

DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

HAFİF TURGUTLU TUĞLASI ÜRETİMİ İÇİN
UYGUN KATKI MALZEMELERİNİN
ARAŞTIRILMASI

Elif ALAN

Ekim, 2017
İZMİR

HAFİF TURGUTLU TUĞLASI ÜRETİMİ İÇİN UYGUN KATKI MALZEMELERİNİN ARAŞTIRILMASI

**Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Yüksek Lisans Tezi
Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı, Ekonomik Jeoloji Programı**

Elif ALAN

**Ekim, 2017
İZMİR**

YÜKSEK LİSANS TEZİ SINAV SONUÇ FORMU

ELİF ALAN, tarafından PROF. DR. MÜMTAZ ÇOLAK yönetiminde hazırlanan “HAFİF TURGUTLU TUĞLASI ÜRETİMİ İÇİN UYGUN KATKI MALZEMELERİNİN ARAŞTIRILMASI” başlıklı tez tarafımızdan okunmuş, kapsamı ve niteliği açısından bir Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.



Prof. Dr. Mümtaz Çolak

Yönetici



Yrd. Doç. Dr. Ceren KÜÇÜKÖRSAL

Jüri Üyesi



Prof. Dr. Hülya İNANCER

Jüri Üyesi



Prof. Dr. Emine İlknur CÖCEN

Müdür

Fen Bilimleri Enstitüsü

TEŞEKKÜR

Öğrencisi olduğum günden bugüne, her zaman destek olan, çalışmalarımın yürütülmesinde yol gösteren, mesleki gelişimime bilgi ve tecrübesiyle katkı sağlayan danışmanım Sayın Prof. Dr. Mümtaz ÇOLAK'a,

Araştırmalarım kapsamında, kullanılan örneklerin temininde büyük kolaylık gösteren, Turgutlu Kudret Tuğla Fabrikası adına Sayın Gökhan GÖRÇİZ'e ve kömür analiz raporları için Aydın Linyit A. Ş'nin laboratuvar çalışanlarına,

Tuğla örneklerinin pişirme işleminde yardımcı olan Dokuz Eylül Üniversitesi Torbalı Meslek Yüksekokulu'ndan Sayın Doç. Dr. İlker ÖZKAN'a,

Lisans öğrenimime başladığım günden, tamamladığım güne kadar bana mesleğimi sevdiren, öğrencileri olma şansını elde ettiğim için büyük mutluluk duyduğum, hayatım boyunca bana iyi ki Hacettepe'liyim demekten gurur duyurtan, çalışma disiplinlerini örnek aldığım ve almaya devam edeceğim, Hacettepe Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü'ndeki çok değerli hocalarıma,

Yüksek lisans öğrenciliğim süresince beni destekleyen, yardımcı olan, yönlendiren, yorumları ile katkılar sağlayan Dokuz Eylül Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü'ndeki tüm hocalarıma,

Birlikte vakit geçirmekten çok büyük keyif aldığım, hayatımda oldukları için kendimi çok şanslı hissettiğim, umutsuzluğa düştüğümde olumlu bakış açıları ile her daim yanımda ve destek olan sevgili can arkadaşlarım, Jeoloji Mühendisi Nur KILTAÇ'a, Jeoloji Mühendisi Serpil ARSLAN'a ve Maden Mühendisi Nihal UZUN'a,

Arkadaşlığı ile içimi ısıtan, lisanstan beri beni hiç yalnız bırakmayan, aramızdaki mesafelere rağmen varlığını her zaman hissettiğim sevgili dostum Ayşegül AKKAN'a,

Son olarak, maddi ve manevi desteklerini benden hiçbir zaman esirgemeyen biricik aileme; değerli anneme, babama, canım kardeşlerime ve yeğenlerime sonsuz sevgilerimi sunarım.

Elif ALAN



HAFİF TURGUTLU TUĞLASI ÜRETİMİ İÇİN UYGUN KATKI MALZEMELERİNİN ARAŞTIRILMASI

ÖZ

Bu tez çalışmasında; tuğla yapımında kullanılan kil ile birlikte, birbirinden farklı kalorifik değere sahip farklı kömür çeşitleri (Aydın Linyit Spiral kömürü, Aydın Linyit Pudra kömürü ve Kısırak Dere kömürü) ve MDF talaş tozu katkı maddeleri kullanılarak hafif tuğla üretimi için uygun katkı maddelerinin araştırılması amaçlanmıştır.

Uygun katkı maddelerini belirlemek amacıyla yapılan çalışmalar dâhilinde, farklı kalorifik değere sahip kömür örnekleri ve MDF talaş tozu ağırlıkça; yüzde 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 10, 15 ve 20 oranlarında ayrı ayrı Turgutlu tuğla kiline eklenerek ve toplam karışım 100 g ağırlığında olacak biçimde 120 adet tuğla örnekleri hazırlanmıştır. Kullanım alanı kısıtlı olan kömür tozunun kullanımı, hem pişme sırasında enerji tasarrufu sağlamak hem de pişme sonucu tuğlada gözenek oluşturarak hafif ve ısı izolasyonu yüksek tuğla üretmektir.

Binoküler mikroskop ile gözenek boyutu incelemeleri ve X-ışınları kırınım (XRD) yöntemleri gibi laboratuvar bazında yapılan çalışmalarla, tuğla örneklerinde genel olarak kuvars, plajiyoklas, hematit, klorit, K-feldispat ve mika mineralleri saptanmıştır. Farklı kalorifik değere sahip karışımlarda yüksek pişme sıcaklığı nedeniyle mineralojik olarak yeni bir faz olarak hematit minerali gözlenmiştir.

Elde edilen sonuçlara göre; Aydın Linyit Spiral kömür, Aydın Linyit Pudra kömür ve Kısırak Dere kömür katkılı tuğla örneklerin katkı oranlarına göre su emme değerlerinin birbirlerine benzer değişkenlik gösterdiği, MDF talaş tozu katkılı örneklerinin su emme değerlerinin katkı oranına bağlı olarak arttığı gözlenmiştir. Aydın Linyit A.Ş' den alınan Spiral toz ve Pudra kömürünün, % 6 ve % 8 oranlarında katılması ile oluşturulan tuğlaların Hafif Turgutlu tuğla üretimi için uygun olduğu aynı zamanda bu biçimde kullanmaları neticesinde kömüre dayalı

evre kirliliğini önlemede ve bu ürünlerin geri dönüşümü sağlanarak ülke ekonomisine destek sağlayacağı düşünülmektedir.

Turgutlu Kudret Tuğla Fabrikasından alınan Kısarak Dere kömürü katılarak oluşturulan tuğlaların; Kısarak Dere kömür birim fiyatının yüksek olması, tuğla üretim maliyetini artırması ve Kısarak Dere kömürünün, pişirmede kullanılması nedeniyle hafif Turgutlu tuğla üretimi için uygun katkı maddesi olmadığı kanaatine varılmıştır. MDF talaş tozu katkılı tuğla örneklerinin su emme miktarlarının yüksek olmasından dolayı tuğla üretimi için elverişli olmadığı sonucuna varılmıştır.

Anahtar sözcükler: Aydın Linyit, Kısarak Dere, kmr, MDF, Turgutlu tuğla, XRD, su emme

INVESTIGATION OF CONVENIENT ADDITIVE MATERIALS FOR TURGUTLU LIGHTWEIGHT BRICK PRODUCTION

ABSTRACT

This thesis study aims to investigate the suitable materials including clay used for bricks, variety of coal types with different calorific values (Aydın Lignite coal of Spiral, Aydın Lignite coal of Pudra and Kısırak River coal and MDF sawdust for the production of lightweight bricks.

Within the studies that were conducted to determine the suitable additives; coal samples with different calorific values and MDF sawdust were added separately to Turgutlu brick clay in different weights (%) of 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 10, 15 and 20. The final total weight for each was arranged to be 100 g. Finally, 120 brick samples were prepared in this way. The use of the coal dust is both to save energy during firing and to produce bricks of light in weight and high capacity in heat isolation by creating pores during firing process.

Pore size analysis under binocular microscope and X-ray diffraction (XRD) methods reveal the prevalence of quartz, plagioclase, hematite, chlorite, K-feldspar and mica minerals. Hematite appears as a new mineral phase formed due to high temperature of firing on the mixtures of various calorific values.

According to the results obtained, it was observed that the water absorption values of bricks including Aydın Lignite Coal of Spiral, Aydın Lignite coal of Pudra and Kısırak River coal are similar in terms of addition rates; while that of bricks including MDF sawdust increase with respect to the addition rates.

The bricks built by participating in the Kısırak River coal taken from Turgutlu Kudret Brick Factory; It has been concluded that the price of Kısırak River coal unit is high, the cost of brick production is increased and that it is not a suitable additive material for mild Turgutlu brick production due to its use in firing. MDF sawdust due

to high water absorption amount of added sample brick was concluded unsuitable for brick production.

Keywords: Aydın Lignite, Kısarak River, coal, MDF, Turgutlu brick, XRD, water absorption



İÇİNDEKİLER

Sayfa

YÜKSEK LİSANS TEZİ SINAV SONUÇ FORMU.....	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
ÖZ	v
ABSTRACT	vii
ŞEKİLLER LİSTESİ	xii
TABLolar LİSTESİ.....	xiii

BÖLÜM BİR - GİRİŞ..... 1

1.1 Genel Bilgiler	1
1.2 Çalışmanın Amacı	2
1.3 Tuğla.....	2
1.3.1 Tuğlanın Özellikleri	3
1.3.2 Tuğla Çeşitleri.....	3
1.3.3 Tuğla Hammaddeleri	4
1.3.4 Tuğla Üretim Modelleri	5
1.3.5 Tuğla Üretim Aşamaları	6
1.4 Kömür.....	12
1.4.1 Kömürün Oluşumu ve Sınıflandırılması.....	12
1.4.2 Kömürün Özellikleri	15
1.4.2.1 Kömürün Bazı Kimyasal Özellikleri	15
1.4.2.2 Kömürün Bazı Fiziksel Özellikleri	16
1.5 Turgutlu Kili	17
1.5.1 Turgutlu Kilinin Özellikleri	18
1.5.2 Turgutlu Kilinin Mineralojisi.....	19
1.6 Önceki Çalışmaların Araştırılması	23

BÖLÜM İKİ - MATERYAL VE YÖNTEM 27

2.1 Materyal.....	27
2.1.1 Aydın Linyit Spiral Kömürü.....	27
2.1.2 Aydın Linyit Pudra Kömürü.....	29
2.1.3 Kısırak Dere Kömürü	31
2.1.4 MDF Talaş Tozu.....	33
2.2 Yöntem	35
2.2.1 Karışım Hazırlama ve Örneklerin Şekillendirilmesi.....	35
2.2.2 Kurutma	35
2.2.3 Pişirme	35
2.3 Deneysel Çalışmalar	37
2.3.1 Mineralojik, Mikro yapısal ve Kimyasal Analizler	37
2.3.2 Su Emme Ağırlığının Belirlenmesi.....	37
2.3.3 Kuruma Küçülmesi	38

BÖLÜM ÜÇ - BULGULAR VE DEĞERLENDİRME 39

3.1 Mineralojik Analizler (XRD Analizi) Verileri	39
3.2 Pişmiş Tuğla Örneklerinin Yüzey İncelemeleri	43
3.3 Su Emme Ağırlık Verilerinin Değerlendirilmesi.....	52
3.3.1 Turgutlu kili ve Aydın Linyit Spiral toz kömürü ile üretilen tuğlaların su emme verileri.....	52
3.3.2 Turgutlu kili ve Aydın Linyit Pudra kömürü ile üretilen tuğlaların su emme verileri.....	53
3.3.3 Turgutlu Kili ve Kısırak Dere kömürü ile üretilen tuğlaların su emme verileri	54
3.3.4 Turgutlu kili ve MDF talaş tozu ile üretilen tuğlaların su emme verileri	55
3.4 Kuruma Küçülmesi Verilerinin Değerlendirilmesi	56

BÖLÜM DÖRT - MALİYET ANALİZİ.....	59
BÖLÜM BEŞ - SONUÇLAR	62
KAYNAKLAR	65
EK.....	69



ŞEKİLLER LİSTESİ

Sayfa

Şekil 1.1 Çalışma kapsamında kullanılan, Turgutlu-Salihli graben sistemi içerisinde yer alan, Turgutlu kilinin jeolojik konum.....	18
Şekil 1.2 Turgutlu kili hammaddesinin XRD analizi	20
Şekil 1.3 Turgutlu kili (pişmiş) hammaddesinin XRD analizi.....	21
Şekil 2.1 Turgutlu kili-Spiral toz kömürü ile üretilen tuğlalar	28
Şekil 2.2 Turgutlu kili-Pudra kömürü ile üretilen tuğlalar.....	30
Şekil 2.3 Turgutlu kili-Kısrak Dere kömürü ile üretilen tuğlalar.....	32
Şekil 2.4 Turgutlu kili-MDF talaş tozu ile üretilen tuğlalar.....	34
Şekil 3.1 Pişmemiş (soldaki) ve pişmiş (sağdaki) tuğla örnekleri	36
Şekil 3.2 Katkı maddelerinin ağırlıkça oranlarına göre oluşturulan pişmiş tuğla örnekleri.....	36
Şekil 3.3 950 °C’ de pişirilen tuğla örneklerinin pişirme rejimi.....	37
Şekil 3.1 Tuğla örneklerinin XRD analizleri	40
Şekil 3.2 K5 (% 5 Kısrak Dere kömürü katkılı) örneğinin XRD analizi	41
Şekil 3.3 K10 (%20 Kısrak Dere kömürü katkılı) örneğinin XRD analizi	41
Şekil 3.6 Aydın Linyit Pudra kömürü katkılı tuğla örneklerinin binoküler mikroskop daki görüntüsü	44
Şekil 3.7 Aydın Linyit Spiral toz kömürü katkılı tuğla örneklerinin binoküler mikroskop daki görüntüsü	46
Şekil 3.10 Aydın Linyit Spiral katkılı tuğla örneklerinin su emme oranları (%).....	53
Şekil 3.11 Aydın Linyit Pudra katkılı tuğla örneklerinin su emme oranları (%).....	54
Şekil 3.12 Kısrak Dere kömür katkılı tuğla örneklerinin su emme oranları (%).....	55
Şekil 3.13 MDF talaş tozu katkılı tuğla örneklerinin su emme oranları (%)	56
Şekil 3.14 Tuğla örneklerinin küçülme oranları (%)	57
Şekil 4.1 Türkiye’ deki mevcut tuğla fabrikalarının dağılımı.....	59

TABLÖLAR LİSTESİ

	Sayfa
Tablo 1.1 Kudret Tuğla Fabrikası proses akış şeması.....	9
Tablo 1.2 Kudret Tuğla Fabrikası üretim akış şeması	10
Tablo 2.1 Spiral toz kömür ve kil karışım yüzdeleri.....	28
Tablo 2.2 Aydın Linyit Spiral toz kömür örneğine ait analiz sonuçları.....	29
Tablo 2.3 Aydın Linyit Pudra kömür ve kil karışım yüzdeleri	30
Tablo 2.4 Aydın Linyit Pudra kömür örneğine ait analiz sonuçları.....	31
Tablo 2.5 Kısarak Dere kömür ve kil karışım yüzdeleri.....	32
Tablo 2. 6 Kısarak Dere kömürüne ait analiz sonuçları.....	33
Tablo 2.7 MDF talaş tozu ve kil karışım yüzdeleri.....	34
Tablo 3.1 X-Işını Difraksiyonu Sonucu Tuğla Örneklerinde Saptanan Mineraller ...	40
Tablo3.2 Turgutlu kili ve Aydın Linyit Spiral toz kömürü ile üretilen tuğlaların su emme verileri.....	52
Tablo3.3 Turgutlu kili ve Aydın Linyit Pudra kömürü ile üretilen tuğlaların su emme verileri.....	53
Tablo3.4 Turgutlu kili ve Kısarak Dere kömürü ile üretilen tuğlaların su emme verileri	53
Tablo 3.5 Turgutlu kili ve MDF talaş tozu ile üretilen tuğlaların su emme verileri ..	55
Tablo 4.1 Turgutlu tuğla üretim ve ürün birim maliyet hesabı	60

BÖLÜM BİR

GİRİŞ

Tez kapsamında, Turgutlu tuğla hammaddesine ek olarak farklı kalorifik değere sahip üç adet kömür ve MDF talaş tozu katkı maddeleri katılarak oluşturulan hafif Turgutlu tuğlası için uygun katkı maddeleri araştırılmıştır.

1.1 Genel Bilgiler

Dünyada sanayi bakımından önde olan ülkeler en gelişmiş ülkeler olarak gösterilmektedir. Bu nedenle ülkelerin gelişmişlik düzeyi sanayisinin gelişmesi ile doğru orantılıdır. Sanayi ürünlerinin üretimi kadar tüketimi de önemlidir. Ülkemiz ekonomisinin gelişmesinde sanayi faaliyetlerinin önemi artmaktadır. Sanayinin gelişmesi ile birlikte ülkelerde yaşayan insanların barınmak, dinlenmek, eğlenmek, çalışmak vb. ihtiyaçlarını karşılamak için yapılara ihtiyaç duyarlar (Sürül, 2015).

Oluşturulan yapıların güvenli, ekonomik, kullanım sırasında fazla deformasyona uğramaması, yangın, sel, deprem gibi afetler sırasında büyük hasarlar meydana getirmemesi beklenilir. Bu nedenle yapıyı oluşturacak en uygun malzemelerin seçilmesi ve uygun yöntemlerle üretilmesi önemlidir (Örüng ve diğer., 1997).

Hammaddesi tamamen kilden oluşarak üretilen tuğlaların dayanıklı olmaları, düşük ses ve ısı geçirgenlikleri, üretiminin ekonomik olması, dış etkenlere ve yanmaya karşı dirençleri ile en çok kullanılan yapı malzemelerinin başında tuğla gelmektedir (Sürül, 2015; Şahin, 2008).

Tuğla üretiminin günümüzde endüstriyel boyut kazanmasıyla birlikte tuğla hammaddesi olarak kullanılan kile ilaveten farklı katkı maddeleri katarak bünye yapısı hafif, dayanımı ve ısı yalıtım değeri yüksek tuğla üretimi de yaygınlaşmaya başlamıştır.

Ülkemizin yıllık tuğla üretim kapasitesi yaklaşık 22 milyon ton civarındadır (Görçiz, 2000).

1.2 Çalışmanın Amacı

Her geçen gün şehirleşme ile birlikte artan tüketim sonucu açığa çıkan çeşitli atıkların bertaraf edilmesi gün geçtikçe zorlaşmakta ve katlanarak artmasına bağlı olarak yaşanan depolama ve ortadan kaldırma problemleri sonucu çevre ve su kirliliği meydana gelmekte ve bu durum insan sağlığını ve doğayı olumsuz etkilemektedir. Çevresel sorunların başında gelen kömür kullanımı sonucunda oluşan şlam (*) katı atıkları veya endüstriyel yan ürünler depolama ve ortadan kaldırma problemlerini beraberinde getirmelerinden dolayı bu atıkların geri dönüşüm olarak yapı sektöründe kullanılması önemlidir.

Bu çalışmada; yapı sektöründe kullanılmak üzere bünye yapısı hafif, dayanımı ve yalıtım değeri yüksek daha ekonomik yapı elemanları üretilmesi için uygun katkı maddelerinin araştırılması amaçlanmıştır.

1.2 Tuğla

Tuğla, kilin belli oranlarda su ile karıştırılıp plastik hamur şekline getirildikten sonra şekil verilip doğal ve/veya yapay ortamda kurutulduktan sonra özel fırınlarda 900-950 °C gibi sıcaklıklarda pişirilmesi ile üretilen bir yapı malzemesidir (Yüksel ve Şişman, 2003; Sülün, 2015). Tuğla kullanımı altı bin yıl öncesine kadar uzanır. İlk üretilen tuğlalar güneşte bekletilerek kurutulurdu. Milattan üç bin yıl önce ilk tuğla ocakları kurulmaya başlamıştır (Yüksel ve Şişman, 2003).

Günümüzde tuğla ifadesi genellikle uzunluğu yaklaşık 20-22 cm, genişliği 9-11 cm ve yüksekliği 5-7,5 cm arasında olan bloklar için kullanılır (Görçiz, 2000).

(*) Üretim sırasında kömüre karışan kömür dışı kil, taş gibi malzemeleri kömürden uzaklaştırmak için kömürün su ile yıkanması sonucu arta kalan kömür pasalarıdır.

1.3.1 Tuğlanın Özellikleri

Tuğlanın özellikleri, kil toprağının yapısına ve karışım oranına (kum-kil), pişirme rejimine, pişirildiği sıcaklık derecesine ve üretim tekniğine bağlı olarak değişir. Fiziki olarak sert, gevrek ve ısıya dayanıklıdır. Genellikle tuğlanın porozitesi % 25’ den fazla ise giderek basınç dayanımı azalır. Basınç dayanımı tuğlanın en önemli özelliğidir. Bugün bazı ülkelerde 500-600 kg/cm² basınç dayanımı olan tuğlalar üretilmektedir. Tuğlaların pişirilmesi sırasında, içinde sonsuz sayıda mikrokospik çatlak, boşluk ve geçitler oluşur. Bu boşluklar tuğlanın bütün önemli özelliklerini etkilerler. Ancak, tuğladaki boşluklarda bulunan hava, suyun boşluğa girmesini engeller (Köseoğlu ve diğer., 2008; Sürül, 2015; Şahin, 2008).

1.3.2 Tuğla Çeşitleri

○ Makine Tuğlaları

Balçığın ve killi toprağın harman edilip veya ayrı gerektiğinde su, kum, öğütülmüş tuğla ve kiremit tozu, kül ve benzeri malzemeler karıştırılarak makinelerde şekillendirildikten sonra fırınlarda pişirilmesi ile elde edilen ve duvar yapımında kullanılan malzemelerdir. Bu tuğlalar düzgün yüzeyli keskin köşeli boşluksuz bir yapı gösterirler. Tuğlalar boyutlarına, delik durumlarına, dolu olmalarına, birim ağırlıklarına ve basınç dayanımına göre sınıflandırılır. Boyutlarına göre tuğla çeşitleri normal tuğla, modüler tuğla, blok tuğla olarak ayrılırlar (Görçiz, 2000).

○ Klinker Tuğlaları

Sinterleşmeye ^(**) kadar pişirilmiş, birim ağırlığı ve basınç dayanımı yüksek, donmaya dayanıklı duvar tuğlasıdır. Su emmeleri oldukça azdır (% 2-% 3) (Görçiz, 2000).

^(**) Şekillendirilip kurutulmuş tuğla hammaddesinin eritmeye yakın bir duruma kadar pişirilmesiyle elde edilir. Camsı bir yüzey oluşturduğu için su emmesi düşüktür (Görçiz, 2000).

- **Baca Tuğlası**

Genellikle baca yapımında kullanılırlar. Daire ve kare kesiti tek baca tuğlaları yanında, şömine ve şönt bacalar içinde tuğla baca tuğlası üretilmektedir. Bu tuğlalarla baca çekişi daha iyi olur. Duman ve kömür isini dışarıya kolay kolay sızdırmaz. Yüksek ısıya dayanırlar, ısıdan dolayı çatlama olmaz. Baca tuğlalarına; yuvarlak delikli, kare delikli, şömine baca, şönt baca isimleri de verilmiştir (Görçiz, 2000).

- **Dekoratif Tuğla**

Dekoratif görüntünün ön plana çıktığı ve taşıyıcı amacı olmayan yerlerde kullanılır. Değişik desenlerde ve boyutlarda üretilmektedir (Görçiz, 2000).

- **Cephe Tuğlası**

Cephelerde dekoratif amaçlı kullanılan tuğlalardır. Su emmesi düşük olduğu için donmaya karşı dayanıklıdır ve genellikle (190 x 90 x 50) mm boyutlarında delikli olarak üretilmektedir (Görçiz, 2000).

- **Delikli Tuğlalar**

Genellikle fabrikalarda yaklaşık (950-1000) °C sıcaklıkta pişirilerek üretilir. Boyutları çeşitli ülke standartlarında belirtilmiştir. Ülkemizde delikli tuğlalar (23,5 x 13,5 x 13,5) cm, (23,5 x 23,5 x 13,5) cm veya (23,5 x 13,5 x 9,5) cm gibi ebatlarda üretilmektedir. Aynı zamanda ses ve ısı izolasyonu da sağlar (Görçiz, 2000).

1.3.3 Tuğla Hammaddeleri

- **Kil:** Tuğla yapımı için en uygun killerin illit ve kaolinit türünde killeri olduğu söylenebilir. Montmorillonit ve Halloysit cinsi killeri su aldıklarında fazla şişme özelliğinden dolayı tuğla yapımı için uygun değildir (Şahin, 2008).
- **Kum:** Tuğla yapımında kilin içerisinde % 20- % 30 kum (genellikle kuvars, granitik kaya kırıntısı) bulunması plastisiteyi dengelediği (aşırı yapışkanlığı) önlediği için tercih edilir. Gereğinde dışarıdan kum, plastisiteyi kontrol

amacıyla katılır. Bu tip maddelere yağ alıcı (kilin azalması) maddeler denir. Aynı zamanda ergime sıcaklığını da düşürürler (Şahin, 2008).

- **Demir:** Kilin kitlesi içinde demir sülfat ve demir oksit hidratları şeklinde bulunan demir, pişmiş toprak malzemeye kırmızı rengini verir. Demir oranı % 8 ile % 10 mertebesini aşarsa, seramik malzemede pişirme sırasında şişme ve çatlama, tuğla yüzeyinde çiçeklenme, boya akmaları görülebilir. Demir bileşikler ateşe dayanıklılığı düşüren öğelerdir (Şahin, 2008).
- **Kalker:** Killerde ince malzeme olarak bulunan CaO miktarı % 8'i aştığı takdirde, tuğlanın rengi sarıya dönüp, şekil bozuklukları ve çatlama görülür. 1 mm' den büyük taneler patlamaya neden olur. Suyla temasında da CaOH oluşumu sonucu ufalanmaya neden olur. Az miktarlarının ise bir zararı yoktur (Şahin, 2008).
- **Suda eriyici tuzlar:** Sülfat ve klorür tuzları < % 1,5 olmalıdır. Fazla miktarda eriyici tuzlar malzeme yüzeyinde, çiçeklenme ve pullanma yapar (Şahin, 2008).
- **Organik maddeler:** Killerin mavi, gri, yeşil ve siyah renklerde bulunması çoğunlukla içerisindeki organik maddelere bağlıdır. Pişme sırasında bu organik maddeler 400 °C' den önce tamamen yanıp, geriye siyah karbon kalıntıları bırakır. Çoğunlukla merkezde siyah çekirdeklenmelere neden olur. Organik maddelerin fazlalığı, malzemenin görünümü ve dayanımı açısından olumsuz etki yapar (Şahin, 2008).

