, <https://doi.org/10.1007/s12649-017-9972-3>
- Machado, J. P. E., de Freitas, R. A., Wypych, F., (2019), Layered Clay Minerals, Synthetic Layered Double Hydroxides and Hydroxide Salts Applied as Pickering Emulsifiers. *Applied Clay Science*, 169, 10-20.
- Mackenzie, R.C. (1970), Differential Thermal Analysis, Academic Press, London and New York.
- Malayoğlu, U. ve Akar, A. (1995), Killerin Sınıflandırılması Ve Kullanım Alanlarının Saptanmasında Aranan Kriterlerin İrdelenmesi, 2. *Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu Bildiriler*, İzmir, 131
- Marcoux, J. (2010), Data Recovery Excavation at the Wood Pottery 38AK493/931 in Aiken County, South Carolina, Brockington and Associates, 3-5
- Maritan, L. ,Mazzoli, C., Nodari, L., Russo, U., (2005), Second Iron Age grey pottery from Este (northeastern Italy): study of provenance and technology, *Apply. Clay Science*. 29 31 44
- Matteucci, F.,(2002), Effect of Soda-Lime Glass On Sintering And Technological Properties Of Porcelain Stoneware Tiles, *Ceramics International*, 28 (8), 873-880,
- Mete, Z., (2020), Seramik Kimyası, 140, 153
- Mirdalı K.N., Daday, M.,Daday, M. (2019), Kil İçeriği Yüksek Aslantaş Baraj Gölü Çökelti Malzemesinin Seramik Üretiminde Kullanılabilirliğinin Araştırılması, *Çukurova Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 34(1), 245-254
- Mirdalı K.N., Halefoğlu Y. Z., Çetin S. (2006), Almanpınarı Kırmızı Kilinin Seramikte Boya Olarak Kullanılabilirliğinin Araştırılması, *Ç.Ü. Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, Cilt 15, Sayı 1, 2006, 229-234
- Nawaukkaratharnant, N., Thueploy A., Khunthon,S., Nilpairach, S., Theerapapvisetpong, A.,(2022), Improving the technological properties of red stoneware tiles derived from Ratchaburi red clay by the addition of iron oxide, *Case Studies in Construction Materials*, 2-8

- Özdamar, Ş., Küçüker, A.S., Esenli, F., Kayacı, K., Uz, B., (2010), The Use Of Metarhyolites İn Porcelain Stoneware Production, Ilgin-Konya Area, Turkey *Industrial Ceramics* 30 (2), 79-87
- Özkanlı, N.N. (2021) “Karatsu Seramikleri”. *Ulakbilge, Sosyal Bilimler Dergisi* 63, 1077–1087
- Öztürk, Z., Can, A., Yarıçam, D. (2021) Toprak Alkali Kaynağı Hammaddelerin Vitrifiye Sırlarında Ergimeye Olan Etkisinin İncelenmesi, *El-Cezerî Fen ve Mühendislik Dergisi Cilt: 8, No: 1*, 195-201
- Perez, J.M., Rincón, M., Romero, M. (2011), Study Of Mullite Formation İn Porcelain Stoneware Applying İs Oconversional And IKP Methods, *Ceramics International*, 36, 2329-2335
- Perez, J.M., Romero, M., (2014), Microstructure And Technological Properties Of Porcelain Stoneware Tiles Mouldedat Different Pressures And Thicknesses, *Ceramics International*, 40, 1365-1377
- Poyraz, M., (2021), Seramik bünyede farklı katkı malzemeleri ve artistik uygulamalar, *International Journal of Interdisciplinary and Intercultural Art, Cilt 6. (13)*, 93
- Raimondo M., Carretero, M.I., Dondi, M., Fabbri, B., (2002), The influence of shaping and firing technology on ceramic properties of calcareous and non-calcareous illitic–chloritic clays, *Applied Clay Science, Cilt 20(6)*, 301-306
- Raimondo M., Tenorio Cavalcante, Dondi,M., Ercolani, G., Guarini, G., Melandri, C., Almendra, R.E., (2004), The influence of microstructure on the performance of white porcelain stoneware, *Ceramics International*, 30(6), 953-963
- Raimondo M., Zanelli, C.,Matteucci, F., Guarini, G., Dondi, M., Labrincha, J.A.,(2007), Effect Of Waste Glass (TV/PC Cathodic Tube And Screen) On Technological Properties And Sintering Behaviour Of Porcelain Stoneware Tiles, *Ceramics International, Cilt 33(4)* 615-623
- Rambaldi, E. (2021), Waste-Derived Functional Ceramic And Glass-Based Products, *Ceramics* 2021, 4(3), 486-501;
- Rhodes, D. (1959), Stoneware and Porcelain, Chilton Book Company, USA, 4
- Rice, P.M.(2005), The Color of Ceramic Materials in Pottery Analysis By, The University off Chicaho Press, Chicago, 355