1.3.4 Tuğla Üretim Modelleri

Tuğla fabrikalarında üretim sistemi üç tip modelden oluşur:

1. Tünel fırın suni kurutma sistemi H.M→ H.Ş. → S.K. → T.F. → M.M.
2. Hoffmann fırın suni kurutma sistemi H.M→ H.Ş. → S.K. → H.F. → M.M
3. Hoffmann fırın doğal kurutma sistemi H.M → H.Ş. → D.K. → H.F. → M.M

(H.M: hammadde, H.Ş: hazırlama ve şekillendirme, S.K: suni kurutma, T.F: tünel fırın, D.K: doğal kurutma, H.F: Hoffmann fırın, M.M: mamul madde)

Tuğla fabrikalarının üretim teknolojileri ile ilgili olarak yukarıda bahsedilen modeller enerji maliyeti ve birim enerji tüketimini etkiler. Hoffmann fırın suni kurutmalı tesisler, tünel fırına göre % 54 daha fazla enerji tüketmektedir. Doğal kurutmalı tesislerde kurutma için enerji harcamaları olmadığından tünel fırınlara göre % 19, suni kurutmalı Hoffmann'lara göre ise % 47 daha az enerji kullanılmaktadır (Zal, 2010).

1.3.5 Tuğla Üretim Aşamaları

Tuğla üretimi dört aşamalıdır:

- 1. Karışımın Hazırlanması:** İlk aşamada karışım öğütülür ve homojen karışım haline getirilir. Bir süre bekletilerek kararlı bir durum alması sağlanır. Bu sürece “çürütme” adı verilir (Toton, 1973). Bu çürütme sürecinde killerin kristal suyunun doygunlaşması sağlanır.
- 2. Şekillendirme:** Hazırlanan karışım değişik yöntemlerle istenen forma getirilir. Şekillendirmede kullanılan yöntemler:
 - a. Presleme (ateş tuğlaları, izolator fincanları, oto bujileri vb.)
 - b. Ekstrüzyon (düşey ve yatay delikli tuğla)
 - c. Döndürme (testi, saksı vb.)
 - d. Kalıplama (Düşük kaliteli harman tuğlası, kiremit vb.)
 - e. Dökme (Kil süspansiyon haline getirilir ve içine dağıtıcı deflokülan maddeler katılır. Kararlı hale getirilen süspansiyon yavaşça alçı kalıplara dökülür. Alçı suyu emer ve kil çepere yapışır (Toton, 1973).
- 3. Kurutma:** Kil içinde mevcut ve şekillendirmeyi uygun bir kıvama getirmek için katılan suyun değişik yöntemlerle bünyeden uzaklaştırma işlemidir. Kurutma işleminde doğal kurutma ve yapay kurutma olarak iki yöntem kullanılmaktadır (Toros, 1987).
 - **Doğal Kurutma:** Ülkemizde çok yoğun olarak kullanılan ve atmosferdeki ısı enerjisinden faydalanma prensibine dayanan bir sistemdir. Extruder (vakum pres) den yaş olarak çıkan mamuller genellikle kurutma sehparına belli bir düzenle dizilmekte, bu sehparlar geniş kapalı alanlarda ya da açık alanlarda bekletilerek kurutulmaktadır (Toton, 1973; Toros, 1987). Rüzgarın etkisiyle tuğladaki adsorbe su ortamdan uzaklaşmaktadır. Bu kurutma yöntemi, kurutma işleminde ek bir enerji gerektirmediği için

ekonomik görünmektedir. Fakat, kurutma işlemi için geniş alanlara ihtiyaç duyulması, kurutmanın çok ağır ve uzun sürede yapılabilmesi, kontrolün yeterli olamaması, kurutmanın hava şartlarına (ısı, rutubet, rüzgar vs.) bağlı olması, işçiliğin fazla oluşu sakıncalarını oluşturmaktadır (Toros, 1987).

- **Yapay Kurutma:** Kurutmayı doğal koşullara bırakmadan ek bir enerji sağlanarak ısınin ve hava hareketinin fazlalaştırılmasıyla yapmaktır. Killi maddenin içindeki serbest suyun, önce yüksek buhar basıncı ve az sıcaklık, kurutmanın sonuna doğru alçak buhar basıncı ve yüksek sıcaklık sağlanarak dışarı atılması prensibine dayanır. Bu uygulama kurutma odaları veya tünel kurutma fırınları kullanılarak yapılmaktadır (Toros, 1987).

4. Pişirme: Pişirmeden yapılan tuğlalara kerpiç denir. Pişirmede çatlama meydana gelmemesi için sıcaklığın kontrollü bir biçimde yavaş yükseltilip, alçaltılması gerekir. Aşırı pişmişse; mor-siyah renk alır. Su emmesi az olduğundan duvar harcıyla iyi bağ kuramaz. Az pişmişse; camlaşma yetersiz kaldığından, toprak görünümünde, çok su emen bir yapıda olurlar. Bazıları su emince dağılabilirler. Düşük mekanik özelliklere sahiptirler (Toton, 1973). Pişirme aşamasında tuğladan absorbe su ve kristal suyu ortamdan uzaklaşmıştır.

Bu açıdan baktığımızda ülkemizde kullanılan en yaygın tuğla pişirme sistemi Hoffman sistemidir. Tünel fırın sistemi ile çalışan fabrika sayısı ise sınırlıdır. Zaman içinde bu sistemler kendi içlerinde geçişler yaşamış, karma birtakım teknolojiler ortaya çıkmıştır. Hoffman pişirme teknolojisi yanında yapay kurutma yapılmış, tünel fırın teknolojisi doğal kurutma ile beslenmiş, tünel pişirme sistemi Hoffman ile karma yapılarak kemer tünel fırın sistemi geliştirilmiştir (Toros, 1987).

- **Tünel Fırın:** Kil, pişirme işleminden önce serbest haldeki suyunu daha sonrada emdiği suyun önemli kısmını kaybederek boyutlarını küçültür (rötre). Isınma, pişme ve soğutma bölgelerinin sabitleşip pişecek ürünlerin hareket ettiği fırın türüdür. Ürünler fırın içinde özel arabalar, bantlar, kovalar veya plakalar üzerine yerleştirilerek sevk edilirler. Tünel fırın

temiz yakıt ile açık alevli, kirli yakıtlar ile kapalı alevli (muffel) iki ayrı ısıtma yöntemi uygulanır. Ana prensip olarak ürünler hareketli, ateş sabittir. Uzun bir tünel ve tünelin içinde hareketli fırın vagonları vardır (Toton, 1973; Toros, 1987).

Yarı mamul ürünler fırın vagonlarına fırının dışında istif edilmekte ve birbiri ardına vagonlar belli bir hızda, fırının içinde hareket etmektedir. Fırın içinde hareket eden ürünler ısısı gittikçe artan, rutubeti azalan bir hava ortamı ile karşılaşmaktadır. Bu bölge ısınma bölgesidir. Orta bölümde pişme bölgesi (cehennemlik) vardır. Burada pişen ürün ilerlemeye devam ederek daha önce pişmiş olan malzemenin üzerinden geçerek malzemeyi soğutmuş olan ve kendisi ısınan hava ile temas ettikçe giderek soğumaya başlamaktadır. Daha sonra fırın dışına çıkan ürünler fırın vagonları üzerinden alınmaktadır. Pişirme bölgesinde genel olarak katı yakıt kullanılmakta, bazen sıvı ve gaz yakıtlı sistemlerde yapılabilmektedir. Tünel fırınlar, ürün kalitesi yüksek yakıt ve emek tasarrufu sağlayan, fabrikasyon süresi kısa sistemlerdir. Ancak, ilk yatırım ve bakım maliyetleri çok yüksektir. Fırın debisi çok sık değiştirilememektedir (Zal, 2010).

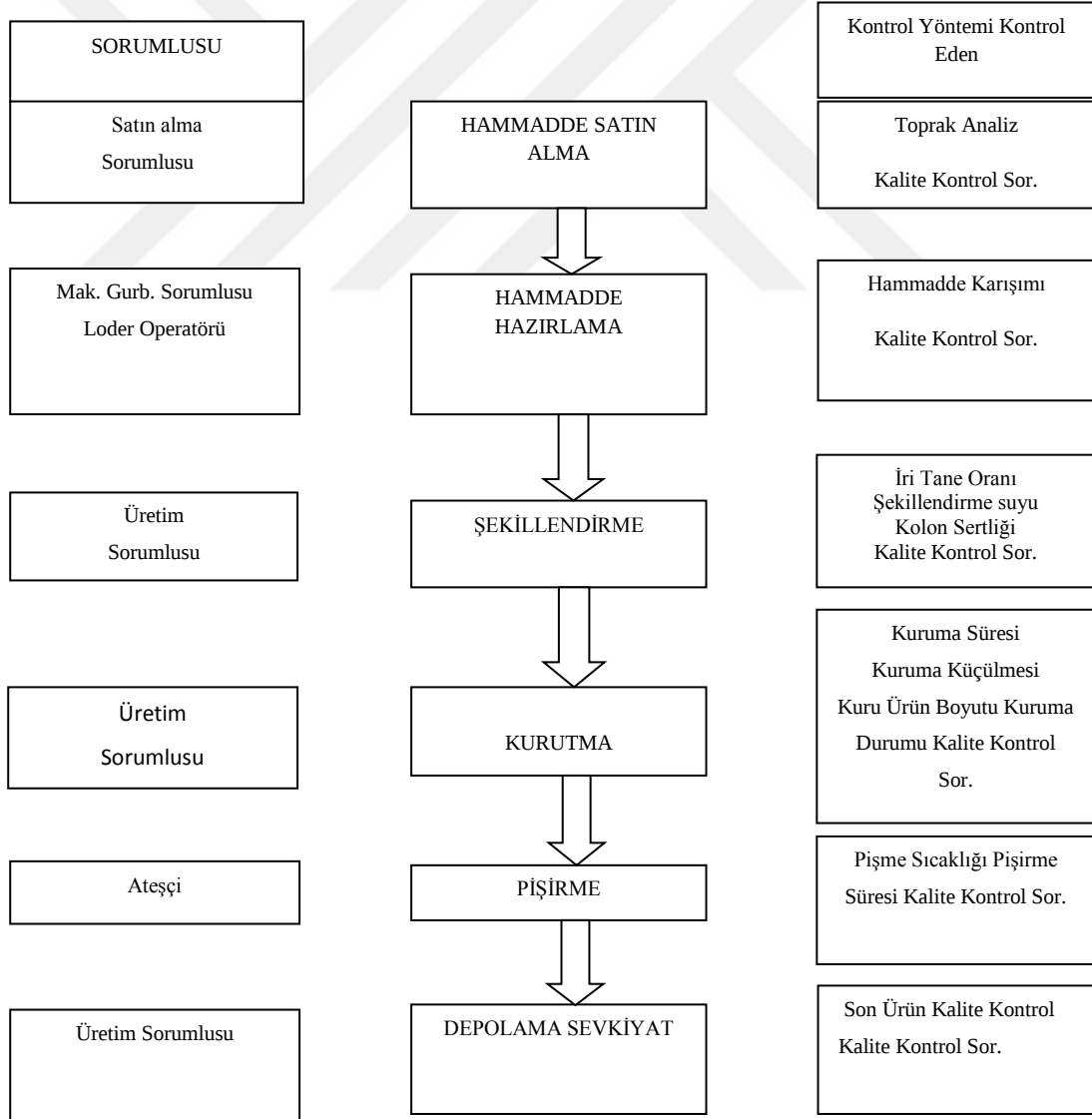
- **Hoffmann Fırınları:** Ateş bölgeleri hareket halinde olup tuğlalar sabittir. Bunlara kamaralı fırın adı verilmektedir. Bu pişirme sisteminde, tuğlar birbirine bitişik kamaralara yerleştirilirler. Kamara sayısı 12-36 arasında değişmektedir. Genellikle, kamaralar birbirlerinden kağıt levhalarla ayrılırlar. Her yüklemede kağıtlar konmakta ve ateş dolaşımı ile bu kağıtlar yanmaktadır. Kamaralar arasındaki hava ile ısı akımı duvar delikleri ile sağlanır. Bu deliklerin açılıp kapatılması mümkün olup yüksek pişirme sıcaklığı uygulanabilmektedir. Fırın kesiti dairesel tonoz biçimindedir. Ateş hareketli ve ürünler sabittir. Bu fırın yakıttan elde edilen ısıyı çok yüksek verimle kullanan ve üretim kapasitesi ve hızı yüksek olan bir fırındır (Zal, 2010).

Yanmanın tam pişme durumundaki malzemenin üzerinde olması, fırın içinde hareket eden havanın bir yandan pişmiş malzeme ile temas ederek

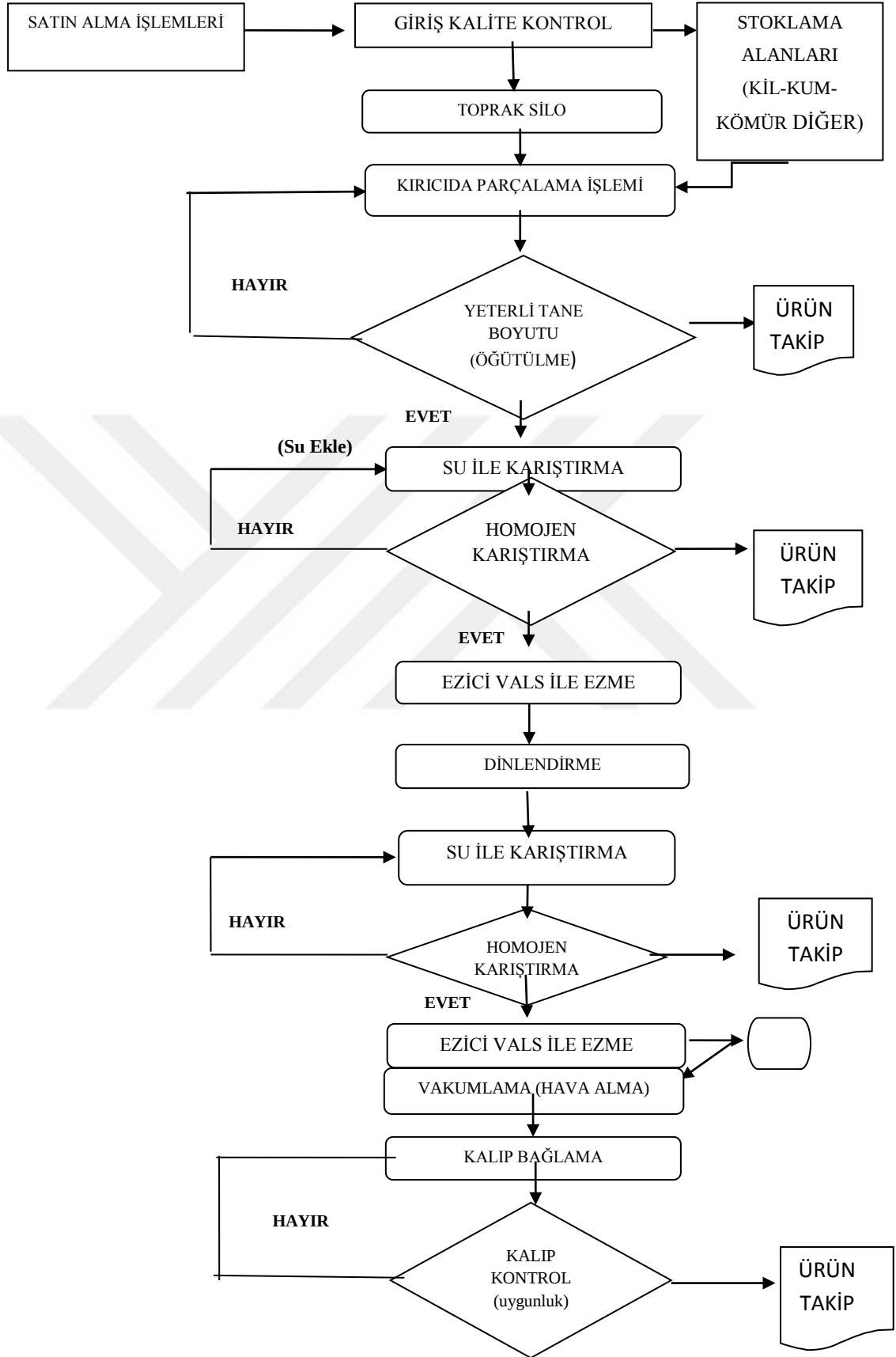
ısınmaması, ısınmış havadan çiğ malzemenin ısınması için yararlanılması bu fırının en önemli üstünlükleridir. Fırının üstündeki deliklerden yakıt püskürtülmekte, pişme safhası ilerledikçe püskürtme işlemi delikler boyunca ilerlemektedir. Yakıt olarak genelde kömür vb. katı yakıtlar, nadiren sıvı yakıtlar kullanılmaktadır. Hoffman fırınlarında, enerji kullanımı tünel fırınlara göre daha fazladır, emek yoğun bir yapılanma gerektirdiği için maliyet yüksektir (Zal, 2010).

Örnek olarak, Tablo 1.1’ de Kudret Tuğla Fabrikası proses akış şeması, Tablo 1.2’ de Kudret Tuğla Fabrikası üretim akış şeması verilmiştir.

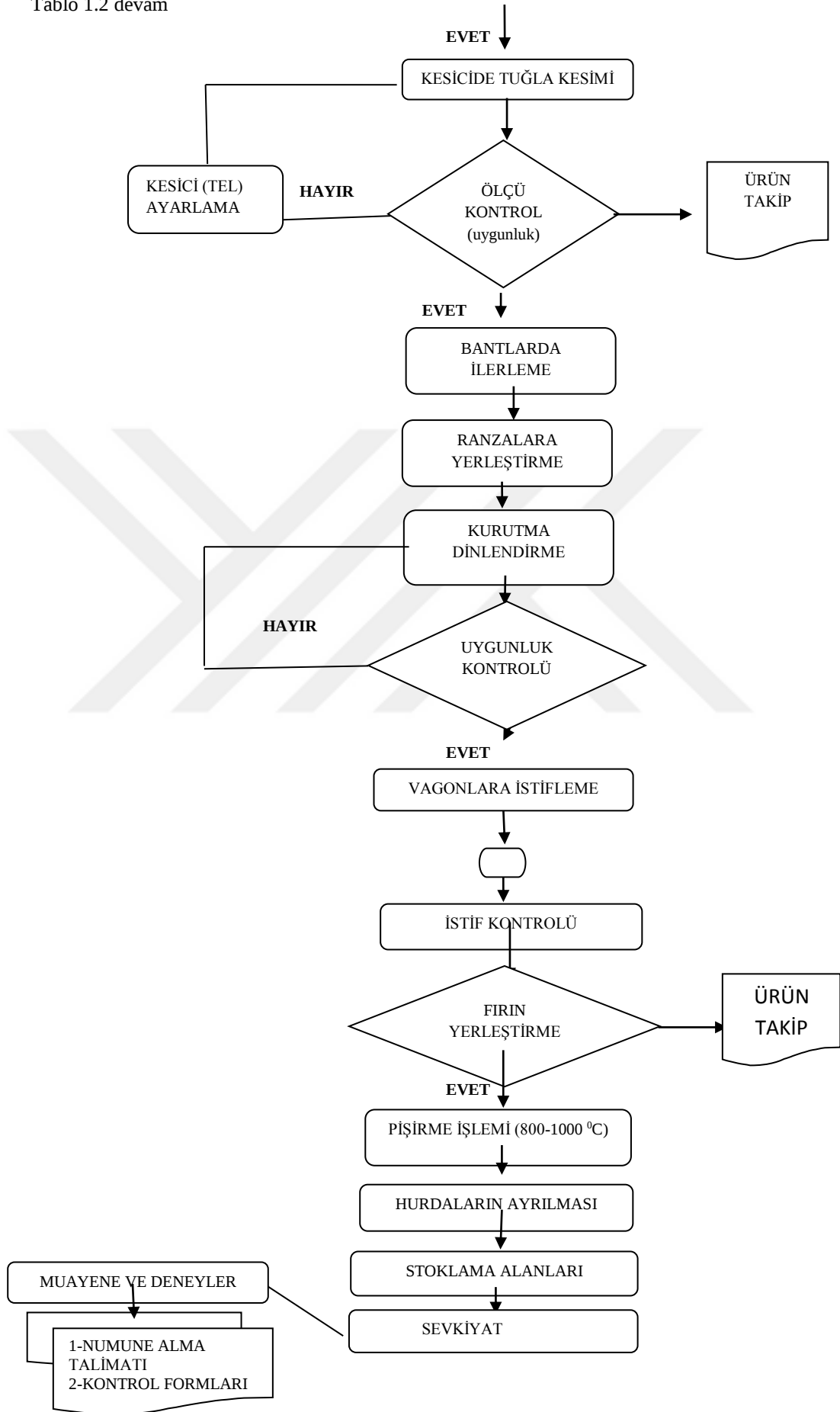
Tablo 1.1 Kudret Tuğla Fabrikası proses akış şeması



Tablo 1.2 Kudret Tuğla Fabrikası üretim akış şeması



Tablo 1.2 devam



1.4 Kömür

Kömür, havanın serbest oksijeni ile doğrudan doğruya yanabilen serbest veya bileşim halinde % 55-% 95 arasında karbon içeren, organik kökenli birikimlerdir. Temel yapısı organik ve inorganik olmak üzere iki ana kısımdan oluşur (Hayta, 2010; Toros, 1987). Organik yapısı C, H, O ve az miktarda da kükürt ve azottan oluşur; inorganik yapısı nem ve mineraller içermektedir (Çit, 2007; Hayta, 2010).

1.4.1 Kömürün Oluşumu ve Sınıflandırılması

Turbanın kahverengi kömür (linyit ve alt bitümlü kömür), taş kömürü (bitümlü kömür) ve antrasit basamaklarından geçerek meta-antrasite dönüşmesine kadar geçen sürece ‘‘kömürleşme’’ denilmektedir. Bir kömürün kömürleşme derecesi ‘‘ rank ‘‘ (rütbe, kademe) ile ifade edilir (Karayığit ve Köksoy, 1997).

Kömürün oluşması için öncelikli olarak büyük miktarlarda bitki gereklidir. Çok sayıda ve farklı türlerdeki bitkilerden meydana gelen kömür, böylece heterojen bir yapı oluşturur (Hayta, 2010; Schapiro ve Gray, 1970).

Kömür daha çok rutubetli, tropikal iklime sahip, su ile büyüyen bitkilerin bulunduğu ortamlarda oluşmaktadır. Bitkilerin hava ile teması sonucunda bozunmalarını önlemek için üzerlerinin yeterli miktarlarda su ile örtülmesi gereklidir. Bitkiler üst üste yığılarak gittikçe kalınlaşan tabakaları oluşturmuşlardır (Hayta, 2010; Tekeş, 2007).

Uluslararası genel kömür sınıflandırılması Tablo 1.3’de verilmiştir.

Kömürler genel olarak;

- Turba
 - Linyit Isıl Değer: 4610 kcal/kg’ın altında
 - Taş kömürü Isıl Değer: 5390-7000 kcal/kg arasında
 - Antrasit Isıl Değer: 7000 kcal/kg’ın üstünde
 - Meta-Antrasit (Grafit)
- olmak üzere sınıflandırılabilir.

Tablo 1.3 Uluslararası genel kömür sınıflaması (Anonymous, 1983)

A. SERT KÖMÜRLER	B. KAHVERENGİ KÖMÜRLER
1. KOKLAŞABİLİR KÖMÜRLER (Yüksek fırınlarda kullanıma uygun kok üretimine izin veren kalitede) 2. KOKLAŞMAYAN KÖMÜRLER a) Bitümlü Kömürler b) Antrasit	1. ALT BİTÜMLÜ KÖMÜRLER (4.165 – 5.700 kcal/kg arasında kalorifik değerde olup topaklaşma özelliği göstermez) 2. LİNYİT (4.165 kcal/kg'ın altında kalorifik değerde olup topaklaşma özelliği göstermez)

Kömürleşme derecesi (rank) kömür sınıflandırılmasında önemli bir husustur. Kömür Derecesine göre yapılan sınıflandırmada karbon içeriği temel değişkendir. Yüksek ranklı (kömürleşme derecesi yüksek) kömürlerde uçucu madde içeriği, düşük ranklı (kömürleşme derecesi düşük) kömürlerde ise ısı değeri baz alınarak sınıflandırılmıştır (Karayiğit, 1997). Kömürleşme derecesi sınıflaması ve özellikleri Tablo 1.4’ de, genel sınıflandırmada yer alan kömürlerin tanıtıcı özellikleri Tablo 1.5’ de gösterilmiştir.

Tablo 1.4 Çeşitli ranklarda (kömürleşme derecelerinde) kömür özellikleri (Tsai, 1982)

RANK (Kömürleşme Derecesi)	UÇUCU MADDE İÇERİĞİ % Ağırlık, Islak - Külsüz	KARBON İÇERİĞİ % Ağırlık, Islak – Külsüz	KALORİFİK DEĞER Btu/Lb, Mineral maddesiz	NEM İÇERİĞİ % Ağırlık
1. LİNYİT	69- 44	76 – 62	8.300 – 6.300	52- 30
2. ALT BİTÜMLÜ	52- 40	80- 71	11.500 – 8.300	30- 12
3. BİTÜMLÜ				
a) Yüksek Uçuculu-B	50- 29	86- 76	13.000 – 10.500	15- 2
b) Yüksek Uçuculu-C				
c) Yüksek Uçuculu-A	49- 31	88- 78	14.000	5- 1
d) Orta Uçuculu	31- 22	91- 86	14.000	5- 1
e) Düşük Uçuculu	22- 14	91- 86	14.000	5- 1
4. ANTRASİT	14- 2	99- 91	14.000	5- 1

Turbalar, as-rec ¹ %90 oranında su; adb ² % 12 su ve % 3 kül (yanmayan sediman miktarı); daf ³ % 6 H, % 2 N, % 1 S, % 31 O ve < % 60 C içerir (Karayiğit, 1997).

Linyitlerin, kuru ve külsüz baza göre elementer analiz aralıkları; C: % 65-70, H: % 5-8, O: % 25; ısıl değerlerinin 4000-6000 kcal/kg olarak saptanmıştır (Karayiğit ve Köksoy, 1997).

Linyitler yani kahverengi kömürler yumuşak kahverengi kömür, mat kahverengi kömür ve parlak kahverengi kömür olmak üzere üçe ayrılır. Bu kömürlerinin elementer analizleri Tablo 1.6' da verilmiştir.

Tablo 1.5 Genel sınıflandırmada yer alan kömürlerin tanıtıcı özellikleri (Mervit, 1986)

LİNYİT	ALT BİTÜMLÜ KÖMÜRLER	BİTÜMLÜ KÖMÜRLER	ANTRASİT
Kahverengi	Siyah	Koyu siyah	Parlak siyah
Kırılgan, çabuk toz halinde uflanma	Oksidasyonla veya kurutma sonucunda ince parçalar ve toz halinde uflanma	Bloksu kırılma	Merceksi kırılma
Masif, odunsu veya üniform kilsî doku	Masif	Bantlı ve kompakt	Sert ve dayanıklı
Isı Değeri: 4,610 kcal/kg'ın altında	Isı Değeri: 4,610-6,390 kcal/kg arasında	Isı Değeri: 5,390-7,700 kcal/kg arasında	Isı Değeri: 7,000 kcal/kg'ın üzerinde
Uçucu madde miktarı ve nem içeriği yüksek	Uçucu madde ve nem içerikleri bitümlü kömürlerden daha yüksek	Uçucu madde miktarı ve nem içeriği düşük	Uçucu madde ve nem içerikleri düşük
Düşük sabit karbon içeriği	Sabit karbon içeriği Bitümlü kömürden düşük	Sabit karbon içeriği yüksek	Sabit karbon içeriği yüksek

Taş Kömürü ise; as-rec = % 35-75 oranında su içerir.

$$daf = \left\{ \begin{array}{l} >7000 \text{ kcal/kg} \\ >\% 77 \text{ C içerir} \end{array} \right\}$$

(1) Kömürün orijinal su içeriği

(2) Havada-Kuru Bazda-Kömürün doğal yollarla (hava ile) kurutulması

(3) Kuru-Külsüz Bazda-Kömürün toplam nem ve kül içeriğinden arındırılması

$$\% \text{VM}^4 = < 42 \text{ ve } \% \text{Rr}^5 = > 0,60 \text{ dır.}$$

Tablo 1.6 Linyit kömür çeşitlerine ait elementer analiz sonuçları (Karayiğit ve Köksoy, 1997)

Yumuşak Kahverengi Kömür	Mat Kahverengi Kömür	Parlak Kahverengi Kömür
as-rec= % 35-75 oranında su içerir.	as-rec= % 25-30 oranında su içerir.	as-rec = % 8-25 oranında su içerir.
daf = $\left\{ \begin{array}{l} < 4000 \text{ kcal/kg} \\ \% 60-70 \text{ C içerir.} \end{array} \right\}$	daf: $\left\{ \begin{array}{l} 4000-5000 \text{ kcal/kg} \\ \% 71 \text{ C içerir.} \end{array} \right\}$	daf = $\left\{ \begin{array}{l} 5500-7000 \text{ kcal/kg} \\ \% 71-77 \text{ C içerir.} \end{array} \right\}$
%Rr = < 0,35 dir.	% VM = 49-53 %Rr = 0,35-0,45 dir.	% VM = 42-49 %Rr = 0,45-0,60 dır.

1.4.2 Kömürün Özellikleri

1.4.2.1 Kömürün Bazı Kimyasal Özellikleri

Kömürün sınıflandırılmasında sabit karbon miktarı, ısı değeri, nem, uçucu madde, kül, hidrojen, azot ve oksijen miktarları kömür türlerine göre farklılıklar gösterir. Kömürün oksitlenmeye ve indirgenmeye olan tepkileri, piroliz esnasındaki davranışları ve organik çözücüler içindeki çözünürlüğü kimyasal açıdan en belirleyici özellikleridir (Karayiğit ve Köksoy, 1997).

- **Kül:** Kömürün kül içeriği, standart koşullar altında (750 °C' de) yanma sonucu arta kalan inorganik kalıntıyı gösterir (Karayiğit ve Köksoy, 1997).
- **Uçucu Madde:** Kömürlerdeki uçucu madde, nem (organik maddenin bozunma nemi ve minerallerin hidrasyon suyu), hidrojen, karbondioksit, karbonmonoksit, hidrojen sülfür, organik sülfür bileşikler, organik bileşikler, katran, klorürler ve amonyak gibi bileşikler içermektedirler. Kömürleşme derecesine bağlı olarak uçucu madde içeriği azalmaktadır (Karayiğit ve Köksoy, 1997).
- **Isıl Değer:** Bir kömürün ısı değeri, türüne ve organik yapısına karışmış olan yanmayan maddelerin miktarına bağlıdır. Kömürün mineral miktarı (kül içeriği) arttıkça ısı değeri azalmaktadır (Karayiğit ve Köksoy, 1997).

⁽⁴⁾ Kömür içerisindeki uçucu madde miktarı

⁽⁵⁾ Kömürün yansıtma derecesi

- **Nem:** Kömürler kömürleşme derecelerine göre farklı oranlarda nem içerirler. Ocak çıkışı taşkömürü % 1- 3, sert linyitler % 20- 30, yumuşak linyitler % 40- 50 ve turbalar ise % 60'ın üzerinde rutubet içerirler (Hayta, 2010; Pişkin, 1988).

1.4.2.2 Kömürün Bazı Fiziksel Özellikleri

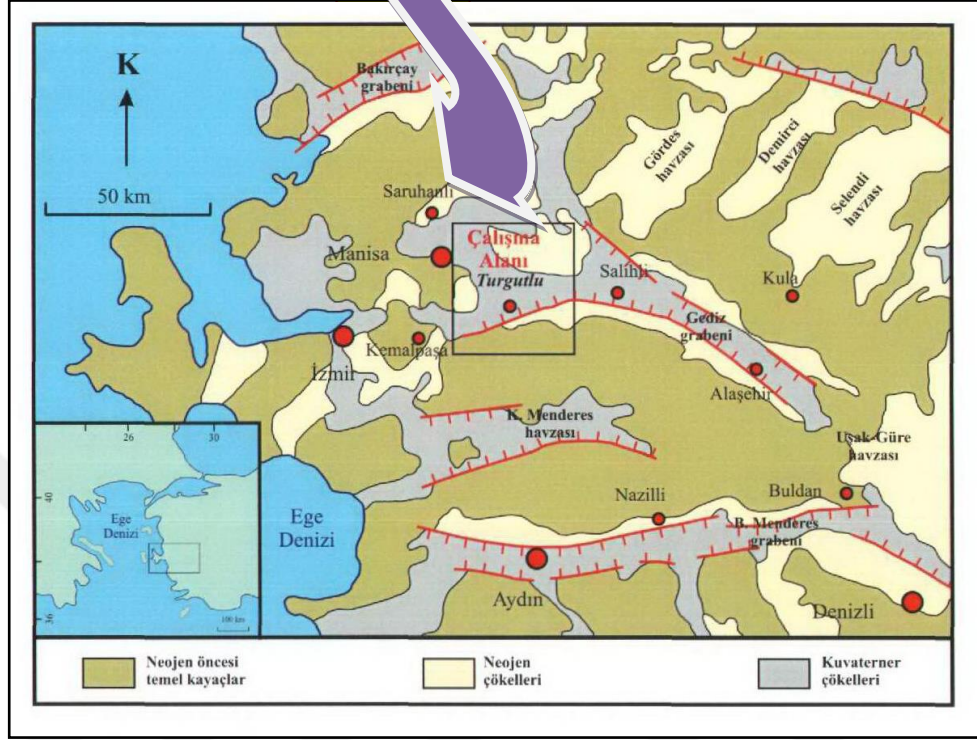
- **Gözeneklilik (Porozite):** Nem miktarları yüksek olan kömürler, yüksek gözenekliliğe sahiptir. Genç kömürlerin gözenekliliği yüksektir. Linyitlerin gözenekliliği % 27- 37 arasında ölçülmüştür (Karayığit ve Köksoy, 1997; Pişkin, 1988).
- **Yoğunluk:** Bir kömürün yoğunluğu sabit karbon, uçucu madde, nem ve içerdiği kül miktarına bağlıdır. Kömürün külü arttıkça yoğunluğu da artar. Kömürlerin yoğunlukları; Linyit, 0,50- 1,30 g/cm³, Bitümlü kömürler 1,15- 1,50 g/cm³, Antrasit 1,40- 1,70 g/cm³ dir (Karayığit ve Köksoy, 1997).
- **Parlaklık:** Kömürler arasında en parlak olanı antrasittir. Linyitlerin genellikle mat ve toprağımsı bir görünimleri vardır (Karayığit ve Köksoy, 1997).
- **Sertlik:** Kömürler arasında en yumuşak olanı linyit, en sert olanı antrasittir (Karayığit ve Köksoy, 1997).
- **Renk ve çizgi rengi:** Linyitler açık kahverengi ile koyu kahverengi arasındadır. Üst sınıftaki kömürlerde, siyahın açıktan koyuya kadar değişen çeşitli tonlarına rastlanır. Çizgi rengi, bitümlü kömürlerden daha düşük dereceli kömürlerde kahverengi tonlarındadır. Bitümlü ve daha yüksek dereceli kömürlerin çizgi rengi ise, kahverengi ve siyah arasında değişir (Hayta, 2010; Pişkin, 1988). Kömürün rengi artıkça kömürleşme derecesi artar, buna bağlı olarak kömür içerisindeki uçucu madde miktarı azalır (Karayığit ve Köksoy, 1997).

1.5 Turgutlu Kili

Çalışmada kullanılan kil Turgutlu (Manisa) ilçesindeki Kudret Tuğla Fabrikasından alınmıştır. Şekil 1.1’ de çalışma kapsamında kullanılan Turgutlu kilinin jeolojik konumu gösterilmiştir.

Turgutlu bölgesi tuğla üretimi açısından önemli yerlerden biridir. Çünkü yaklaşık 70 fabrikada halen Hoffman tipi fırınlar kullanılarak tuğla üretimi yapılmaktadır. Turgutlu (Manisa), Batı Anadolu’nun merkezi bölümünde, Gediz Grabeni içerisinde yer almaktadır. Bölgedeki temel kaya birimleri; Menderes Masifi ve İzmir-Ankara zonuna ait kayalardır. Gediz grabeni asimetric bir graben olduğu için, Turgutlu havzasının kuzey ve güney bölümlerinde yer alan Neojen yaşlı çökeller farklılık gösterirler. Turgutlu Neojen havzası Batı Anadolu’nun merkezi bölümünde yer alan doğu-batı uzanımlı, uzunluğu 140 km ve genişliği yaklaşık 10–15 km, güneye doğru içbükey yay şeklindeki önemli çökel alanlarından biri olan Gediz Grabeni’nin batı uç kesimindedir. Turgutlu çevresindeki Neojen çökeller, kuzey bölümde temel kaya birimleri (Menderes Masifi ve İzmir-Ankara Zonu) üzerinde uyumsuz, güney bölümde ise (Menderes Masifi) bulunur (Yanık, 2005).

SALİHLİ-TURGUTLU ARASI GRABEN SİSTEMİ İÇERİSİNDE YER ALAN KİLLERİN KONUMU



Şekil 1.1 Çalışma kapsamında kullanılan Turgutlu-Salihli graben sistemi içerisinde yer alan Turgutlu kilinin jeolojik konum (Yanık, 2005)

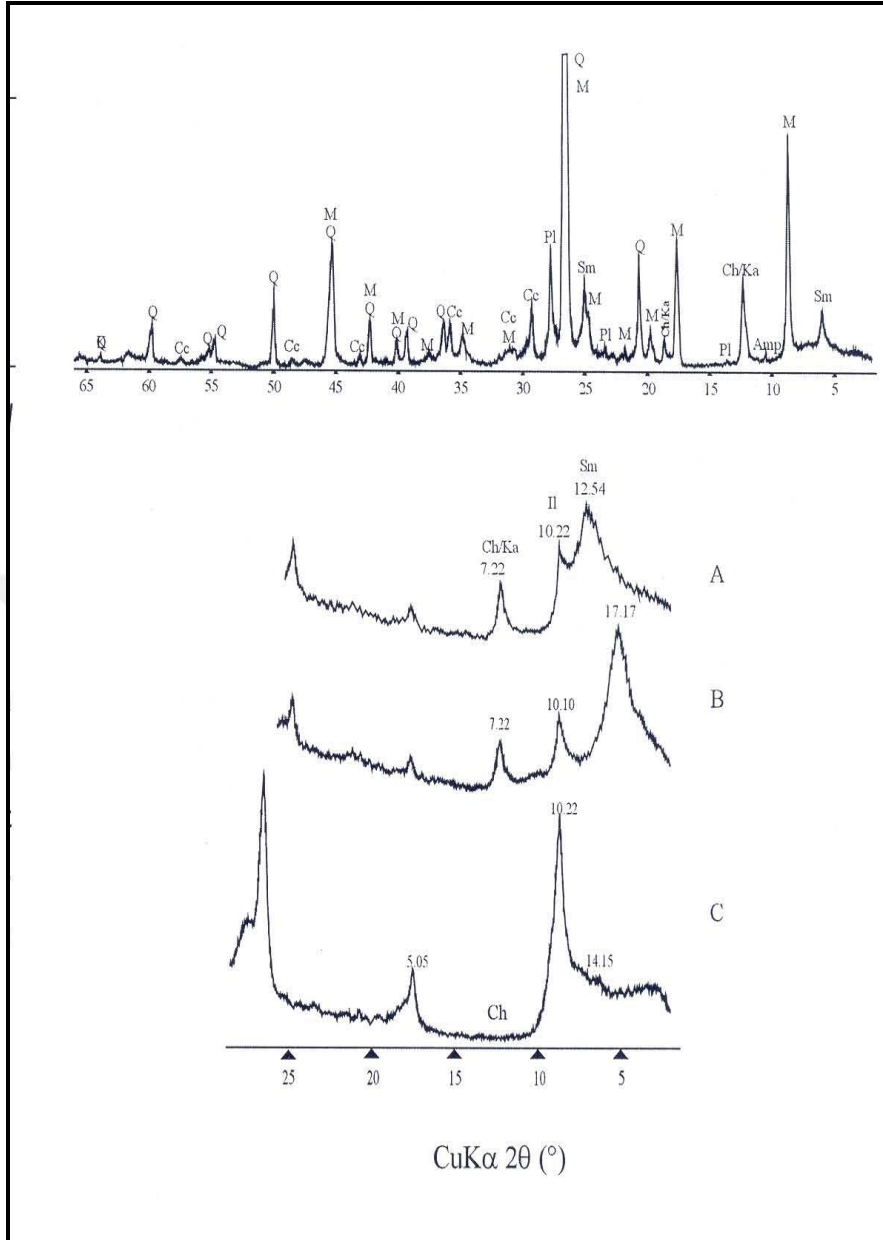
1.5.1 Turgutlu Kilinin Özellikleri

Kil tane boyutu 0,002 mm' den daha küçük taneli malzemedir. Genellikle alümina ve silikat tabakalarının yan yana gelmesinden oluşan ve tabakaları arasında yüksek miktarda su tutabilen minerallerdir. Su emdiğinden plastik özellik gösterirler. Turgutlu çevresinde oldukça yaygın olan killerin üzerinde yapılmış olan kantitatif analizler sonucu (Şekil 1.2) toplam kayaç mineral içerikleri başlıca; % 17- 21 kuvars, % 7- 11 kalsit, % 56- 60 smektit, % 12- 16 mika-plajiyoklas-K-feldispat-amfibol birlikteliği ve daha az oranda klorit/kaolinitten oluşmaktadır (Çolak, 2004).

1.5.2 Turgutlu Kilinin Mineralojisi

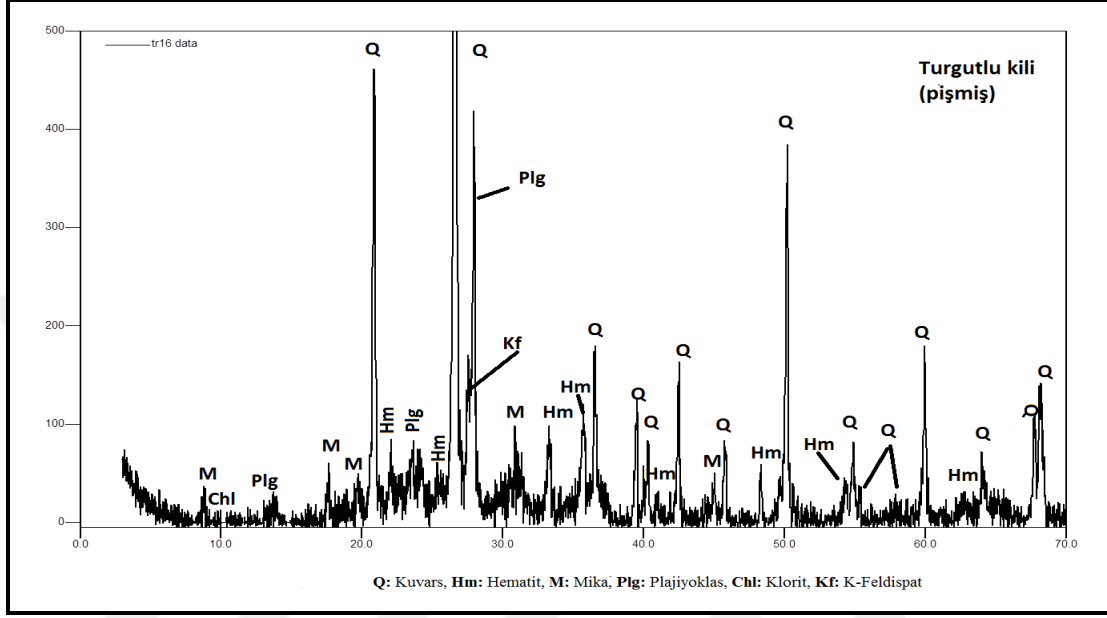
Turgutlu bölgesinde kullanılan kil içerikli malzemeler adi killer sınıfına giren sedimentlerdir. Adi killerin genel bir sınıflandırılmaları, mineralojik ve kimyasal sınırları yoktur. Adi killer genellikle tuğla ve kiremit sanayinde kullanılır. Bu tür killerin tuğla ve kiremit sanayinde kullanılması için kurutma ve ateş kaybı gibi özelliklere sahip olması gereklidir. Kurutma kaybı; su içeriğine, malzeme içerisinde kil ve diğer minerallerin tane boyutuna ve türüne bağlıdır. Plastik özelliğe sahip mineraller kurutma ile küçülür ve malzeme üzerinde kırık ve çatlaklara sebep olurlar. Ateş kaybı; uçucu madde miktarına, kilin yoğunluğuna, dehidratasyon karakterine ve fırınlama boyunca kristal faz değişimin tiplerine bağlıdır.

Tuğla üretiminde bir diğer önemli özellik renktir. Bunun için killin pişme renginin tekdüze olması istenir. Tuğlanın rengi demir minerallerinin tane boyutuna, oksidasyona, fırınlama derecesine ve kil mineralleri içerisindeki MgO miktarına bağlıdır. Genellikle adi killer içerisindeki demir içeriği % 3-5 arasındadır (Öz, 2006; Yanık, 2005). Tablo 1.7 'de Turgutlu tuğla hammaddesinin kimyasal bileşimleri ve Turgutlu yöresi killi malzemenin tane boyu dağılımı (Çolak, 2004) Tablo 1.8'de belirtilmiştir. Şekil 1.3 ve Şekil 1.4' de Çolak (1999) tarafından yapılan çalışmada, Turgutlu kili ve % 50 Kırka-Boraks seramik katkı maddesi ile oluşturulmuş tuğla örneğinin su emme ve gözenek çaplarının değerleri gösterilmiştir.



Şekil 1.2 Turgutlu kili hammaddesinin XRD analizi (Q: Kuvars, M: Mika, Amp: Amfibol, Sm: Smektit, Ch: Klorit, Cc: Kalsit, Ka: Kaolinit, Pl: Plajiyoklas)

Ayrıca tez çalışmasında kapsamında, Kudret Tuğla Fabrikasından alınan Turgutlu kili (pişmiş) örneği üzerinde XRD çekimleri yapılmıştır. Örnek; kuvars, K-feldspat, plajiyoklas, hematit ve kil mineralleri (mika, klorit/kalolinit) içermektedir (Şekil 1.4)



Şekil 1.3 Turgutlu kili (pişmiş) hammaddesinin XRD analizi (Q: Kuvars, Hm: Hematit, M: Mika, Plg: Plajiyoklas, Chl: Klorit, Kf: K-feldispat)

Tablo 1.7 Turgutlu tuğla hammaddesinin kimyasal bileşimleri (Çolak, 1999 ve 2004) n.a=analiz edilmedi

MAJOR ELEMENTLER	ÖRNEK NO											ART.ORT.	STP
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11		
SiO ₂	60.25	54.24	61.49	67.38	61.24	67.51	65.42	62.62	61.64	63.65	57.8	62.11	3.95
TiO ₂	0.76	0.68	n.a	n.a	0.71	n.a	n.a	0.72	0.8	0.85	0.81	0.76	0.06
Al ₂ O ₃	14.48	14.98	14.85	14.17	13.92	13.88	14.07	14.34	14.79	13.96	14.96	14.40	0.43
Fe ₂ O ₃	5.95	6.1	5.83	4.91	4.77	4.89	5.1	6.36	6.19	5.82	6.8	5.70	0.68
FeO	-	0	-	-	0.59	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	0.30	0.42
MnO	0.09	0.09	0.08	0.07	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.09	0.08	0.08	0.01
MgO	2.39	2.95	2.3	1.82	2.26	1.83	2.1	2.26	2.19	2.11	2.75	2.27	0.34
CaO	3.55	6.29	3.73	2.77	4.82	2.76	3.46	2.92	2.85	2.69	4.16	3.64	1.11
Na ₂ O	0.94	1.03	2.07	1.57	1.29	1.67	1.1	0.83	0.64	0.65	0.86	1.15	0.46
K ₂ O	2.43	2.46	3.07	2.29	2.32	2.11	2.14	2.6	2.58	2.34	2.5	2.44	0.26
P ₂ O ₅	0.13	n.a	n.a	n.a	0.14	n.a	n.a	n.a	0.13	0.13	0.15	0.14	0.01
KIZDIRMA KAYBI	8.8	10.72	5.38	5.12	3.99	5.33	5.96	7.35	7.9	7.5	9.5	7.05	2.09
TOPLAM	99.77	99.59	99.8	100.1	100.06	99.43	99.43	100.11	99.78	99.79	99.79	99.79	0.24

Tablo 1.8 Turgutlu yöresi killi malzemenin tane boyu dağılımı (Çolak, 2004)

Tane Boyu	Turgutlu Kili (wt.%)
$\geq 63 \mu\text{m}$	38
$< 63 \mu\text{m} - 20\mu\text{m}$	23
$20 \mu\text{m} - < 2 \mu\text{m}$	30
$< 2 \mu\text{m}$	9

1.6 Önceki Çalışmaların Araştırılması

Tuğla endüstrisinde genel olarak kil ağırlıklı topraklar kullanılmaktadır. Günümüzde gelişen sanayileşme ile birlikte tuğla sanayinde üretim maliyetini düşürmek, alternatif çözümler geliştirmek ve çevre dostu tuğlalar üretmek amacıyla tuğla üretiminde kullanılan kile ilave olarak belirli oranlarda farklı katkı malzemeleri ilave edilerek daha ucuz, daha sağlıklı tuğlaların yapılması konusunda araştırma çalışmaları yapılmaktadır. Çalışmalar kapsamında, tuğla içerisinde gözenek oluşturmak amacıyla talaş tozu ve kağıt atıkları da kullanılmıştır.

Ediz ve Özdağ (1994), tarafından yapılan yüksek lisans çalışması Etibank-Kırka Boraks İşletmesi Bor Türevleri Tesisi atıklarının tuğla sanayinde hammadde olarak kullanılıp kullanılamayacağının belirlenmesi ile ilgilidir. Bu amaçla Kırka' dan getirilen iki farklı atık malzeme, Kılıçoğlu Tuğla Fabrikası toprağı ile belirli oranlarda karıştırılarak, 16 farklı karışım grubu oluşturulmuş ve bunlar 4 farklı sıcaklıkta pişirilmiştir. Yapılan basınç dayanımı testlerine göre en iyi sonucu veren numune grubu, komple tuğla deneylerine tabi tutulmuş ve elde edilen sonuçlardan, Kırka-Bor Türevleri Tesisi atıklarının belli oranlarda tuğla toprağı katkısıyla, tuğla yapımında kullanılabileceği ve normal tuğla topraklarına göre bazı avantajlar sağlayacağı belirtilmiştir.

Çolak (1999), tarafından yapılan çalışmada; Etibank Kırka Boraks İşletmesi atıklarının Turgutlu killeri ile tuğla-kiremit denemesi yapılmıştır. Çalışma sonucunda; TK-50 (% 50 Kırka Boraks kili katkılı tuğla örneği) örneğinin gözenek çapının 800 °C'den sonra hızlı bir biçimde arttığı ve 1000 °C' de maksimum porozite

değerine (18,6 μm) ulaşırken, TR örneğinin maksimum porozite değerinin 1050 $^{\circ}\text{C}$ 'de 2 μm olduğu sonucuna ulaşılmış ve bu iki örneğin su emme değerleri hesaplandığında ise TR örneğinin tüm sıcaklıklarda yaklaşık aynı değerde olduğu (% 7) görülmektedir. TK-50 tuğlaları, TR tuğlalarla karşılaştırıldığında farklı soğurma sonuçları gösterir. Yüksek gözenekliliğe karşılık gelen maksimum su absorpsiyonu 700 $^{\circ}\text{C}$ sıcaklıkta % 8,5 olarak tespit edilmiştir. Turgutlu kil örneğinin XRD analizi sonucu; kil örneğinin genel olarak; % 17- 21 kuvars, % 7- 11 kalsit, % 56- 60 smektit, % 12- 16 mika – plajiyoklas-K-feldispat-amfibol birlikteliği ve daha az oranda klorit / kaolinit mineralleri saptanmıştır. TK-50 örneklerinin tuğla üretiminde kullanılabilir olduğu sonucuna varılmıştır.