- Rincon, M., Romero, M., Marquez, M.,(2008), Effect Of Firing Temperature On Sintering Of Porcelain Stoneware Tiles, *Ceramics International Cilt 34, (8)*, 1867-1873
- Rincon, Ma., Romeo Ma., Perez M. J.(2012), Efect Of Moulding Pressure On Microstructure And Tecnological Properties Of Porcelain Stoneware, *Ceramic International January 2012*, 38(1), 317-332
- Romero, M., Marquez, M., Rincon, M., (2006), Kinetic of mullite formation from a porcelain stoneware body for tiles production, *Journal of the European Ceramic Society*, 26(9), 1647-1652
- Selli, N.T., (2015), Development Of Anorthite Based White Porcelain Stoneware Tile Compositions, *Ceramics International*, 41(6), 7790-7795
- Singh, M., Haverinen, H. M., Dhagat, P., & Jabbour, G. E. (2010), Ink-jet Printing - Process and its Applications. *Advanced Materials*, 22, 673–685.
- Solana V. S.(2014), Inkjet Printing Technology For Ceramic Tile Decoration, Proceedings of Qualicer, Castellón, 3
- Sousa F. J.P., Alarcon O., Vicente N., Weingaertner, W.L., Glossiness Distribution Over The Surface Of Stoneware Floor Tiles Due To The Polishing Process, (2007), *Journal of material science*, Cilt 42, 10124–10132,
- Springer, J., (1994), Ontario Wollastonite: Uses, Markets And Ontario's Potential As A Future Producer. *Industrial Mineral Background*, 17, 22.
- Stathis, G., Ekonomakou, A., Stournaras C J, vd. (2004), Effect of Firing Temperature, Quartz Grain Size and Content on Bending Strength and Microstructure of Sanitary Porcelain, *Journal of the European Ceramic Society*, 24: 2357-2366
- Suvacı, E., Tamsu, N., (2010), The role of viscosity on microstructure development and stain resistance in porcelain stoneware tiles, *Journal of the European Ceramic Society Cilt 30 (15)*, 3071-3077
- Sümer, G .(2005), Seramik Hammaddeleri, 317
- Sümer, G. (1977), Seramik Sanayi El Kitabı, 51
- Tabata,Y., (2006), Technical aspects on Khmer stoneware ceramics from the Tani kiln site, *Renaissance Culturelle Du Cambodge*, No.22, 171-182
- Taşıyıldız, E., (2015), *Uşak Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 28