Liew ve diğer., (2004), tuğla içerisine arıtma çamurunu ekleyerek çalışma yapmıştır. Tuğla içerisine ağırlıkça, % 10'dan % 40'a kadar değişen oranlarda arıtma çamuru katkısı yapılmıştır. Arıtma çamuru katkılı kil tuğlaların yüzeylerinde ve dokusunda normal kil tuğlalarına göre biraz daha fazla bozukluk tespit edilmiştir. Kimyasal ve fiziksel özellik olarak, % 40'a kadar kanalizasyon çamuru içeren tuğlalar konu ile ilgili standartları karşıladığı belirtilmiştir. Dokunulduğunda bile kolayca kırılabilirdikleri için tuğlalarda atık oranının % 30'u aşması durumunda kullanılmamaları sonucuna varılmıştır.

Bentli ve diğer., (2005), yaptıkları çalışmada Seyitömer termik santral uçucu küllerinin tuğla üretiminde katkı maddesi olarak kullanılabilirliğini araştırmışlardır. Seyitömer termik santralinden alınan uçucu baca külü ile tuğla fabrikasında % 2,5, % 5, % 10, % 15 oranlarda baca küllü tuğlalar hazırlanmış ve fiziksel, mekanik deneyleri gerçekleştirilmiştir. Sonuç olarak, katkısız tuğlaya göre uçucu kül ilavesi birim hacim ağırlık değerini çok az miktarda arttırırken, kuruma, pişme ve toplam küçülme değerlerinde belirgin bir değişime neden olmamıştır. Üretilen tuğla örneklerinde, su emme oranı değeri referans tuğlaya göre azalmış ve tuğla örneklerinin tamamında referans tuğlada elde edilen mukavemet değerine ulaşamadığını belirlenmiştir.

Demir ve diğeri., (2005), tarafından yapılan araştırmada tuğla içerisine % 10'a kadar değişen oranlarda kağıt atıkları ilave edilmiştir. Çalışma sonucunda atık oranının artmasıyla; plastiklik suyu (% 30- 40) ve kuruma küçülmesi artmıştır (% 4,4- % 5,2). Katkı miktarı arttıkça porozite ve su emme oranlarında artış meydana gelirken, basınç mukavemet değerlerini düşürdüğü fakat TS EN 771'de istenilen basınç mukavemet değerlerini karşıladığı belirtilmiştir.

Kibar (2009), yaptığı çalışmada tuğla kiline öğütülmüş cam katkısının tuğlanın fiziksel ve mekanik özelliklerine etkisini incelemiştir. Afyon ilinden alınan tuğla kiline, ağırlıkça; % 0, % 2,5, % 5 ve % 10 oranlarında öğütülmüş cam katılarak tuğla örnekleri üretilmiştir. Örnekler, yüksek sıcaklık kapasiteli laboratuvar tipi elektrikli fırınında; 850 °C, 950 °C ve 1050 °C' de sıcaklıklarda pişirilmiştir. Öğütülmüş cam katkılı pişmiş örneklerde, porozite ve buna bağlı olarak su emme değerlerinin azaldığını, katkısız örneklere göre birim hacim ağırlığın nispeten arttığını ve basınç mukavemeti değerlerinin büyük ölçüde arttığını belirlemiştir.

Zal (2010), yaptığı yüksek lisans çalışmasında; zeolit, tras ve uçucu kül ile üretilen tuğla ile standart tuğlayı karşılaştırmıştır. Kale tuğla fabrikasında hazırlanan tuğla topraklarına katkı maddesi olarak zeolit, tras ve fırın uçucu küller eklenerek deneysel çalışmalar yapılmıştır. Deneysel çalışmalar sonucunda katkılı tuğla örneklerinin basınç dayanımlarının olumsuz yönde etkilendiği görülmüştür.

Kale tuğla uçucu küllerinin buharda kürleme yöntemi ile tuğla üretiminde kullanılamayacağı tespit edilmiştir. Yüksek oranda SiO₂ içeren kum katkısının tuğla dayanımına olumlu bir etkisi olduğu tespit edilmiştir. En uygun kuvars kumu katkı oranının % 20 civarında olduğu belirlenmiştir. Tras karışımı tuğla numuneleri fiziksel özelliklerinde çatlama ve istenen tuğla rengine uygun olmayan renk tonlamaları görülmüş ve piyasa şartlarını taşımadığından dolayı ürünün inşaat sektöründe kullanılamayacağı olduğu kanaatine varılmıştır.

Çinçin (2015), tarafından yapılan yüksek lisans çalışmasında; Soma, Seyitömer ve Yatağan termik santralleri uçucu külleri kullanılarak, uçucu külün ucuz, hafif ve ısı yalıtımı yüksek tuğla olarak değerlendirilebilme imkânları araştırmıştır. Buharlı

otoklav ile tuğla üretiminde 12 bar basınç ve 6 saatlik kürleme süresinin her tipteki uçucu kül için yeterli olduğu tespit edilmiştir. Otoklavda yüksek basınçta yapılan tuğla üretim denemelerinde Soma, Yatağan ve Seyitömer uçucu küllerinden yeterli dayanımda büyük boyutta tuğla üretimi mümkün olduğu sonucuna varılmıştır.

Sürül (2015), tarafından yapılan yüksek lisans çalışmasında uçucu kül (UK) ve yüksek fırın cürufu (YFC) katkıları kullanılarak tuğla üretilmesi amaçlanmıştır. UK ve YFC, tuğla üretiminde kile katkı olarak ağırlıkça; % 10, % 20, % 30, % 40 oranlarında ayrı ayrı ve toplam katkı oranı % 40'ı aşmamak üzere % 10, % 20, % 30 değişik oranlarda birlikte kullanılarak tuğla örnekleri oluşturulmuştur. Tuğla örnekleri farklı sıcaklıklarda (850, 950 ve 1050 °C) pişirilerek fiziksel ve mekanik deneyleri yapılmıştır. Sonuç olarak, 950 °C' de pişirme sıcaklığında, YFC ve UK katkılarının % 10 oranlarında birlikte kullanıldığı tuğlalarda, katkısız tuğlalara göre daha iyi ısı yalıtım özelliği ve basınç mukavemeti değeri yönleri ile kullanılabilir olduğu kanaatine varılmıştır.

BÖLÜM İKİ

MATERYAL VE YÖNTEM

2.1 Materyal

Günümüzde teknoloji ve bilim sürekli gelişmesi, insanoğlunun hayatını kolaylaştırmakta ve daha iyi hayat koşullarda yaşamasına olanak sağlamaktadır. Barınma ve yaşama mekânı olarak yapılaşmada bu gelişimden etkilenmektedir. Daha iyi, rahat, güvenilir yapılarda yaşayabilmek için yapı malzemeleri sürekli gelişme göstermektedir. Yapılaşmada en önemli unsurlardan biri de tuğladır. Tuğla hammaddesinin yanı sıra son zamanlarda artan alternatifleri ile sürekli geliştirilen katkı maddeleri ile daha iyi hizmet vermeye yöneltilmektedir. Hammaddesi olan kil yanında katkı maddeleri olarak atık malzemelerin veya endüstriyel yan ürünlerin kullanılması ile farklı çalışmalar yapılarak atık maddelerin veya endüstriyel yan ürünlerin çevreye verdikleri etkilerinin azaltılması ve geri dönüşümde kullanılmasıyla ülke ekonomisine katkı sağlanması amaçlanmıştır. Tuğla üretimine katkı olarak kullanılan maddeler olarak uçucu kül, yüksek fırın cürufu, atık kâğıt, arıtman çamuru, pomza, öğütülmüş cam gibi örnekler verilebilir.

Çalışma kapsamında, farklı kalorifik değere sahip kömür örnekleri (Aydın Linyit Spiral kömürü, Aydın Linyit Pudra kömürü, Kısırak Dere kömürü) ve MDF talaş tozu; katkı maddeleri olarak kullanılmıştır. Kullanılan kil çamuru ve Kısırak Dere kömür örneği Turgutlu (Manisa) ilçesindeki Kudret Tuğla Fabrikasından; Aydın Linyit Spiral ve Aydın Linyit Pudra kömür örnekleri Aydın Linyit A.Ş.' den temin edilmiştir.

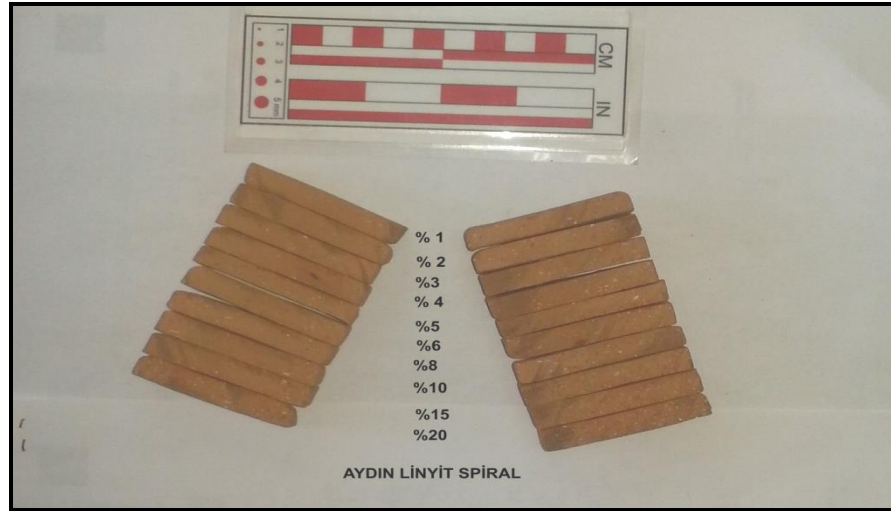
2.1.1 Aydın Linyit Spiral Kömürü

Aydın Linyit A.Ş' den 474/2015 numune numarası ile alınan Lavvar-Spiral toz kömür numunesinin tane boyu 0,350-0,750 mm aralığında 30.11.2015 tarihinde ürün bandından alınmıştır. Spiral toz kömüründen yaklaşık 75 g kadar örnek cam bir beher içerisine konularak en az 24 saat havada kurutulmaya bırakılmıştır.

Daha sonra etüvde 2-3 saat kurumaya tabi tutulup yapılacak su emme deneyi için hazır hale getirilmiştir. Spiral toz kömüründen; % 1, % 2, % 3, % 4, % 5, % 6, % 8, % 10, % 15 ve % 20 oranında örnekler hazırlanmıştır. Bu örnekler ayrı ayrı toplam karışımın 100 g olacağı biçimde kil çamuru ile homojen olarak karıştırılmıştır (Tablo 2.1). Tablo 2.2’ de Aydın Linyit Spiral toz kömürüne ait analiz sonuçları (nem, kül, uçucu madde, sabit karbon vb.) ve Turgutlu kili-Spiral toz kömürü ile üretilen tuğlalar Şekil 2.1’ de verilmiştir.

Tablo 2.1 Spiral toz kömür ve kil karışım yüzdeleri (100 g) (n=3)

ÖRNEK TUĞLA ADI	KİL YÜZDESİ (%)	SPİRAL TOZ KÖMÜR YÜZDESİ (%)
S1	99	1
S2	98	2
S3	97	3
S4	96	4
S5	95	5
S6	94	6
S7	92	8
S8	90	10
S9	85	15
S10	80	20



Şekil 2. 1 Turgutlu kili-Spiral toz kömürü ile üretilen tuğlalar

Tablo 2.2 Aydın Linyit Spiral toz kömür örneğine ait analiz sonuçları (nem, kül, uçucu madde, sabit karbon vb)

	KÖMÜR ANALİZ RAPORU	DÖKÜMAN NO :FR 59 YAYIN TARİHİ :04.04.2009 REVİZYON TARİHİ :00 REVİZYON NO :00
---	----------------------------	---

PARAMETRELER	ORJİNAL KÖMÜR	HAVADA KURU KÖMÜR	KURU KÖMÜR	TEST STANDARDI
Nem (%)	38,38	13,73	-	ASTM D 3302
Kül (%)	24,14	33,79	39,17	ASTM D 5142
Uçucu Madde (%)	19,07	26,70	30,95	
Sabit Karbon (%)	18,41	25,78	29,88	
Toplam	100	100	100	
Yanar Kükürt (%)	0,00	0,00	0,00	ASTM D 4239
Külde Kükürt (%)	0,00	0,00	0,00	ASTM D 4239
Toplam Kükürt (%)	0,00	0,00	0,00	ASTM D 4239
Alt Isı Değeri (Net Kalori Değ.) kcal/kg	2132	3255	3833	ASTM D 5865
Üst Isı Değeri (Net Kalori Değ.) kcal/kg	2455	3443	3993	ISO 1928
Ölçümlerde Kullanılan kalorimetrenin markası/ no'su		Kalibrasyon Tarihi		Kalibrasyon yapan kuruluş
IKA C 200		08.09.2015		KUTAY Laboratuvar Cihazları Tic. A. Ş

2.1.2 Aydın Linyit Pudra Kömürü

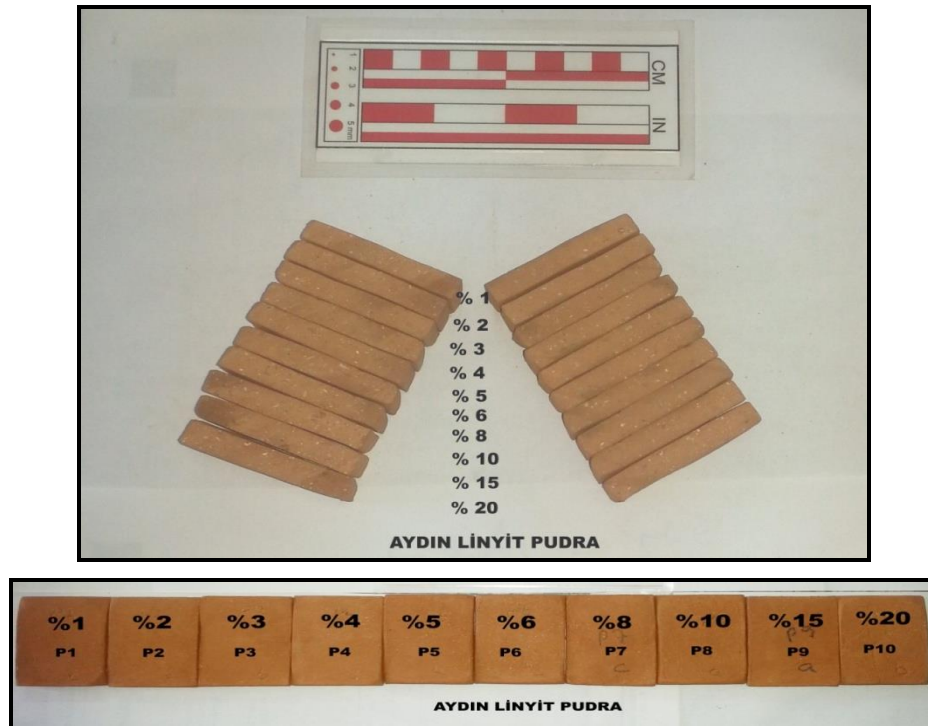
Aydın Linyit A.Ş' den 463/2015 numune numarası ile alınan Derik Elek Tesisi Pudra kömür numunesinin tane boyu 0,045-0,350 mm aralığında 23.11.2015 tarihinde ürün bandından alınmıştır. Pudra kömüründen yaklaşık 75 g kadar numune cam bir beher içerisine konularak en az 24 saat havada kurutulmaya bırakılmıştır. Daha sonra etüvde 2-3 saat kurumaya tabi tutulup yapılacak su emme deneyi için hazır hale getirilmiştir. Pudra kömüründen; % 1, % 2, % 3, % 4, % 5, % 6, % 8, %

10, % 15 ve % 20 oranında örnekler hazırlanmıştır. Bu örnekler ayrı ayrı toplam karışımın 100 g olacağı biçimde kil çamuru ile homojen olarak karıştırılmıştır (Tablo 2.3)

Tablo 2.4’ de Aydın Linyit Pudra kömür örneğine ait elementer analiz sonuçları (nem, kül, uçucu madde, sabit karbon vb.) ve Turgutlu kili-Pudra kömürü ile üretilen tuğlalar Şekil 2.2’ de verilmiştir.

Tablo 2.3 Aydın Linyit Pudra kömür ve kil karışım yüzdeleri (100 g) (n=3)

ÖRNEK TUĞLA ADI	KİL YÜZDESİ (%)	PUDRA KÖMÜR YÜZDESİ (%)
P1	99	1
P2	98	2
P3	97	3
P4	96	4
P5	95	5
P6	94	6
P7	92	8
P8	90	10
P9	85	15
P10	80	20



Şekil 2. 2 Turgutlu kili-Pudra kömürü ile üretilen tuğlalar

Tablo 2.4 Aydın Linyit Pudra kömür örneğine ait analiz sonuçları (nem, kül, uçucu madde, sabit karbon vb)

	KÖMÜR ANALİZ RAPORU	DOKÜMAN NO :FR 59 YAYIN TARİHİ :04.04.2009 REVİZYON TARİHİ :00 REVİZYON NO :00
---	----------------------------	---

PARAMETRELER	ORJİNAL KÖMÜR	HAVADA KURU KÖMÜR	KURU KÖMÜR	TEST STANDARDI
Nem (%)	39,43	10,69	-	ASTM D 3302
Kül (%)	30,53	45,02	50,41	ASTM D 5142
Uçucu Madde (%)	17,36	25,60	28,66	ASTM D 5142
Sabit Karbon (%)	12,68	18,69	20,93	
Toplam	100	100	100	
Yanar Kükürt (%)	0,00	0,00	0,00	ASTM D 4239
Külde Kükürt (%)	0,00	0,00	0,00	ASTM D 4239
Toplam Kükürt (%)	0,00	0,00	0,00	ASTM D 4239
Alt Isı Değeri (Net Kalori Değ.) kcal/kg	1470	2452	2817	ASTM D 5865
Üst Isı Değeri (Net Kalori Değ.) kcal/kg	1780	2631	2948	ISO 1928

Ölçümlerde Kullanılan kalorimetrenin markası/ no'su	Kalibrasyon Tarihi	Kalibrasyon yapan kuruluş
IKA C 200	08.09.2015	KUTAY Laboratuvar Cihazları Tic. A. Ş
AÇIKLAMALAR: Lavvar 1 tesisi A.O. Tüvenan + Lavvar 2 tesisi A.O Taban Tüvenan karışımından elde edilen Pudra ürün numunesidir.		

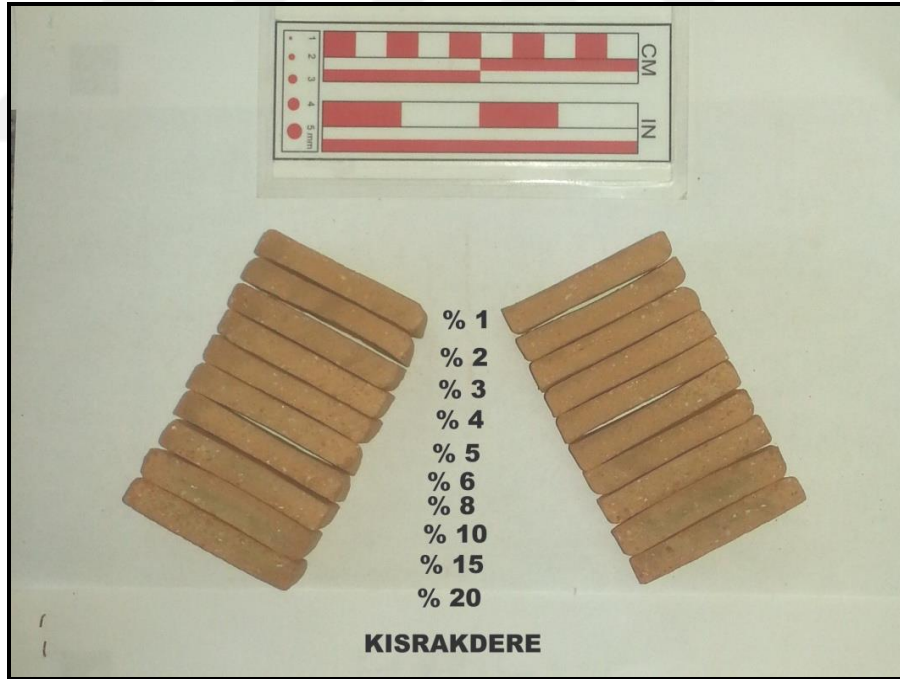
2.1.3 Kısarak Dere Kömürü

Çalışmada kullanılan Kısarak Dere kömürü, Turgutlu (Manisa) ilçesindeki Kudret Tuğla Fabrikasının tuğla üretiminde kullandığı stoktan alınmıştır. Kısarak Dere kömüründen yaklaşık 75 g kadar numune cam bir beher içerisine konularak en az 24 saat havada kurutulmaya bırakılmıştır. Daha sonra etüvde 2-3 saat kurumaya tabi tutulup yapılacak su emme deneyi için hazır hale getirilmiştir. Kısarak Dere kömüründen; % 1, % 2, % 3, % 4, % 5, % 6, % 8, % 10, % 15 ve % 20 oranında örnekler hazırlanmıştır. Bu örnekler ayrı ayrı toplam karışımın 100 g olacağı biçimde kil çamuru ile homojen olarak karıştırılmıştır (Tablo 2.5)

Kısrak Dere kömürü analiz sonuçları (nem, kül, uçucu madde vb.) Tablo 2.6’da, Turgutlu kili-Kısrak Dere kömürü ile üretilen tuğlalar Şekil 2.3’de verilmiştir.

Tablo 2.5 Kısrak Dere kömür ve kil karışım yüzdeleri (100 g) (n=3)

ÖRNEK TUĞLA ADI	KİL YÜZDESİ (%)	KISRAK DERE KÖMÜR YÜZDESİ (%)
K1	99	1
K2	98	2
K3	97	3
K4	96	4
K5	95	5
K6	94	6
K7	92	8
K8	90	10
K9	85	15
K10	80	20



Şekil 2. 3 Turgutlu kili-Kısrak Dere kömürü ile üretilen tuğlalar

Tablo 2. 6 Kısırak Dere kömürüne ait analiz sonuçları (n=3)

Cinsi	Çeşit	İşleme Durumu	Ebat (mm)
Soma Kısırak Dere	Toz	Yıkanmış	0,5- 10 mm

Nem (%)	20,53
Kül (%)	10,43
Uçucu Madde (%)	34,21
Kükürt (%)	1,00
Alt Isıl Değer (kcal/kg)	4606
Üst Isıl Değer (kcal/kg)	4920

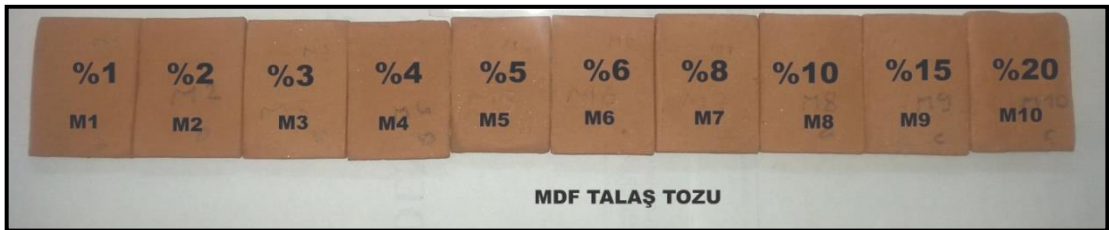
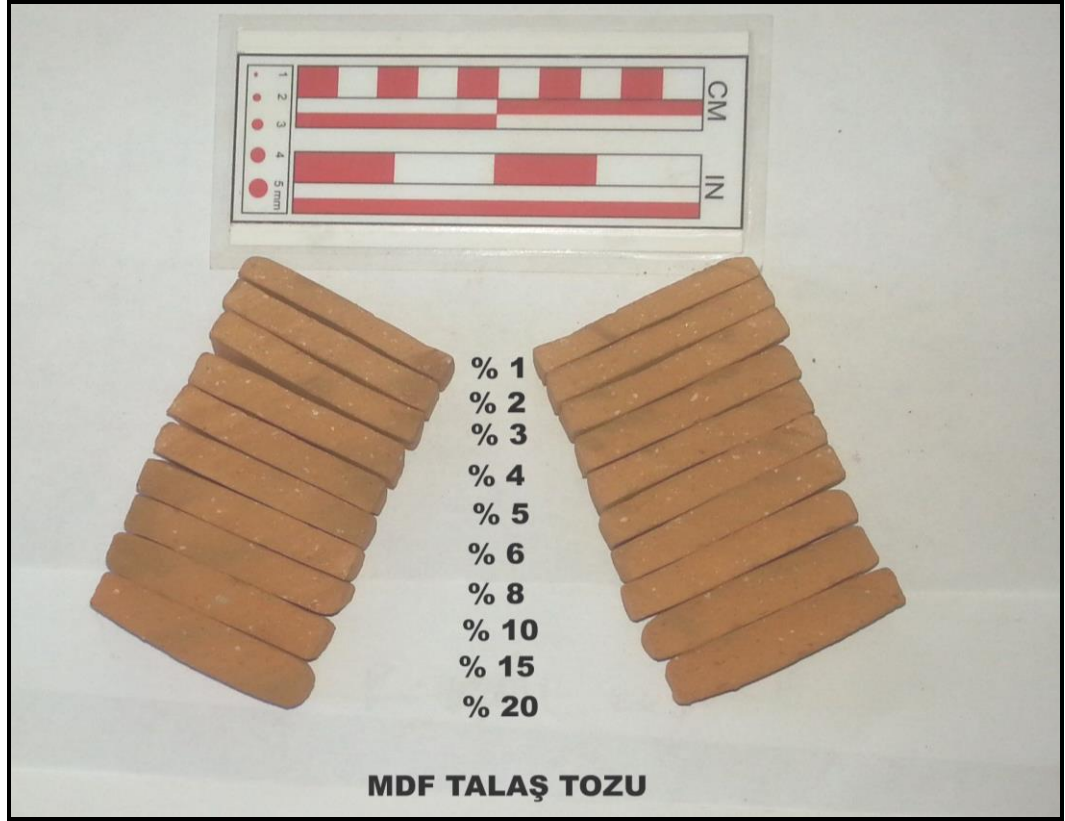
2.1.4 MDF Talaş Tozu

MDF'nin yoğunluğu 700–750 kg/m³ civarında olup genel olarak yapısında; odun, tutkal, parafin ve sertleştirici olarak da bir kimyasal madde bulunmaktadır. MDF'nin ağırlıkça % 80- 85 kadar kısmı odundan oluşmaktadır. Ülkemizde MDF üretiminde odun olarak yaygın şekilde çam, kayın, gürgen, meşe, kızılğaç kestane gibi ağaç türleri kullanılmakta olup bu ağaçların kimyasal yapıları % 99 'un üzerinde hidrojen, oksijen ve karbondan oluşmaktadır. Geriye kalan çok az miktardaki maddelerde külden oluşmaktadır. Dolayısıyla, yapısında halojenli bir bileşik söz konusu değildir.

Çalışma kapsamında kullanılan MDF talaş tozu DEÜ Tınaztepe Kampüsü atölyesinde biriken MDF tozlarından temin edilmiştir. MDF talaş tozundan; % 1, % 2, % 3, % 4, % 5, % 6, % 8, % 10, % 15 ve % 20 oranında örnekler hazırlanmıştır. Bu örnekler ayrı ayrı toplam karışımın 100 g olacağı biçimde kil çamuru ile homojen olarak karıştırılmıştır (Tablo 2.7). Turgutlu kili-MDF talaş tozu ile üretilen tuğlalar Şekil 2.4 'de verilmiştir.

Tablo 2.7 MDF talaş tozu ve kil karışım yüzdeleri (n=3)

ÖRNEK TUĞLA ADI	KİL YÜZDESİ (%)	MDF TALAŞ TOZU YÜZDESİ (%)
M1	99	1
M2	98	2
M3	97	3
M4	96	4
M5	95	5
M6	94	6
M7	92	8
M8	90	10
M9	85	15
M10	80	20



Şekil 2. 4 Turgutlu kili-MDF talaş tozu ile üretilen tuğlalar

2.2 Yöntem

2.2.1 Karışım Hazırlama ve Örneklerin Şekillendirilmesi

Tuğla örneklerinin üretiminde kullanılan malzemeler, öncelikle etüvde 105 ± 5 °C’ de etüv kurusu ağırlığa gelinceye kadar kurutulmuştur. Daha sonra çalışmada kullanılan dört farklı katkı malzemesinden ağırlıkça karışım oranlarına göre, her biri 100 g olacak şekilde 10 adet karışım hazırlanmıştır. Her bir karışımın homojen şekilde karışması için hazırlanan karışımlar kuru halde iyice karıştırılmıştır. Daha sonra karışımlara yaklaşık 25 g oranında su ilavesi yapılmıştır. Hazırlanan karışımlardan (4 x 5,5) cm olan özel kalıpta tuğla örnekleri oluşturulmuştur.

Her bir örnek karışımdan 30 adet olmak üzere dört farklı katkı maddesi için toplam 120 adet tuğla örneği hazırlanmıştır.

2.2.2 Kurutma

Hazırlanan tuğla örnekleri, temiz bir zemin üzerine yerleştirilerek 24 saat süreyle normal oda sıcaklığında bekletilmiştir. Tuğla örneklerinin, her yüzeyi döndürülerek diğer yüzeylerinin de kurumaları sağlanmıştır. Kuruma işleminden sonra tuğla örneklerinin çatlaması veya kırılıp dağılmasını önlemek amacıyla tuğla örnekleri önce 65 ± 5 °C sıcaklıktaki etüvde daha sonra 105 ± 5 °C sıcaklıktaki etüvde 24 saat kurutulmuştur.

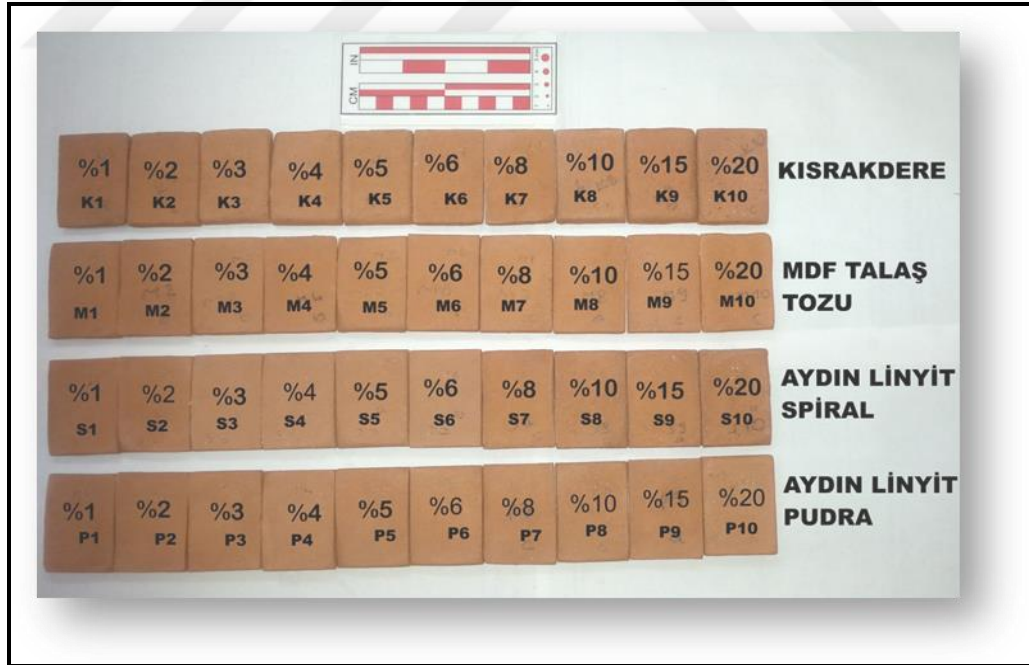
2.2.3 Pişirme

Şekillendirilen tuğla örnekleri 950 °C sıcaklıkta pişirilmiştir. Tuğlalar, fırın sıcaklığı 100 °C’ nin altına indiğinde fırından çıkarılmış ve oda sıcaklığına kadar soğuması için bekletilmiştir. Tuğla örnekleri üzerinde toplam doğrusal küçülme deneyi ve su emme deneyi yapılmıştır. Pişmemiş ve pişmiş tuğla örnekleri Şekil 3.1’ de, katkı maddelerinin ağırlıkça oranlarına göre oluşturulan pişmiş tuğla örnekleri ise Şekil 3.2’ de gösterilmiştir. Özel olarak Dokuz Eylül Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümünde, (4 x 5,5) cm boyutlarında hazırlanan tuğlalar Dokuz Eylül

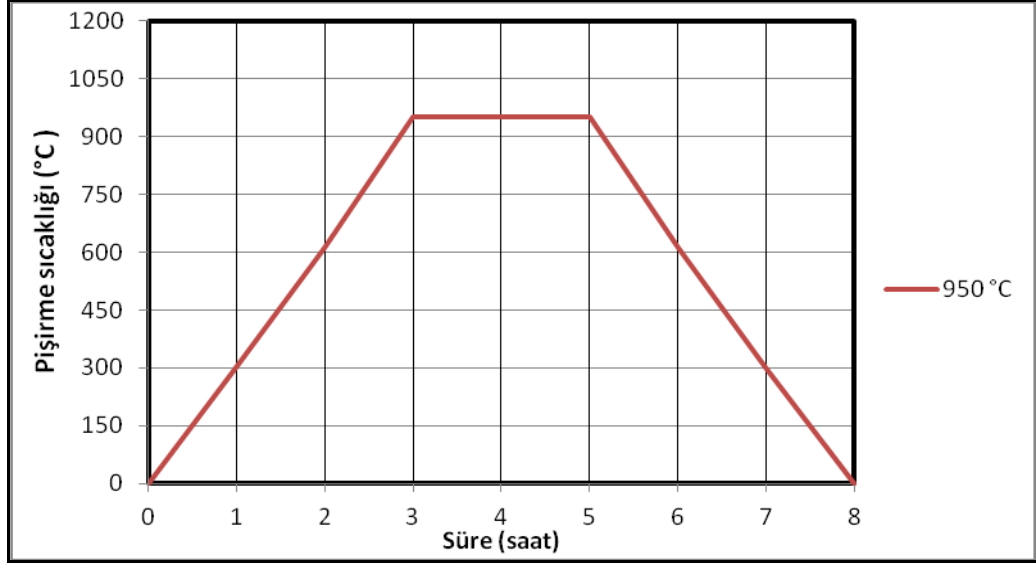
Üniversitesi Torbalı Meslek Yüksek Okulu Laboratuvarında bulunan seramik fırınında 950 °C’ de pişirilmişlerdir. 950 °C’ de pişirilen tuğla örneklerinin pişirme rejimi Şekil 3.3’ de verilmiştir.



Şekil 3. 1 Pişmemiş (soldaki) ve pişmiş (sağdaki) tuğla örnekleri (Kişisel arşiv, 2017)



Şekil 3.2 Katkı maddelerinin ağırlıkça oranlarına göre oluşturulan pişmiş tuğla örnekleri



Şekil 3.3 950 °C’ de pişirilen tuğla örneklerinin pişirme rejimi (DEÜ Torbalı MYO Seramik Lab. Fırını)

2.3 DeneySEL Çalışmalar

Pişmiş tuğla örnekleri üzerinde fiziksel deney olarak yalnızca su emme deneyi yapılmıştır.

2.3.1 Mineralojik, Mikro yapısal ve Kimyasal Analizler

Çalışmada Turgutlu kili ve katkı hammaddelerinin kristal faz içeriklerinin tespit edilmesi için X ışını kırınımı (XRD) analizi yapılmıştır. Binoküler mikroskop da tuğla örneklerinin gözenek boyutları incelenmiştir.

2.3.2 Su Emme Ağırlığın Belirlenmesi

Tuğla örneklerinin su emme özelliklerinin belirlenmesi amacıyla pişirilen örnekler bir kap içerisinde 24 saat süreyle su içerisinde bekletilmiştir. Örnekler kap içerisinden alınarak, suya doymun yüzey ağırlıkları (W2) ölçülmüştür. Daha sonra örnekler etüvde 24 saat süreyle kurutulmuştur (W1). Bulunan değerlere göre örneklerin su emme değerleri ise TS 4790 (1986)’ ya göre aşağıda verilen eşitlikle (Eşitlik 3.1) hesaplanmıştır. Değerler, her bir örnek grubu için üç örneğin ortalaması

alınarak elde edilmiştir. Örneklerin ağırlık tartımları hassas elektronik terazi ile yapılmıştır.

$$\text{Su emme (\%)} = (W2 - W1) \div W1 \times 100 \quad (3.1)$$

Burada;

W2: Örneğin suya doymuş yüzey ağırlığı (g), W1: Örneğin kuru ağırlığı (g)'dir.

2.3.3 Kuruma Küçülmesi

Yüzeyde su çıkışı daha fazla olduğu için bu yüzeyler daha fazla küçülür ve sistemde gerilmeye sebep olabilir. İç ve dış bölgeler arasındaki gerilmeler bünyede çatlak veya deformasyonlar oluşturabilir. Bu nedenle 950 °C sıcaklık da pişirilen tuğla örneklerinin küçülme oranları belirlemek için örneklerin pişirme öncesinde ve sonrasındaki uzunluk ölçümleri cetvel kullanılarak belirlenmiş, kuruma küçülme değerleri hesaplanmıştır. Çalışma kapsamında her bir katkı maddesi için toplam otuz adet örnek kullanılmıştır. Her bir örnek gruptan üçer tanesinin küçülme oranları belirlenip ortalaması alınmıştır.

BÖLÜM ÜÇ

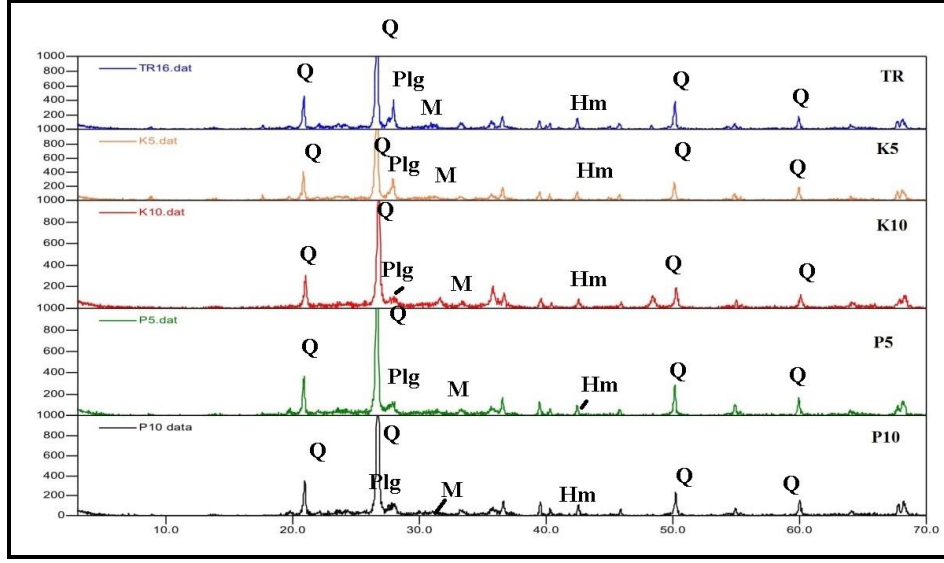
BULGULAR VE DEĞERLENDİRME

3.1 Mineralojik Analizler (XRD Analizi) Verileri

Öğütülmüş pudra haline getirilen tuğla örneklerinin XRD’ de çekimleri yeni mineral fazlarını belirlemek amacıyla yapılmıştır. X-ışınlarının difraksiyon paternlerinin çıkartılması DEÜ Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü’nde üretilen tuğlaların mineralojik bileşimi, RigakuMiniflex II marka (Cu- X ışın tüplü, 30kV, 15 mA) X- ışınları difraktometresinde toz difraksiyon yöntemiyle 0-90° 2θ aralığında tespit edilmiştir. Mineral tanımlamaları her bir mineralin karakteristik pik şiddeti göz önünde bulundurularak, ASTM standartlarına göre gerçekleştirilmiştir.

Hazırlanan tuğla karışımlarının genel olarak mineral içeriği kuvars, plajiyoklas, hematit, klorit, K-feldispat ve mika minerallerini içermektedir. Farklı kalorifik değere sahip karışımlarda mineralojik olarak yeni bir faz olarak hematit minerali gözlenmiştir. P5 (% 5 Aydın Linyit Pudra kömür katkılı), P10 (% 20 Aydın Linyit Pudra kömür katkılı), K5 (% 5 Kısırak Dere Kömür katkılı), K10 (% 20 Kısırak Dere Kömür katkılı) örneklerine ait piklerin mineral fazları Tablo 3.1’ de, XRD analizleri ise Şekil 3.2, Şekil 3.3, Şekil 3.4 ve Şekil 3.5’ de verilmiştir.

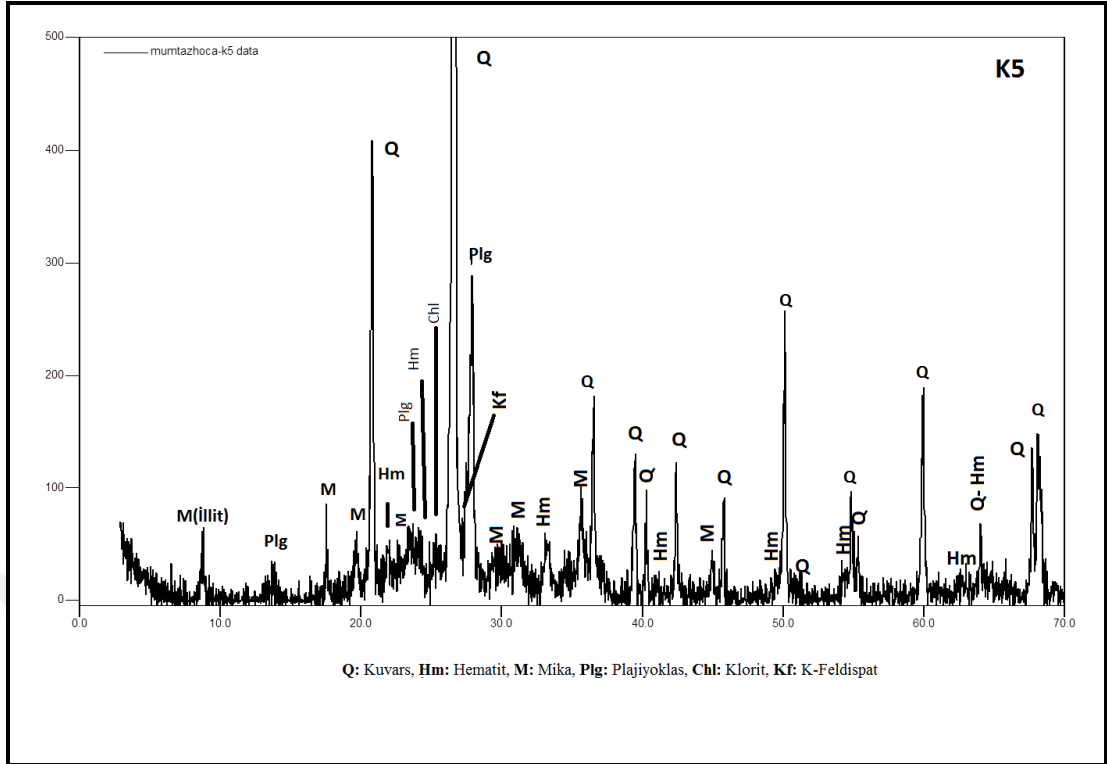
Şekil 3.1’ de Turgutlu kil ve hazırlanan tuğla örneklerinin karşılaştırmalı XRD analiz sonuçları verilmiştir.



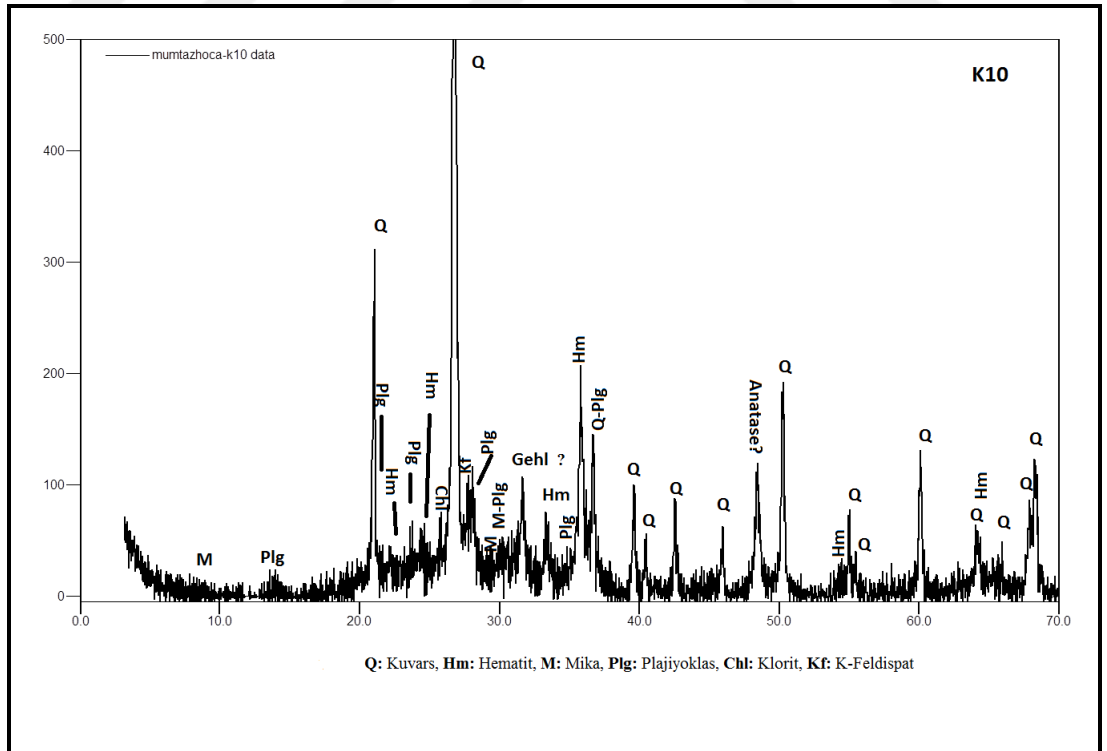
Şekil 3. 1 Tuğla örneklerinin XRD analizleri (TR: Turgutlu kili (pişmiş), K5: % 5 Kısırak Dere kömür katkılı, K10: % 10 Kısırak Dere kömür katkılı, P5: % 5 Aydın Linyit Pudra kömürü katkılı, P10: % 20 Aydın Linyit Pudra kömürü katkılı tuğla örneği)

Tablo 3. 1 X-Işını Difraksiyonu Sonucu Tuğla Örneklerinde Saptanan Mineraller

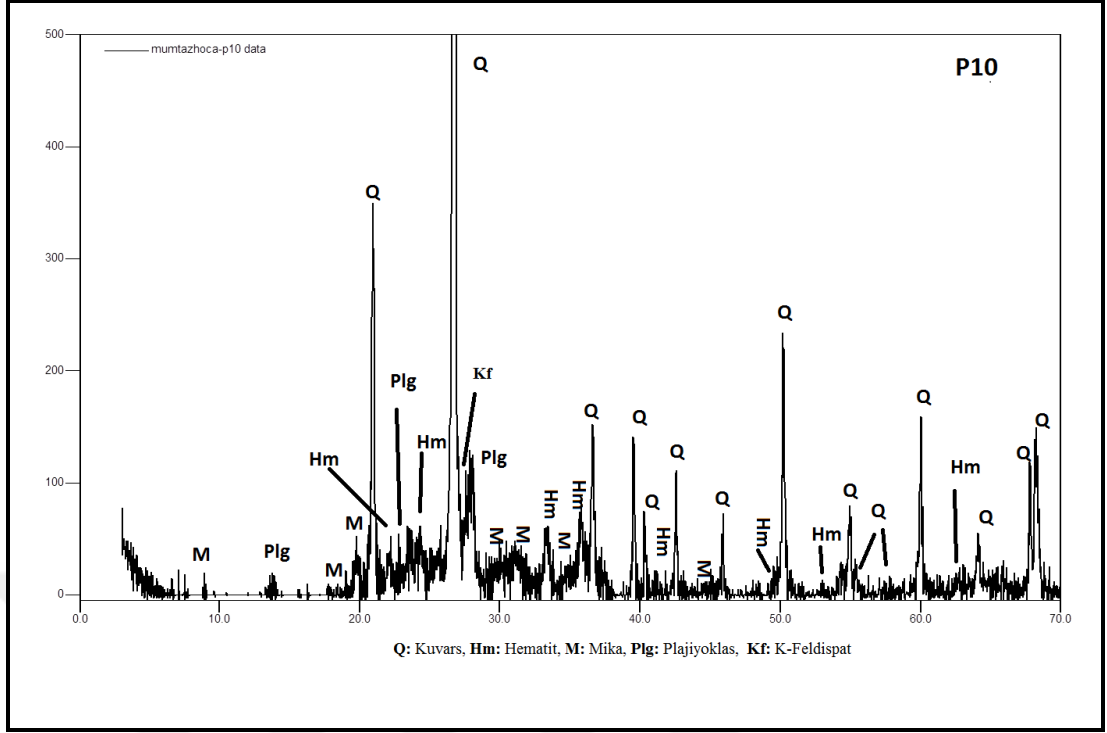
KARIŞIM ADI	SAPTANAN MİNERALLER
P5 (% 5 Aydın Linyit Pudra kömürü katkılı)	Kuvars, Hematit, Mika, Plajiyoklas, Klorit, K-Feldispat
P10 (% 20 Aydın Linyit Pudra kömürü katkılı)	Kuvars, Hematit, Mika, Plajiyoklas, K-Feldispat
K5 (% 5 Kısırak Dere kömürü katkılı)	Kuvars, Hematit, Mika, Plajiyoklas, Klorit, K-Feldispat
K10 (% 20 Kısırak Dere kömürü katkılı)	Kuvars, Hematit, Mika, Plajiyoklas, Klorit, K-Feldispat



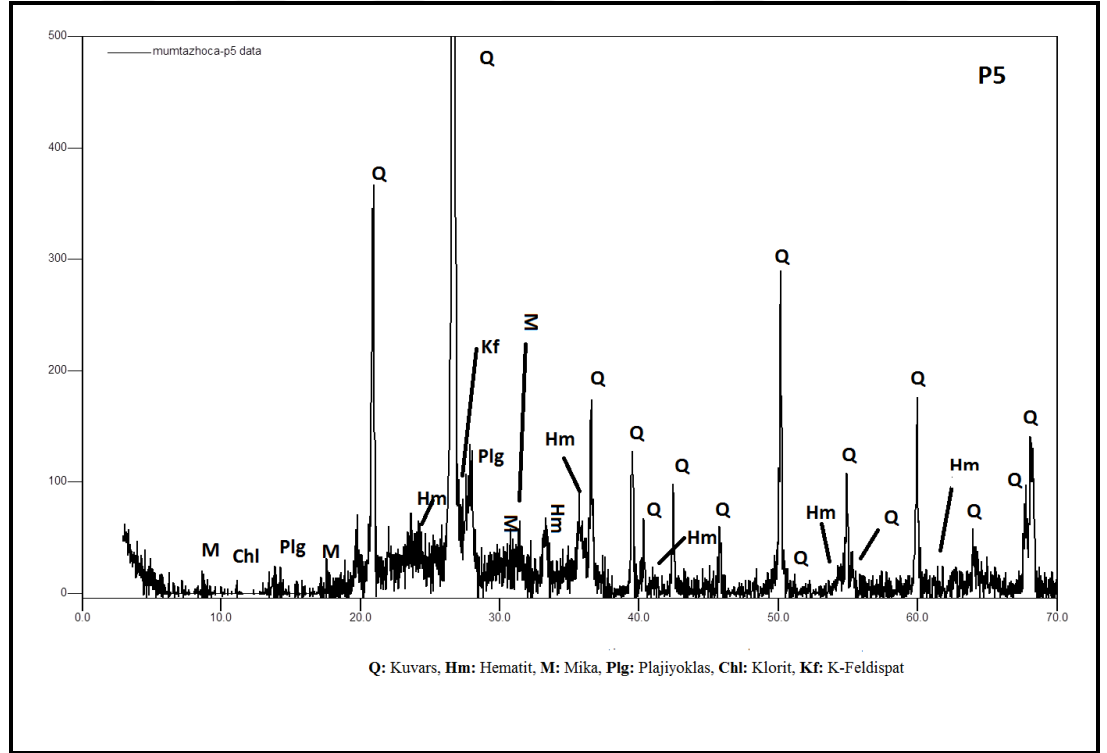
Şekil 3.2 K5 (% 5 Kırak Dere kömürü katkılı) örneğinin XRD analizi