- Taçyıldız, E., (2017), Uçucu Külün Stoneware Sırların zelliklerine Etkileri, *İnönü Üniversitesi Sanat ve Tasarım Dergisi*, Cilt 7, Sayı 16, 176-186
- Taşkıran, M.U, Demirkol, N., apoğlu, A., (2005) A New Porcelainised Stoneware Material Based on Anorthite, *Journal of the European Ceramic Society*, 25(4):293-300
- Tetiker, S., Yalçın, H., Bozkaya, ., (2015), Karakaya Karmaşığı'nın Düşük Dereceli Metamorfik Tarihçesine Klorit Mineralojisi ve Jeokimyası ile Yaklaşımlar, *Türkiye Jeoloji Bülteni*, 58(2) 78
- Trindade M., Dias M., vd.(2009), Mineralogical Transformations Of Calcareous Rich Clays With Firing: A Comparative Study Between Calcite And Dolomite Rich Clays From Algarve, Portugal, *Applied Clay Science* Cilt 42, (3–4), 345-355
- Tucci, A., Esposito, L., Malmusi, L. ve Rambaldi, E., (2007), “New body mixes for porcelain stoneware tile with improved mechanical characteristics”, *Journal of the European Ceramic Society*, 27, 1875-1881.
- Ube, M. U., (2018), Stoneware from the 14th to the 17th Centuries Found in Archaeological Excavations in Vilnius, *Archaeologia Baltica*, 191-200
- Ube, M.U.,(2014), Stoneware and Maiolica Ceramic Vessels in Vilnius in the 15th–18th Centuries Master Thesis, Klaipėda University,
- Uz, V., zdağ, H., Işık, İ., Ceylantekin, R.,(2005) Killerin plastikliğinin tuğla ve kiremit retimindeki nemi, 12. Ulusal Kil Sempozyumu, 330-336
- Vakaolova, T:V:, Revva, I.B. (2020), Use of zeolite rocks for ceramic bricks based on brick clays and clay loams with high drying sensitivity, *Constr. Build. Mater.* 255
- Venturelli, C.(2006), Thermal expansion study of a β -eucryptite-based glass-ceramic by means of the optical dilatometry. *Ceram. Forum Int.* 83(9)
- Vilarinho, I. S., Dias,A.C, Carneiro, J., Pinto C., Labrincha J.A., Seabra M.P.,(2023), Red Mud Valorization İn Stoneware Pastes: Technical And Environmental Assessment, *Sustainable Materials and Technologies*, 38, 1
- Vodova, L., Sokolar, R., Hroudova, J., (2014), The Effect of CaO Addition on Mechanical Properties of Ceramic Tiles, *World Academy of Science, Engineering and Technology International Journal of Civil and Environmental Engineering* Vol:8, No:6, 717-720

- Wagh, A.S., Poeppel, R.B, Sing J.P.(1991), Mekaniğin Açık Gözenek Tanımı, Seramiğin Özellikleri, *J.Mater.Bilim* 26, 3862-3868
- Watanabe O., Hibino T., Sakakibara M. (2012), Development of an aqueous Ink-jet printing system for ceramic tiles, *Ceramic Forum International*, 89 (5), 27
- Yeşilay, S., (2018), Mermer Atığı İlavesi İle Mat Sır Bileşimlerinin Üretimi, *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi Dergisi* 26(3), 123-131,
- Yeşilay, S., Çakı, M., Çakır A. (2018), Kalsiyum Oksitin (CaO) Çatlaklı Sır Bileşimlerindeki Etkilerinin Araştırılması, *Gazi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 25-38
- Yıldızay, H., Taşçı E., (2021), Ni-Co Kompozitinin Borlu Sırlarda Etkilerinin İncelenmesi, *Mühendislik Alanında Akademik Araştırma ve Değerlendirmeler Dergisi*, 131
- <https://bunka.nii.ac.jp/heritages/detail/505602> (16.06.2022)
- <https://galeriegolconda.com/object/raeren-pitcher-dated-1602-collectors-objects-galerie-golconda-saint-paul-de-vence-antiquities/>(16.06.2022)
- <https://www.crockerfarm.com/stoneware-auction Bellarmine->(16.06.2022)
- <https://www.metmuseum.org/art/collection/search/671537>(16.06.2022)
- <https://www.toepfereimuseum.org>(16.06.2022)

ÖZGEÇMİŞ