Şekil 3.3 K10 (%20 Kırak Dere kömürü katkılı) örneğinin XRD analizi



Şekil 3.4 P10 (% 20 Aydın Linyit Pudra kömürü katkılı) örneğinin XRD analizi

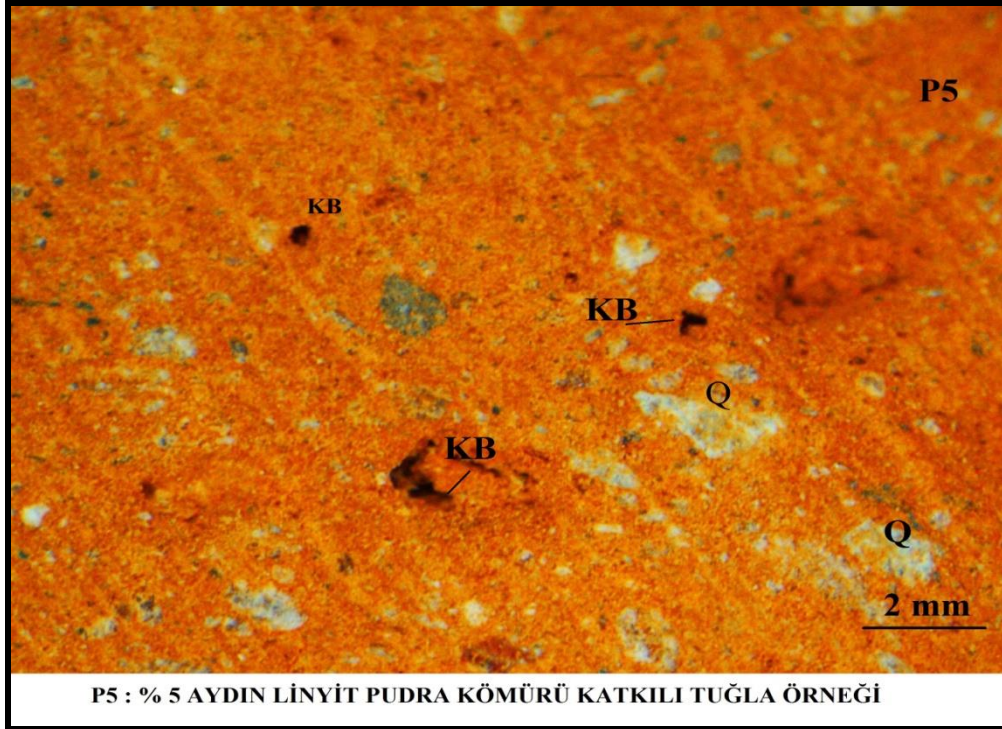
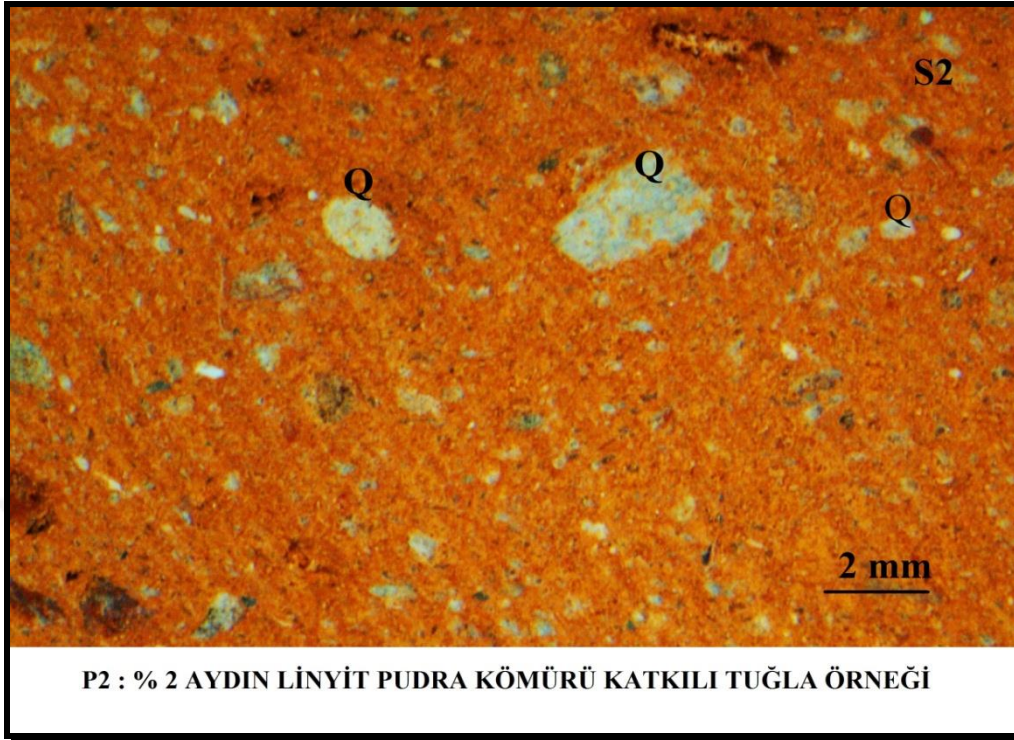


Şekil 3.5 P5 (% 5 Aydın Linyit Pudra kömürü katkılı) örneğinin XRD analizi

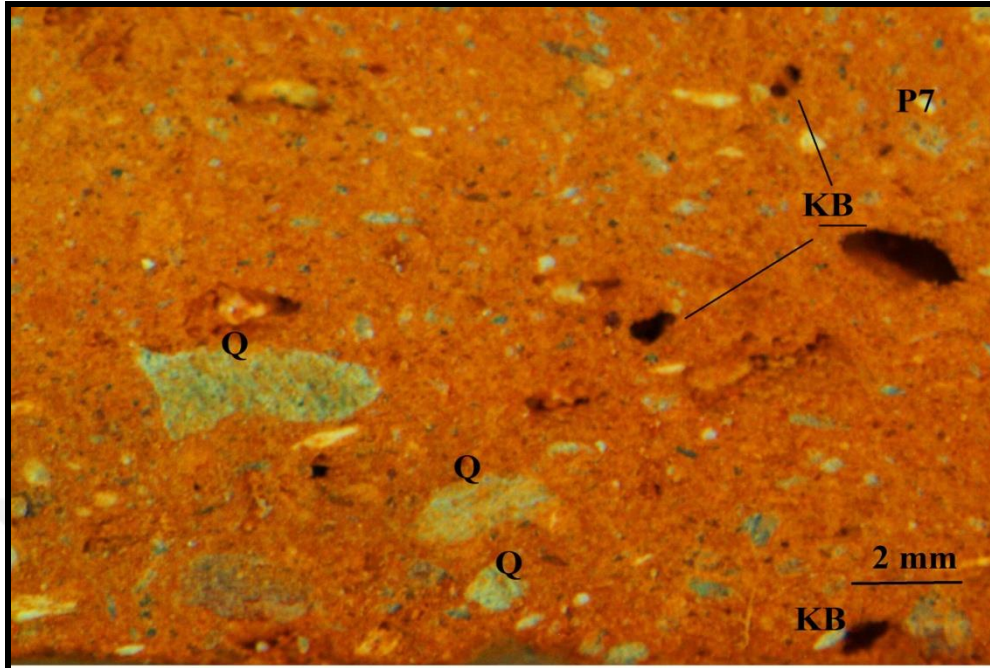
3.2 Pişmiş Tuğla Örneklerinin Yüzey İncelemeleri

Pişmiş tuğla karışımlarının yüzeyleri, tane boyu ve gözenek boyutunu incelemek amacıyla örnekler kesilmiş ve binoküler mikroskop da incelenmiştir. Gözeneklere hapsolan su, yanıcı ve uçucu katkıların pişirme sırasında bünyeden gitmesine bağlı olarak gözenek yapısı oluşmaktadır. Uçucuların bünyeden dışarıya çıkabilmesi için mikro çatlakların ve/veya mikro gözeneklerin birbiriyle bağlantılı olması gerekir. Camlaşma nedeniyle dışarıya atılamayan uçucu varlığı bünyede çatlama veya patlamaya neden olmaktadır. Çalışma sonucunda, Kısırak Dere kömürü katkılı örneklerin (% 20) diğer katkılı örneklere oranla daha fazla gözenek oluşturduğu gözlenmiştir.

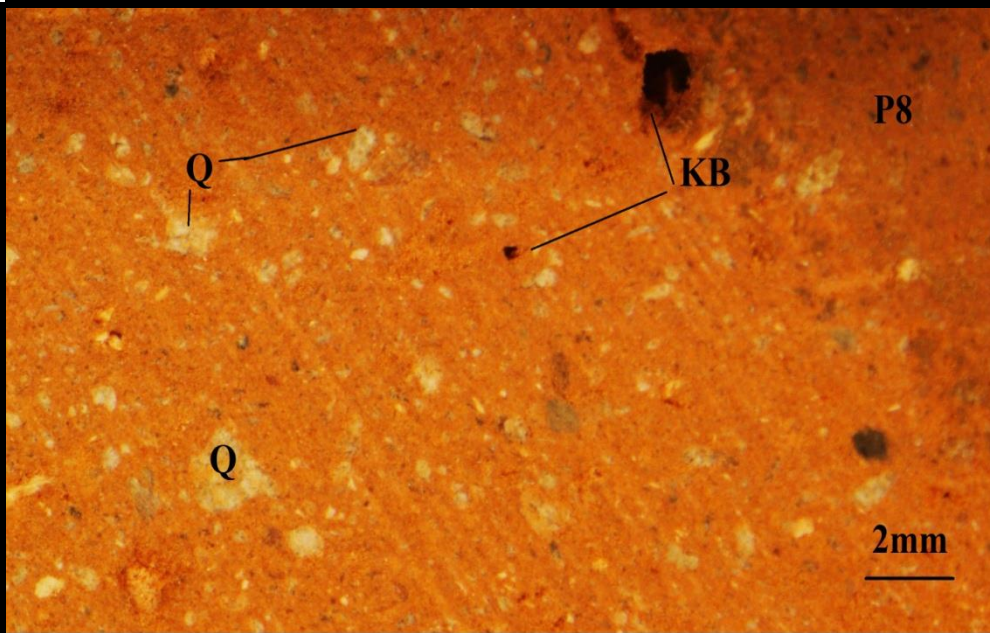
Şekil 3.6' da Aydın Linyit Pudra kömürü katkılı tuğla örneklerinin binoküler mikroskop daki görüntüsü, Şekil 3.7' de Aydın Linyit Spiral toz kömürü katkılı tuğla örneklerinin binoküler mikroskop daki görüntüsü, Şekil 3.8' de Kısırak Dere kömürü katkılı tuğla örneklerinin binoküler mikroskop daki görüntüsü ve Şekil 3.9' da MDF talaş tozu katkılı tuğla örneklerinin binoküler mikroskop daki görüntüsü verilmiştir.



Şekil 3.4 Aydın Linyit Pudra kömürü katkılı tuğla örneklerinin binoküler mikroskop daki görüntüsü (KB: Kömür boşluğu, Q: Kuvars)

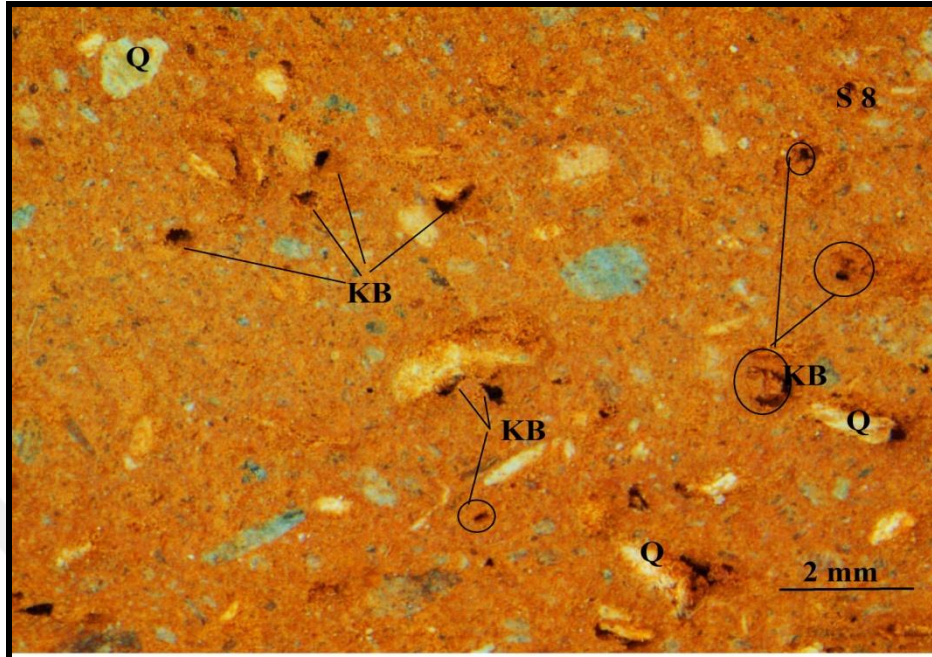


P7 : % 8 AYDIN LİNYİT PUDRA KÖMÜRÜ KATKILI TUĞLA ÖRNEĞİ

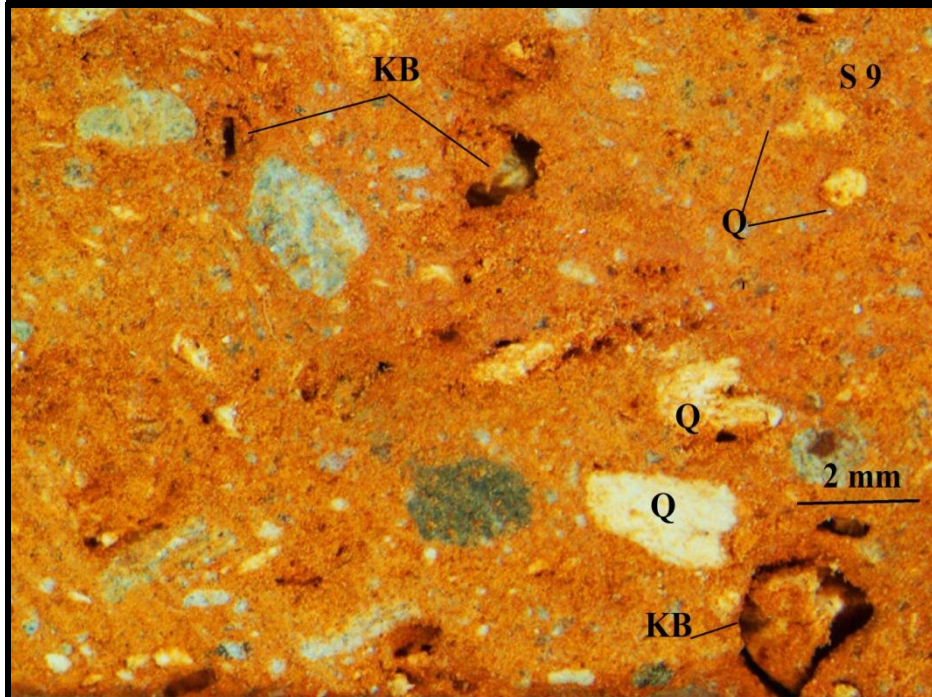


P8 : % 10 AYDIN LİNYİT PUDRA KÖMÜRÜ KATKILI TUĞLA ÖRNEĞİ

Şekil 3.6 devam

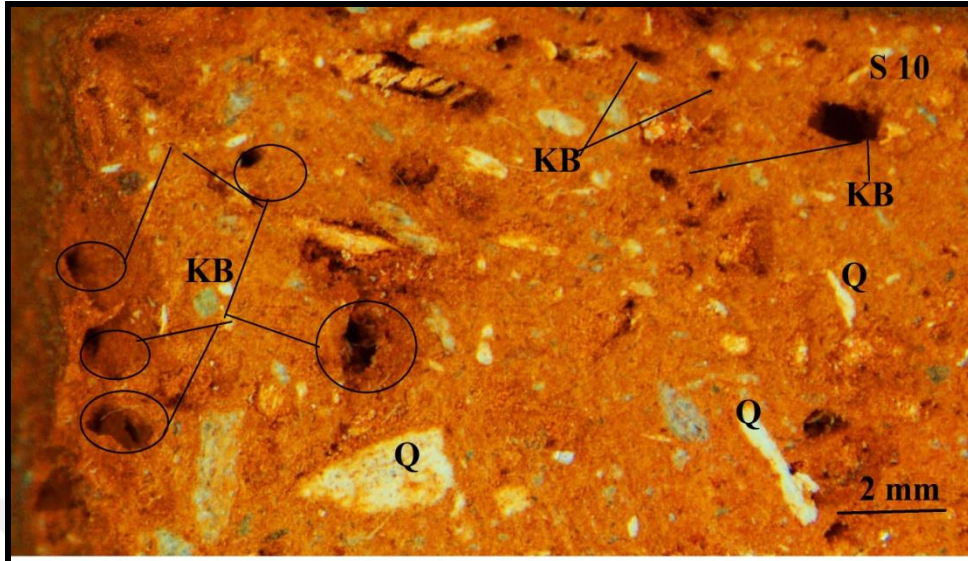


S 8 : % 10 AYDIN LİNYİT SİRİAL TOZ KÖMÜRÜ KATKILI TUĞLA ÖRNEĞİ

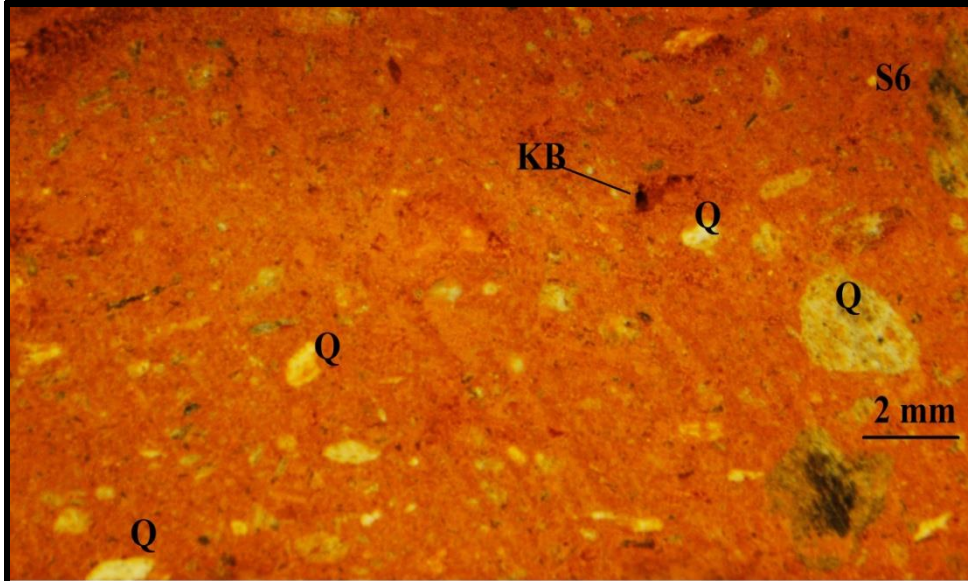


S 9 : % 15 AYDIN LİNYİT SİRİAL TOZ KÖMÜRÜ KATKILI TUĞLA ÖRNEĞİ

Şekil 3.5 Aydın Linyit Spiral toz kömürü katkılı tuğla örneklerinin binoküler mikroskop daki görüntüsü
(KB: Kömür boşluğu, Q: Kuvars)

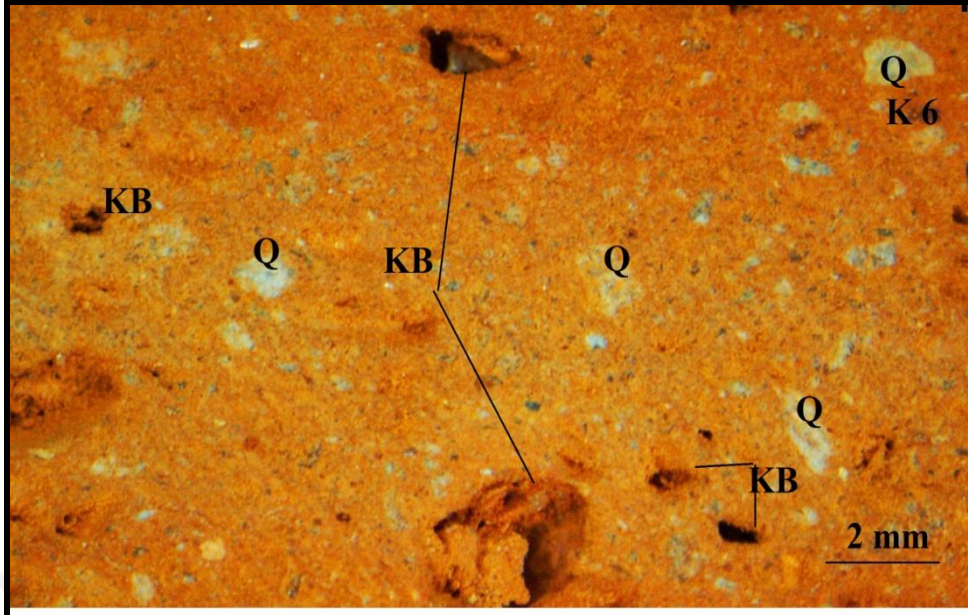


S 10 : % 20 AYDIN LİNYİT SİRİAL TOZ KÖMÜRÜ KATKILI TUĞLA ÖRNEĞİ

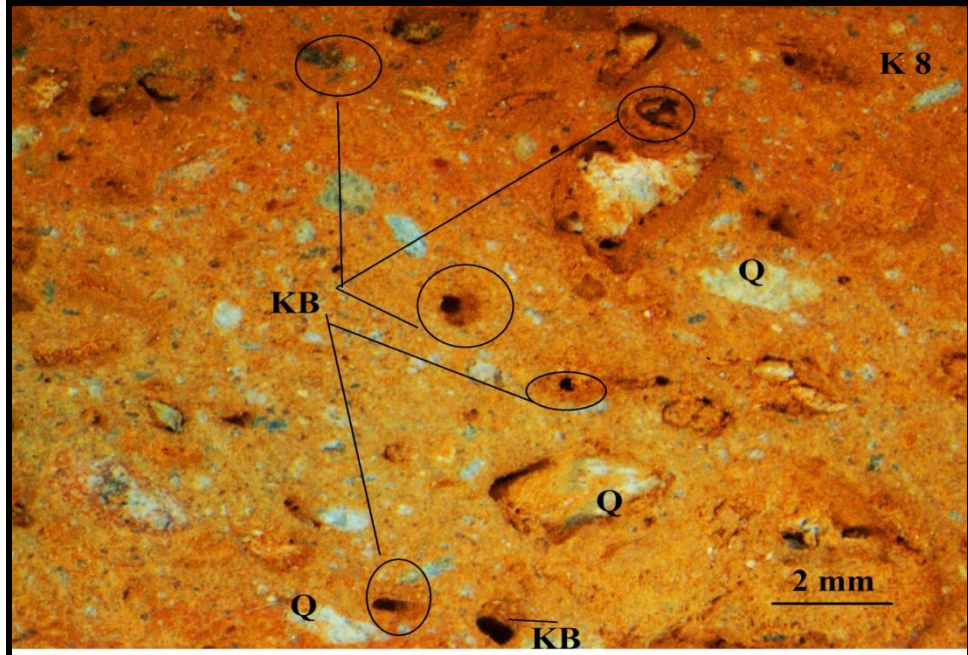


S6 : % 6 AYDIN LİNYİT SİRİAL TOZ KÖMÜRÜ KATKILI TUĞLA ÖRNEĞİ

Şekil 3.7 devam

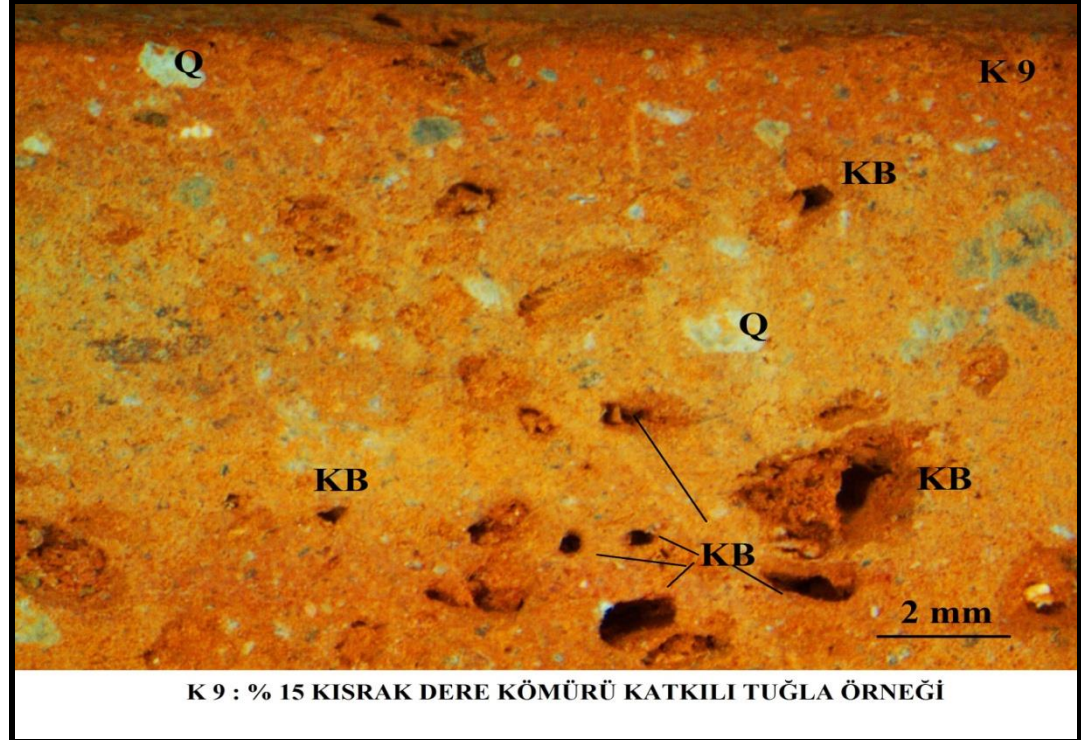
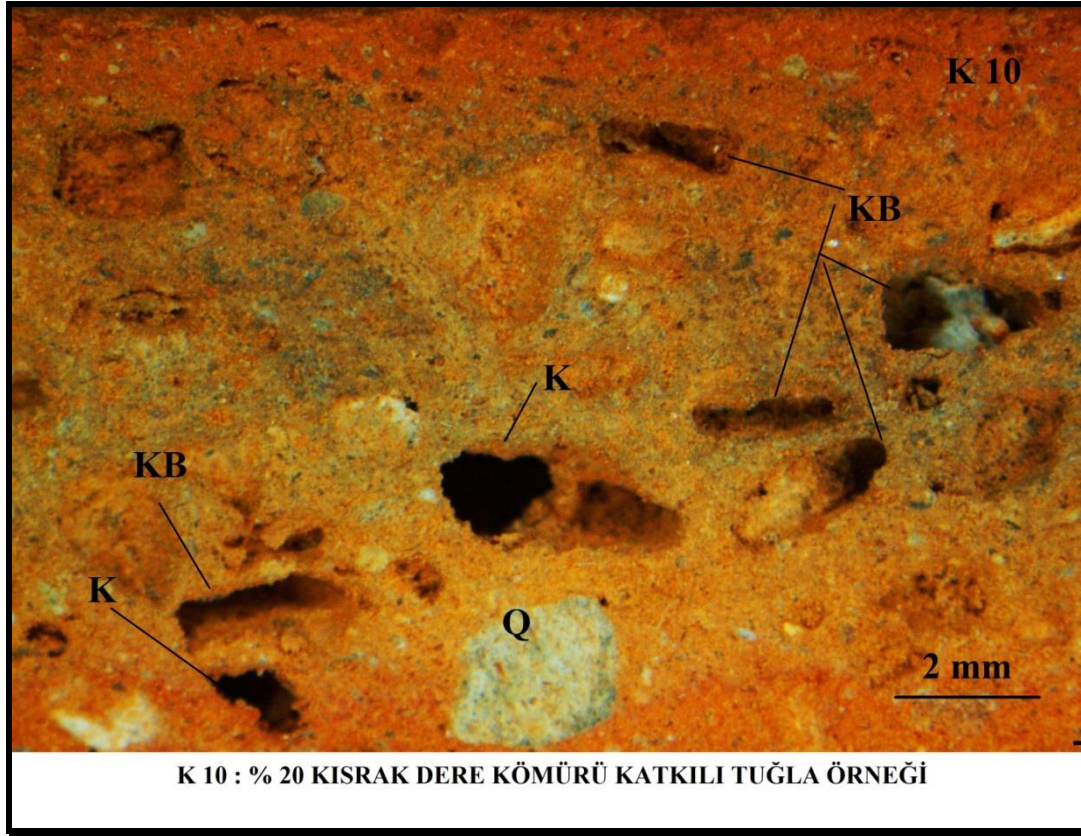


K 6 : % 6 KISRAK DERE KÖMÜRÜ KATKILI TUĞLA ÖRNEĞİ

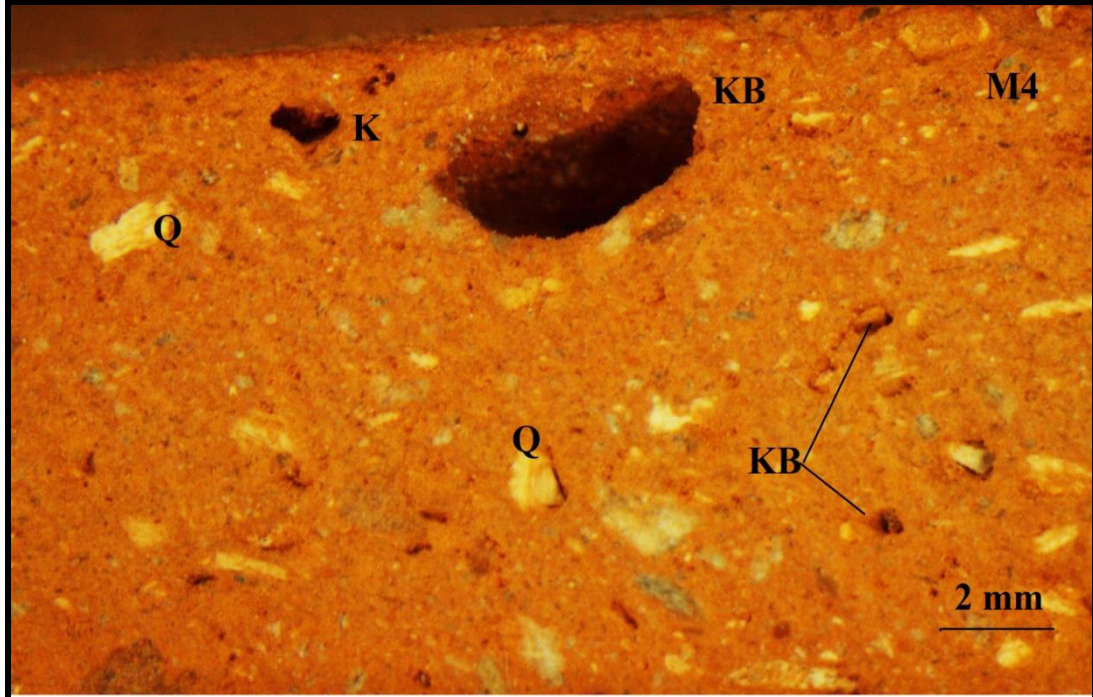


K 8 : % 10 KISRAK DERE KÖMÜRÜ KATKILI TUĞLA ÖRNEĞİ

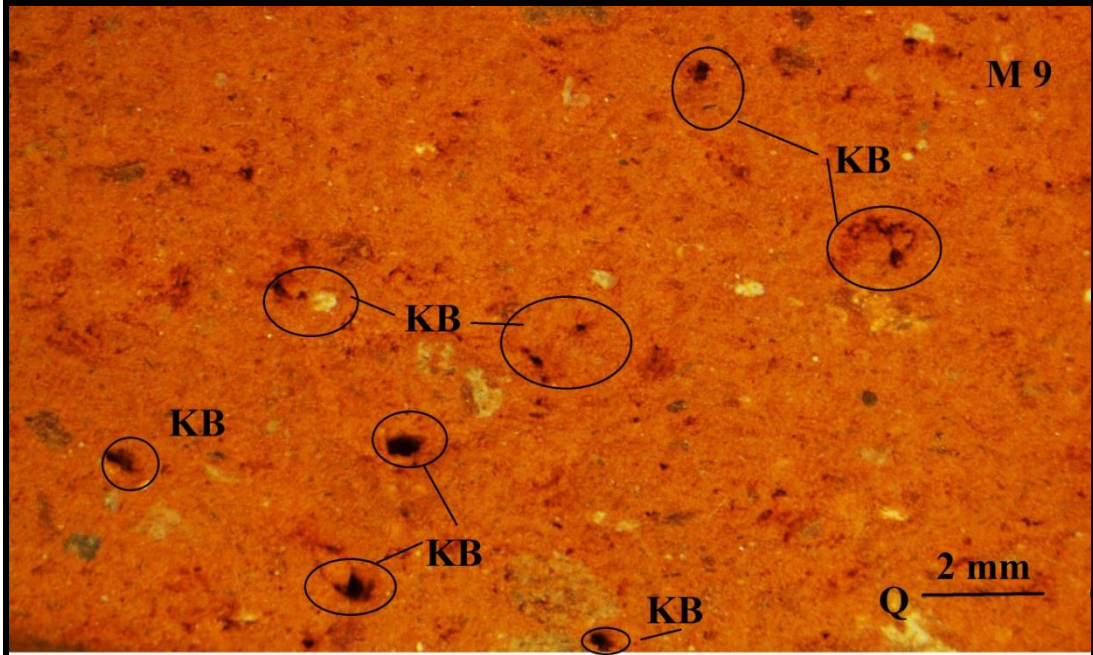
Şekil 3.8 Kısarak Dere kömürü katkılı tuğla örneklerinin binoküler mikroskop daki görüntüsü (KB: Kömür boşluğu, Q: Kuvars)



Şekil 3.8 devam

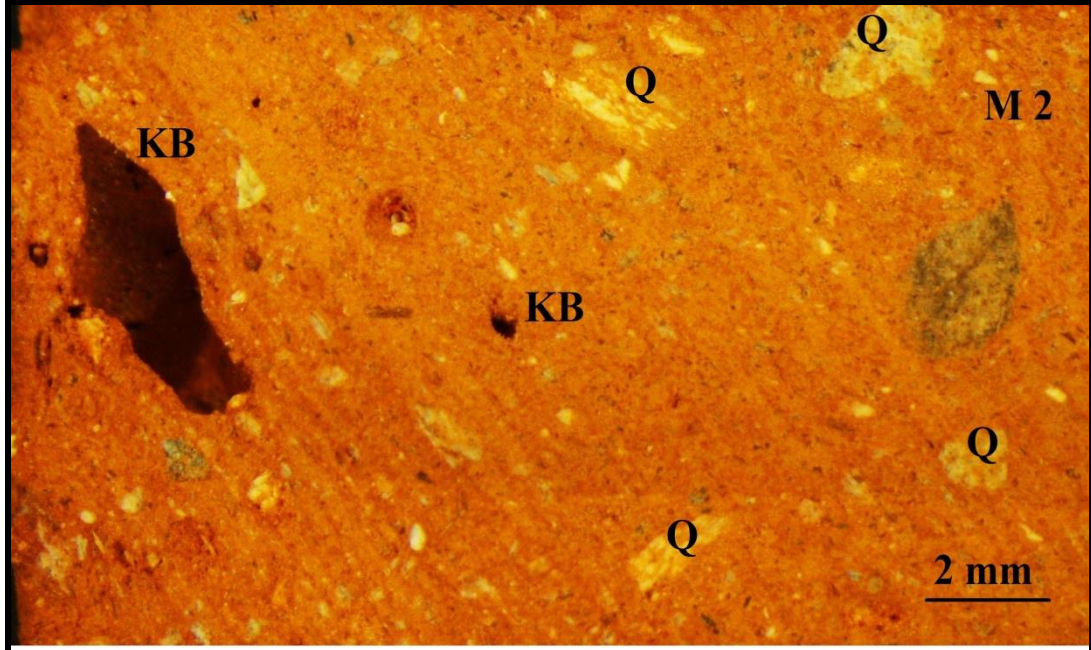


M4: % 4 MDF TALAŞ TOZU KATKILI TUĞLA ÖRNEĞİ

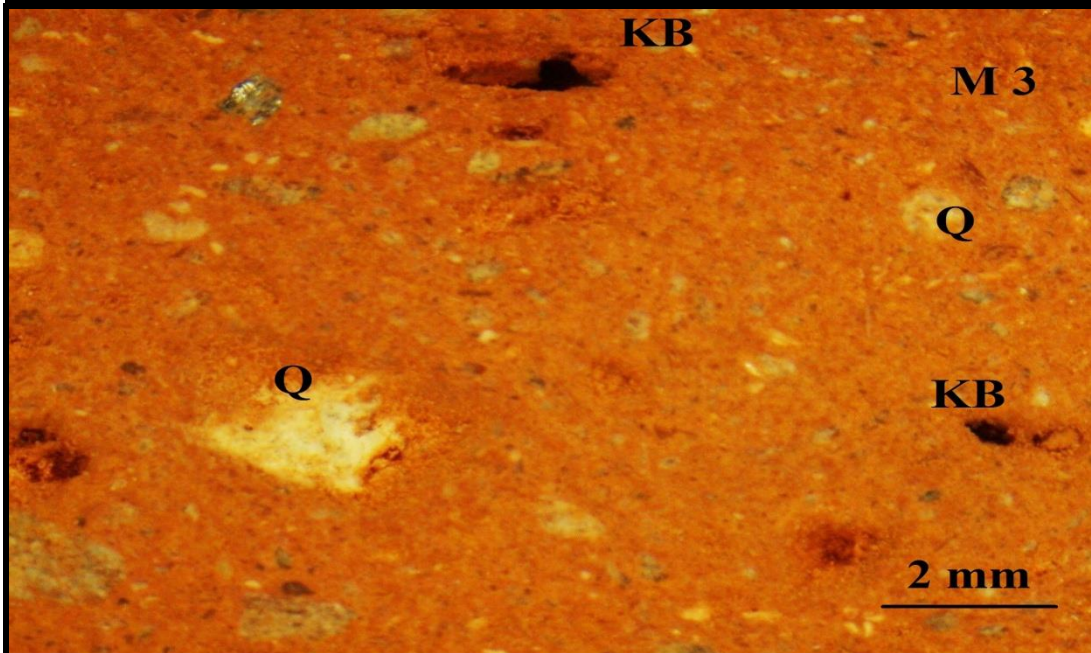


M 9 : % 15 MDF TALAŞ TOZU KATKILI TUĞLA ÖRNEĞİ

Şekil 3.9 MDF talaş tozu katkıli tuğla örneklerinin binoküler mikroskop daki görüntüsü (KB: Kömür boşluğu, Q: Kuvars)



M 2 : % 2 MDF TALAŞ TOZU KATKILI TUĞLA ÖRNEĞİ



M 3 : % 3 MDF TALAŞ TOZU KATKILI TUĞLA ÖRNEĞİ

Şekil 3.9 devam

3.3 Su Emme Ağırlık Verilerinin Değerlendirilmesi

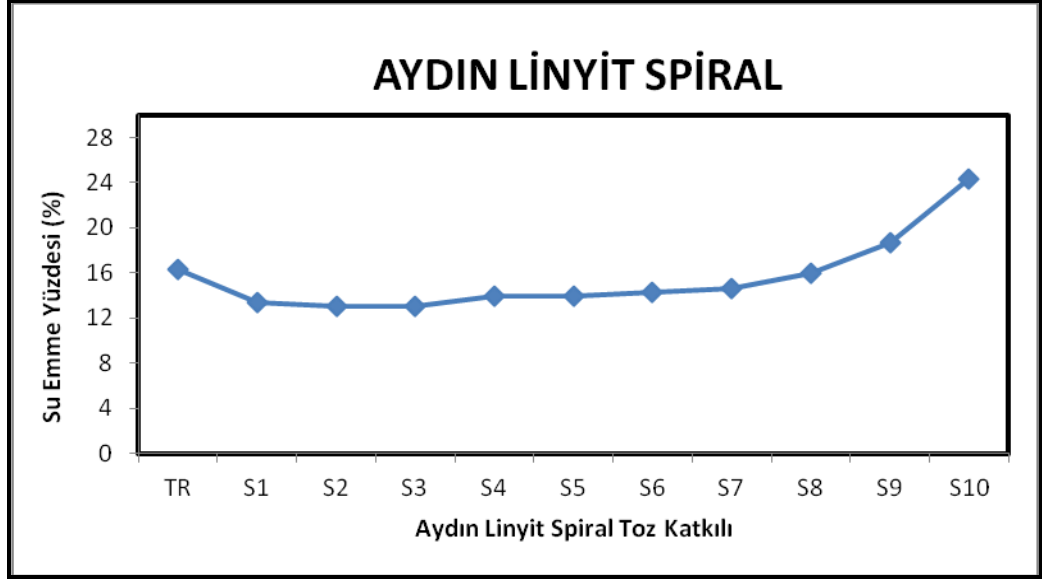
Su emme yüzde değerlerinin belirlenmesinde, her bir katkı maddesi grubu için otuz adet örnek kullanılmıştır. Turgutlu kili hammaddesinin (TR) su emme miktarı % 16,31 olarak hesaplanmıştır. Farklı kalorifik değere sahip kömür katkıları ile üretilen tuğla örneklerinin, % 6 ve % 20 katkı oranlarıyla üretilen tuğla örneklerinde benzer ilişki sergiledikleri gözlenilmiştir. MDF talaş tozunda ise katkı oranının artışı, su emme yüzdesinde artışa sebep olmuştur.

3.3.1 Turgutlu kili ve Aydın Linyit Spiral toz kömürü ile üretilen tuğlaların su emme verileri

Turgutlu kili (TR) ve Aydın Linyit Spiral toz kömürü (ALS) ile üretilen tuğlaların su emme yüzdeleri Tablo 4.2’ de görüldüğü üzere % 2- % 3 ve % 4- % 5 Spiral kömür katkılu tuğla örneklerinin aynı değerde su emme yüzdesine sahip olduğu ve % 6 ile % 20 arasında Spiral kömür katkılu tuğla örneklerinde ise su emme yüzdesinin katkı oranının artışı ile doğru orantılı olarak arttığı gözlenilir. Her bir tuğla örneğinin su emme miktarı ölçülerek ağırlıkça su emme miktarı hesaplanmıştır (Şekil 3.10).

Tablo 3. 2 Turgutlu kili ve Aydın Linyit Spiral toz kömürü ile üretilen tuğlaların su emme verileri

ÖRNEK ADI	SU EMME YÜZDESİ (%)
S1 (% 1 ALS katkılı)	13,33
S2 (% 2 ALS katkılı)	13,00
S3 (% 3 ALS katkılı)	13,00
S4 (% 4 ALS katkılı)	14,00
S5 (% 5 ALS katkılı)	14,00
S6 (% 6 ALS katkılı)	14,33
S7 (% 8 ALS katkılı)	14,66
S8 (% 10 ALS katkılı)	16,00
S9 (% 15 ALS katkılı)	18,66
S10 (% 20 ALS katkılı)	24,33



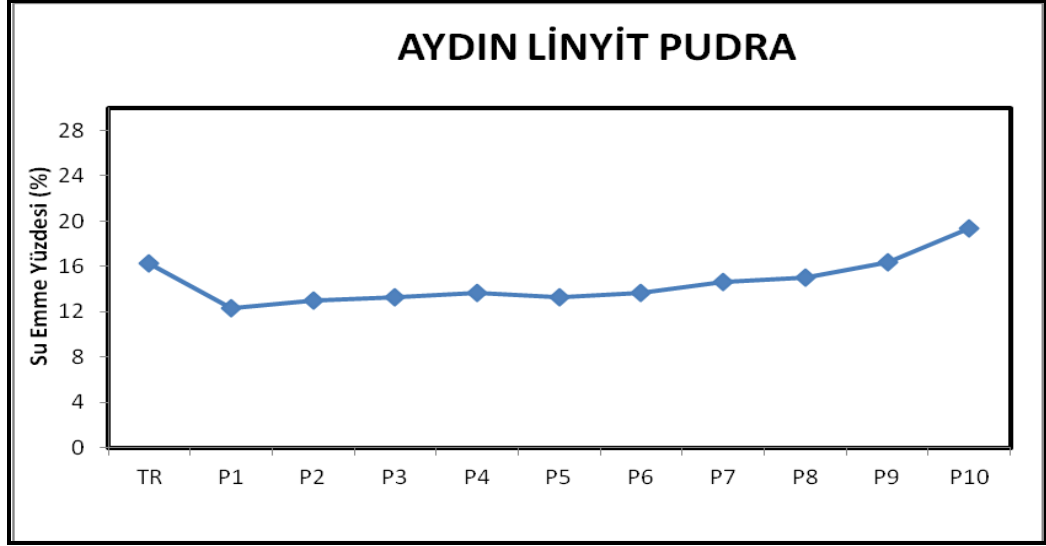
Şekil 3.6 Aydın Linyit Spiral katkılı tuğla örneklerinin su emme oranları (%)

3.3.2 Turgutlu kili ve Aydın Linyit Pudra kömürü ile üretilen tuğlaların su emme verileri

Turgutlu kili (TR) ve Aydın Linyit Pudra kömürü (ALP) ile üretilen tuğlaların su emme yüzdeleri Tablo 3.3’ de görüldüğü üzere % 1- % 4 ile % 6- % 20 arasında Pudra kömür katkılı tuğla örneklerinde ise su emme yüzdesinin katkı oranının artışı ile doğru orantılı olarak arttığı gözlenilir. Her bir örneğin su emme miktarı ölçülerek ağırlıkça su emme miktarı hesaplanmıştır (Şekil 3.11).

Tablo 3. 3 Turgutlu kili ve Aydın Linyit Pudra kömürü ile üretilen tuğlaların su emme verileri

ÖRNEK ADI	SU EMME YÜZDESİ (%)
P1 (% 1 ALP katkılı)	12,33
P2 (% 2 ALP katkılı)	13,00
P3 (% 3 ALP katkılı)	13,33
P4 (% 4 ALP katkılı)	13,66
P5 (% 5 ALP katkılı)	13,33
P6 (% 6 ALP katkılı)	13,66
P7 (% 8 ALP katkılı)	14,66
P8 (% 10 ALP katkılı)	15,00
P9 (% 15 ALP katkılı)	16,33
P10 (% 20 ALP katkılı)	19,33



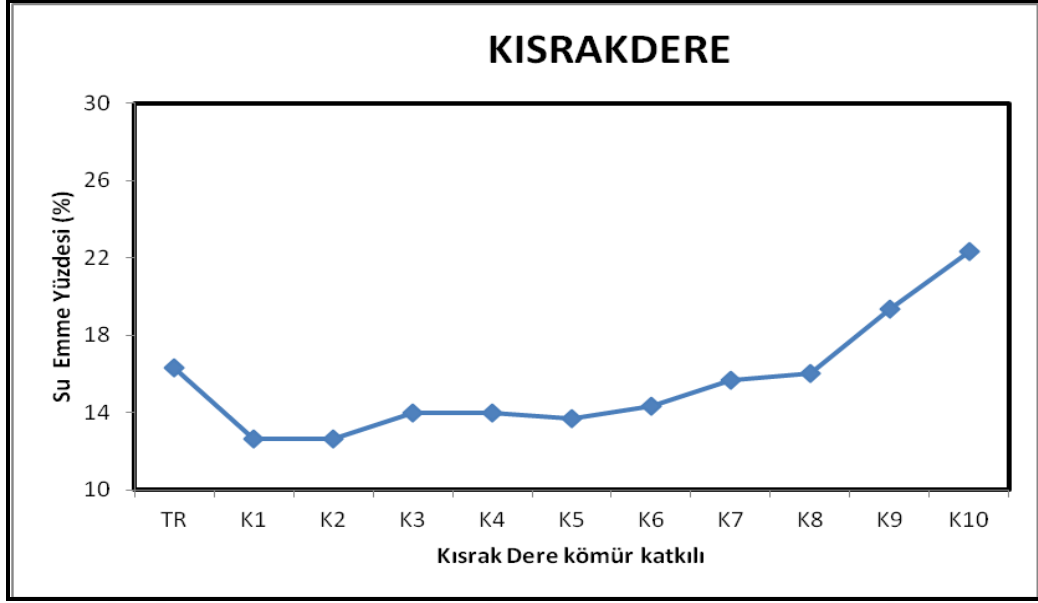
Şekil 3.7 Aydın Linyit Pudra katkılı tuğla örneklerinin su emme oranları (%)

3.3.3 Turgutlu Kili ve Kısırak Dere kömürü ile üretilen tuğlaların su emme verileri

Turgutlu kili (TR) ve Kısırak Dere kömürü (KS) ile üretilen tuğlaların su emme yüzdeleri Tablo 3.4’ de görüldüğü üzere % 1- % 2 ve % 3- % 4 Kısırak Dere kömür katkılı tuğla örneklerinin aynı değerde su emme yüzdesine sahip olduğu ve % 6 ile % 20 arasında Kısırak Dere kömür katkılı tuğla örneklerinde ise su emme yüzdesinin katkı oranının artışı ile doğru orantılı olarak arttığı gözlenilir. Her bir örneğin su emme miktarı ölçülerek ağırlıkça su emme miktarı hesaplanmıştır (Şekil 3.12).

Tablo 3.4 Turgutlu kili ve Kısırak Dere kömürü ile üretilen tuğlaların su emme verileri

ÖRNEK ADI	SU EMME YÜZDESİ (%)
K1 (% 1 KS katkılı)	12,66
K2 (% 2 KS katkılı)	12,66
K3 (% 3 KS katkılı)	14,00
K4 (% 4 KS katkılı)	14,00
K5 (% 5 KS katkılı)	13,66
K6 (% 6 KS katkılı)	14,33
K7 (% 8 KS katkılı)	15,66
K8 (% 10 KS katkılı)	16,00
K9 (% 15 KS katkılı)	19,33
K10 (% 20 KS katkılı)	22,33



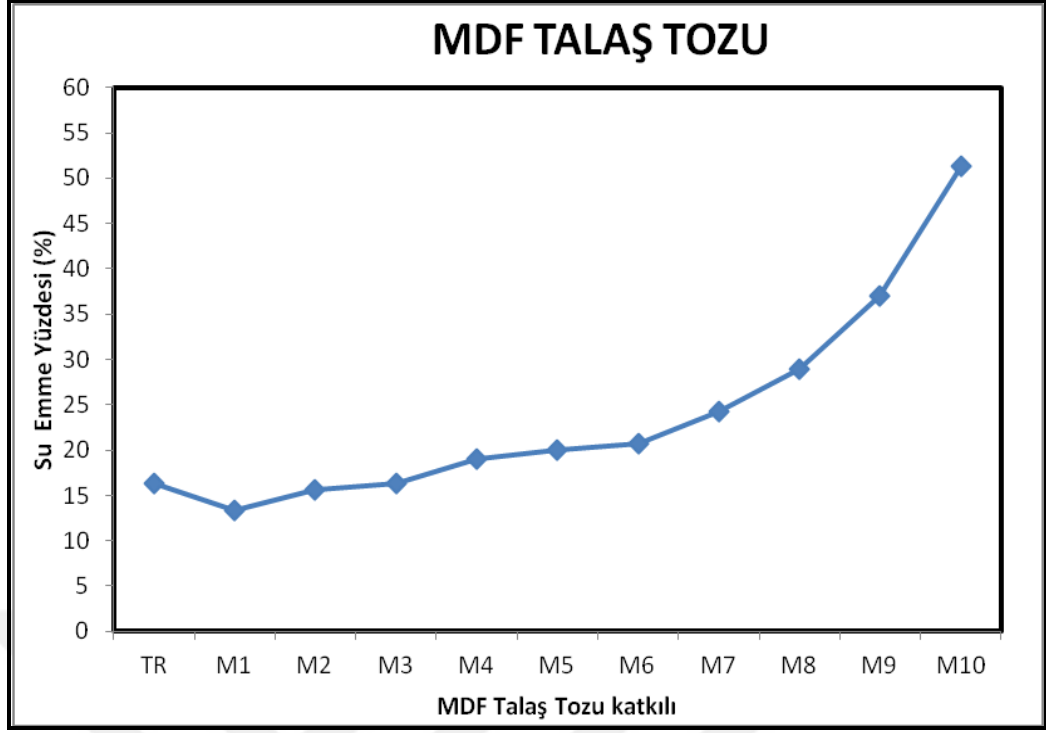
Şekil 3.8 Kısarak Dere kömür katkılı tuğla örneklerinin su emme oranları (%)

3.3.4 Turgutlu kili ve MDF talaş tozu ile üretilen tuğlaların su emme verileri

Turgutlu kili (TR) ve MDF talaş tozu (MF) ile üretilen tuğlaların su emme yüzdeleri Tablo 3.5’ de görüldüğü üzere %1- % 20 arasındaki tüm MDF talaş tozu katkılı tuğla örneklerinin su emme yüzdelерlerinin katkı oranının artışına bağlı olarak artışı gözlenilir. Ayrıca % 20 MDF talaş tozu katkılı tuğla örneği en yüksek su emme değerine sahiptir (% 51,33). Her bir örneğin su emme miktarı ölçülerek ağırlıkça su emme miktarı hesaplanmıştır (Şekil 3.13).

Tablo 3.4 Turgutlu kili ve MDF Talaş Tozu ile üretilen tuğlaların su emme verileri

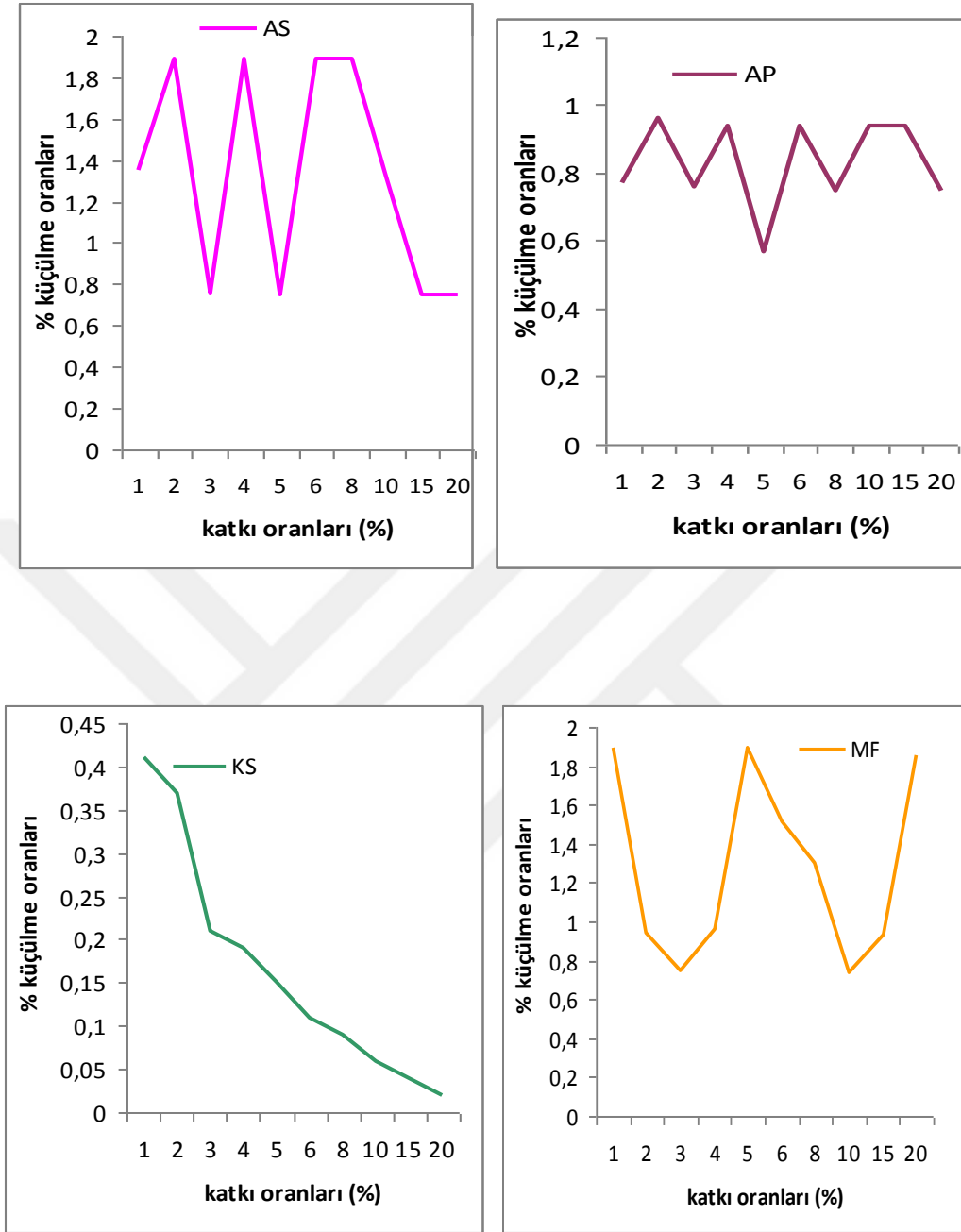
ÖRNEK ADI	SU EMME YÜZDESİ (%)
M1 (% 1 MF katkılı)	13,33
M2 (% 2 MF katkılı)	15,66
M3 (% 3 MF katkılı)	16,33
M4 (% 4 MF katkılı)	19,00
M5 (% 5 MF katkılı)	20,01
M6 (% 6 MF katkılı)	20,67
M7 (% 8 MF katkılı)	24,33
M8 (% 10 MF katkılı)	29,00
M9 (% 15 MF katkılı)	37,00
M10 (% 20 MF katkılı)	51,33



Şekil 3.9 MDF talaş tozu katkılı tuğla örneklerinin su emme oranları (%)

3.4 Kuruma Küçülmesi Verilerinin Değerlendirilmesi

Kısırak Dere kömürü katkılı örneklerin doğrusal küçülme oranları % 0,02-0,41 arasında olup Kısırak Dere kömürün katkı oranının artmasıyla küçülme oranları azalmıştır. Bunun nedeni olarak Kısırak Dere kömürü katkılı örneklerin bünyede gözenekli yapılardan oluşması ve bu gözeneklere hapsolan suyun pişirme sırasında bünyeden gitmesinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Aydın Linyit Pudra kömürü katkılı örneklerin küçülme oranları % 0,57- 0,96 arasında, MDF talaş tozu katkılı örneklerin küçülme oranları % 0,75- 0,96 arasında değişmektedir. Aydın Linyit Spiral toz kömürü katkılı örneklerde küçülme oranları ise % 0,74- 1,89 arasında değişmektedir. Aydın Linyit Spiral toz kömürü katkılı örneklerdeki küçülme oranı diğer kömür katkılı örneklere oranla fazladır. Bunun nedeni olarak, spiral toz kömürünün tane boyutunun (0,350-0,750 mm) etkisi olabileceği düşünülmektedir. Temsili tuğla örneklerinin küçülme oranları Şekil 3.14’ de verilmiştir. Kurutma ve pişirme aşamalarında tuğla örneklerinin tamamında herhangi bir çatlama ve patlama meydana gelmemiştir.



Şekil 3.10 Tuğla örneklerinin küçülme oranları (AS: Aydın Linyit Spiral toz kömürü katkılı; AP: Aydın Linyit Pudra kömürü katkılı, KS: Kısırak Dere kömürü katkılı, MF: MDF talaş tozu katkılı tuğla örneklerinin küçülme oranları (%))

Turgutlu Kudret Fabrikasında daha önce % 2,5- % 3 Kısırak Dere kömür katkısı ile üretilen tuğla örneklerinin plastik suyu yüzdesi, toplam ağırlık kaybı, birim hacim ağırlık ve basınç mukavemet deney verileri Tablo 3.6' da verilmiştir.

Tablo 3.6 Kudret Tuğla Fabrikası tarafından % 2,5-3 Kısarak Dere kömür katkısı ile üretilen tuğla örneklerinin; plastik suyu yüzdesi, toplam ağırlık kaybı, birim hacim ağırlık ve basınç mukavemet deney verileri.

Numune Adı	Toplam doğrusal küçülme %3-%5	Plastik suyu yüzdesi % 12-%15	Toplam ağırlık kaybı % 18-% 28	Hacim ağırlığı ilgili standardın TSE' ne göre kg/m ³	Karışım Oranları	
0248-1A	3,0	18,6	23,2	1,592	Üretimde kullanılan kil tek başına	
0248-1B	3,2	19,0	23,4	1,584	Üretimde kullanılan kil tek başına	
0248-2A	2,5	19,2	25,2	1,508	% 2,5 kömür tozu -% 97,5 kil	
0248-2B	1,9	19,2	25,2	1,524	% 2,5 kömür tozu - % 97,5 kil	
0248-3A	2,5	18,2	24,7	1,525	% 3 kömür tozu - % 97 kil	
0248-3B	2,1	18,5	24,8	1,524	% 3 kömür tozu - % 97 kil	
Numune Adı	0248-1A	0248-1B	0248-2A	0248-2B	0248-3A	0248-3B
Yapılan gözlemler ve olumsuz olması durumunda alınacak tedbirler	Rengi normal, ses veriyor, çekim payı normal, tek başına kullanılabilir	Rengi normal, ses veriyor, çekim payı normal, tek başına kullanılabilir	Rengi normal, çekim payı biraz düşük	Rengi normal, çekim payı biraz düşük	Rengi normal, çekim payı biraz düşük	Rengi normal, çekim payı biraz düşük

Açıklama: Bu örnekler üzerinde yapılan basınç mukavemeti deneyi sonucu örneklerin hiçbirinin basınç dayanımlarında bir değişiklik gözlenilmemiştir (2,5 MPa).

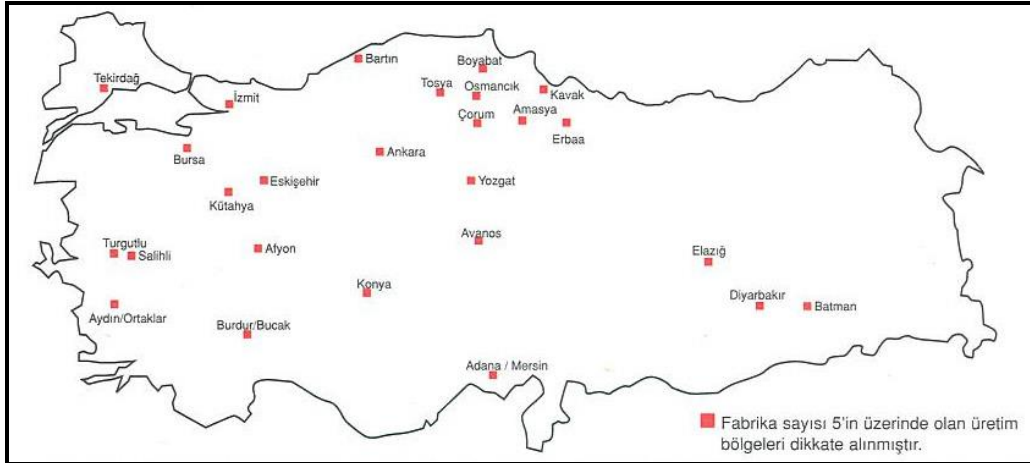
Tablo 3.6 'a göre; örneklerin doğrusal küçülme oranları standarttaki toplam doğrusal küçülme oranını (% 3 - % 5) aşmamıştır. Kömür katkılı oluşturulan tuğla örneklerinde; toplam ağırlık kaybı ve birim hacim ağırlık bakımından benzer sonuçlar elde edildiği gözlenmektedir. Plastik suyu yüzdesinin, % 2,5 kömür katkılı oluşturulan örneklerde diğer örneklere oranla fazla olduğu görülmektedir.

BÖLÜM DÖRT

MALİYET ANALİZİ

Tuğla üretim endüstrisinin maliyetlerin dağılımına bakıldığında genellikle işçilik % 45, kömür ve genel giderler % 12, akaryakıt % 10, elektrik % 8, amortisman % 7 ve hammadde % 6 paya sahiptir (Görçiz, 2000). Turgutlu bölgesinde hammaddeye yakınlık nedeniyle maliyetler düşüktür. Hammaddenin fabrikaya uzaklığı 10 km'yi geçmemelidir. Türkiye 70 tuğla fabrikasıyla 1. sırada Manisa'nın Turgutlu ilçesi yer almaktadır. Tablo 4.1' de Turgutlu tuğla üretim ve ürün birim maliyet hesabı, Şekil 4.1' de ise Türkiye'deki mevcut tuğla fabrikalarının dağılımı gösterilmiştir.

Turgutlu bölgesi hammaddelerinde kalite açısından büyük bir sorun görülmemektedir. Bu nedenle hammadde iyileştirme açısından yalnızca ocaktan gelen hammaddenin homojenize edilmesi önemlidir. Hammadde hazırlamada kolesgen ve vals gibi araçlarla hammadde şekillendirme aşamasına hazır hale gelmektedir. Bu nedenle maliyette yüksek değildir.



Şekil 4.1 Türkiye' deki mevcut tuğla fabrikalarının dağılımı (Görçiz, 2000)

Literatüre bakıldığında % 5 organik malzemeli İngiliz flekton killeri pişirmek için gerekli olan normal enerjinin yalnızca % 15- 20 ‘si kullanılmaktadır (Yanık ve diğer.,2006). Organik malzemeler genellikle tuğlada siyah çekirdeklerin oluşmasına neden olmaktadır. Bu yüzden, organik malzemenin kildeki ilk sıvı faz oluşumundan önce tamamen yakılmalıdır. Elli yıl öncesinde yapılmış çalışmada doğal organik içeriğinin tuğla üretiminde enerji tasarruf sağladığı bilinmektedir.

Tablo 4.1 Turgutlu tuğla üretim ve ürün birim maliyet hesabı

Üretim		
Net üretim	m ³ /gün	660
Net üretim	m ³ /yıl	202,900
Elektrik sarfiyat	kWh/m ³	18,1
Isıl enerji	kWh/ m ³	100
Personel (İşçi sayısı değişkenlik gösterebilir)	30 işçi TL/ay	79,500
Elektrik birim maliyet	TL/kWh	0,25
Kömür maliyet (Kısrak Dere kömürü)	TL/t, 4500 kcal/kg	34,2
İşçilik maliyet	TL/m ³	5,6
Isıl enerji maliyet	TL/m ³	2,4
Amortisman	10 yıl TL/yıl	579,000
Ürün Birim Maliyet		
Elektrik maliyet	TL/m ³	4,5
Tamir bakım	TL/m ³	1,1
Ürün paketlenme	TL/m ³	6,9
Amortisman	TL/m ³	2,8
Toplam maliyet	TL/m³	15,3

Açıklama: Maliyet hesaplarında (KDV hesaplamaya katılmamıştır) Turgutlu Kudret Tuğla Fabrikasının fiyatlarından yararlanılmıştır.

Bu çalışmada, hammadde içerisinde doğal olmayan, ilave kömürle hem gözenekli yapı hem de enerjiden tasarruf düşünülmüştür, bu nedenle Tablo 4.1' de görüldüğü gibi maliyet analizi yapılmıştır. Enerjiden tasarruf, maliyet bünyeye içerisine konulacak kömür miktarı, pişme sırasında kullanılacak kömür düşüşüyle birbirini dengelemektedir.

Tuğla hammaddesi içerisine kömür ilave edilmesi sonucunda pişirmede kullanılan kömür miktarının azalması beklenilmiş fakat hem pişirme de hem de karışım içerisine kömür ilavesi tuğla üretim maliyetinin artmasına neden olmuştur. Bununla birlikte, doğal olarak kil içinde kömür bulunduğu takdirde kömürün katkı maddesi olarak tuğla üretiminde kullanılması ile üretim maliyeti açısından elverişli olduğu sonucuna varılmıştır.

BÖLÜM BEŞ

SONUÇLAR

Tuğla üretiminin en yoğun olarak yapıldığı bölge Turgutlu (Manisa) ilçesidir. Turgutlu bölgesinde yaklaşık 70 firma faaliyet göstermektedir. Bu bölgede tuğla üretimi iç tüketime yönelik olarak yapılmakta, tuğla ithalatı yapılmamaktadır. Bununla birlikte DPT verilerine göre ülkemizdeki tuğla üretimi son beş yıl içerisinde gerilemiştir. Tuğla üretimin azalması nedeni; tuğlaya alternatif ürünlerin (gaz beton, birstone ve eternit) kullanımının artması ve prefabrik inşaatların yaygınlaşmaya başlamasıdır (Görçiz, 2000).

Çoğu termik santrallerde kullanılan kömürler, kömüre dışarıdan karışan malzemeleri kömür içerisindeki kül içeriğini artıracak dolayısıyla kömürün kalorisini düşürmesi sebebiyle kullanım öncesi yıkama işlemine tabi tutulur. Yıkama işleminde kömür üzerindeki tozlar uzaklaştırılır. Kömür tozlarından oluşan pasalar Atık Depolama Yönetmeliklerine göre belirlenen alanlarda depolanır. Fakat doğadaki katı atıkların depolanma miktarının artması ve depolama alanlarının yetersizliği, atmosferdeki gaz emisyonunun artmasına ve doğal kaynakların kurumasına neden olmaktadır. Tuğla üretmek için ana hammadde olarak kilin yanı sıra lavvardan atılan kömür tozlarının ve endüstriyel atık olarak MDF talaş tozunun yapı tuğlası üretiminde değerlendirilmesi çevresel kaygılara iyi bir çözüm olacaktır.

Hafif Turgutlu tuğla üretimi için uygun katkı maddelerinin araştırılması amacıyla yapılan tez çalışmasında; Turgutlu bölgesinden alınan kile ek olarak farklı kalorifik değere sahip kömür örnekleri ve MDF talaş tozu katkılarının Turgutlu kiline, ağırlık olarak belirli oranlarda eklenmeleri ile yapılan bu deneysel çalışmadan elde edilen bulgular doğrultusunda varılan sonuçlar aşağıda sıralanmıştır:

- Farklı kalorifik değere sahip kömür katkılı tuğla örnekleri su emme ağırlıkları bakımından benzer özellikler sergilemiştir. Çalışma başlangıcında, kömür örneklerinin kalorifik değerlerinin farklı olması nedeniyle üç kömür örneği için birbirinden farklı sonuçlar göstermesi beklenilmiştir. Kömürün kalori değerinin artması ile harcanılan enerji miktarının da azalma olabileceği düşünülmüştür. Fakat istenilen durum gerçekleşmemiştir. MDF talaş tozu katkılı tuğla örneklerinin su emme ağırlıklarının katkı oranının artışı ile doğru orantılı olarak artışı gözlenmiştir.
- Aydın Linyit A.Ş' den alınan Spiral toz ve Pudra kömür tozlarının % 6 ve % 8 oranlarında katılması ile oluşturulan tuğlaların Hafif Turgutlu tuğla üretimi için uygun olduğu aynı zamanda bu biçimde kullanmaları neticesinde kömüre dayalı çevre kirliliğini önlemede ve bu ürünlerin geri dönüşümü sağlanarak ülke ekonomisine destek sağlayacağı düşünülmektedir.
- Turgutlu Kudret Tuğla Fabrikasından alınan Kısarak Dere kömürü katılarak oluşturulan tuğlaların; Kısarak Dere kömür birim fiyatının yüksek olması, tuğla üretim maliyetini artırması ve Kısarak Dere kömürünün, pişirmede kullanılması nedeniyle hafif Turgutlu tuğla üretimi için uygun katkı maddesi olmadığı kanaatine varılmıştır. MDF talaş tozu katkılı tuğla örneklerinin su emme miktarlarının yüksek olmasından dolayı tuğla üretimi için elverişli olmadığı sonucuna varılmıştır.
- MDF talaş tozu katılarak oluşturulan tuğlaların diğer üç farklı katkı maddesine oranla su emme yüzdesi yüksektir. Hatta kullanılan katkı miktarı artıkça su emme miktarında buna bağlı olarak arttığı tespit edilmiştir. % 20 katkılı tuğla örneğinde (M10) en yüksek su emme değerine (% 51,33) sahiptir. Su emme miktarı arttıkça üretilen tuğlanın dayanımı azalır. Bu nedenle, MDF talaş tozu katkılı tuğla örneklerinin su emme miktarlarının yüksek olmasından dolayı tuğla üretimi için elverişli olmadığı sonucuna varılmıştır. Fakat endüstriyel atıkların

değerlendirilmesi kapsamında, MDF talaş tozlarının katkı maddesi olarak % 1' den az oranında kullanılması ile tuğla üretimi yapılabileceği düşünülmektedir. Böylece MDF talaş tozlarının yakılması sonucu atmosfere atılan kirleticilerin miktarları azaltılmış olur.

- Tuğla hammaddesi içerisine kömür ilave edilmesi sonucunda pişirmede kullanılan kömür miktarının azalması beklenilmiş fakat hem pişirme de hem de karışım içerisine kömür ilavesi tuğla üretim maliyetinin artmasına neden olmuştur. Kömür içerisine konulan kömür miktarının, pişirme sırasında azaltılması gerekir. Fakat Hoffman tipi fırınlarda, fırın pişme rejimini sağlamak için kömür miktarının azaltılması uygun olmamaktadır. Bununla birlikte, doğal olarak kil içinde kömür bulunduğu takdirde kömürün katkı maddesi olarak tuğla üretiminde kullanılması ile üretim maliyeti açısından elverişli olduğu ve gözenekli tuğla üretileceği için kömür ilavesinin uygun olacağı kanaatine varılmıştır.

Sonuç olarak, tez kapsamında kullanılan dört farklı katkı maddesinden; Aydın Linyit Spiral toz ve Pudra kömür tozlarının % 6 ve % 8 oranlarında tuğla içerisine katılması ile MDF talaş tozu katkılı tuğla örneklerinin su emme miktarlarının yüksek olmasından dolayı tuğla üretimi için elverişli katkı malzemesi olmadığına fakat % 1 den az oranında kullanılması ile Aydın Linyit Spiral toz kömürü, Aydın Linyit Pudra kömürü ve MDF talaş tozunun hafif Turgutlu tuğla üretimi için uygun katkı malzemeleri olduğuna; Kısırak Dere kömürünün; Kısırak Dere kömür birim fiyatının yüksek olması, tuğla üretim maliyetini artırması ve Kısırak Dere kömürünün, pişirmede de kullanılması nedeniyle hafif Turgutlu tuğla üretimi için uygun katkı maddesi olmadığı sonucuna varılmıştır.

KAYNAKLAR

Anonymous, (1983). Coal Information Report, OECD/IEA, Paris.

Bentli, İ., Uyanık, A. O., Demir, U., Şahbaz, O. ve Çelik, M. S. (2005). Seyitömer Termik Santrali Uçucu Küllerinin Tuğla Katkı Hammaddesi Olarak Kullanımı. 19. Uluslararası Madencilik Kongresi ve Fuarı, İzmir, 385-389.

Çinçin, Y. (2015). Linyit Yakan Termik Santral Uçucu Küllerinden Kireç Katkısı İle Hafif Tuğla Üretiminin Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Maden Mühendisliği Anabilim Dalı, İzmir, 88.

Çit, İ. (2007). Polimerlerin kömür pirolizine etkisinin incelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya Anabilim Dalı, Ankara, 120.

Çolak, M. (1999). Etibank Kırka Boraks İşletmesi atıklarının Turgutlu killeri ile tuğla-kiremit denemesi. *Tuğla ve Kiremit Endüstrisi Dergisi*, 2,7, 10 – 16.

Çolak, M. (2004). Firing transformations of Turgutlu (Manisa-Turkey) brick-tile raw material used in the manufacturing of ceramic bodies. *Industrial Ceramics*, 24 (24/1): 15-19.

Demir, İ., Başpınar, M. S ve Orhan, M. (2005). Utilization of kraft pulp production residues in clay brick production. *Building and Environment*, 40: 1533-1537.

Ediz, N., Özdağ, H. (1994). Kırka Boraks İşletmesi Artık Killerinin Tuğla Yapımında Kullanılabilirliğinin Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Osmangazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Maden Mühendisliği Anabilim Dalı, Eskişehir, 92.

G, Görçiz. (2000). Ülkemizde Tuğla ve Kiremit Endüstrisi. TUKDER yayınları, Sayı : 9, Manisa, 32.

Hayta, B. (2010). Linyit -Bitümlü Şist Karışımlarının Pirolizi. Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya Anabilim Dalı, Ankara, 87.

Karayığit, A.İ. ve Köksoy, M. (1997). Kömürün oluşumu ve sınıflandırılması. O. Kural, (Ed.), Kömür: Özellikleri, Teknolojisi ve Çevre İlişkileri. 4. Bölüm, 59-70.

Karayığit, A.İ. (1997). Kömür Petrografisi. O. Kural, (Ed.), Kömür: Özellikleri, Teknolojisi ve Çevre İlişkileri. 5. Bölüm, 71-85.

Kibar, H. (2009). Cam Atık Katkılı Tuğla Üretiminin Araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yapı Eğitimi Ana Bilim Dalı, Afyon, 43.

Köseoğlu, K., Bayça, U. S ve Çiçek, T. (2008). Tuğla Atığının Tuğla Üretiminde Değerlendirilmesi”, CBÜ Soma Meslek Yüksekokulu, *Teknik Bilimler Dergisi*, 1 (9).

Kural, O. (1988). Linyit ve kullanım alanları, Kurşit Matbaası, 975.

Kızgut, S., Çuhadaroğlu, D. & Çolak, K. 17. Uluslararası Madencilik Kongresive Sergisi-TUMAKS 2001, © 2001, ISBN 975-395- Karaelmas Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Maden Mühendisliği Bölümü, Zonguldak, Türkiye, 416-6.

Liew, A. G., İdriz, A., Wong, C. H. K., Samad, A. A., Noor, M.J. M. M., and Baki, A. M. (2004). Incorporating of sewage sludge in clay brick and its characterization. *Waste Management and Research*, 22 (4): 226-233.

Mervit, Roy D. (1986). Coal Exploration, Mine Planning and Development 1st Edition, 478.

Örüng, I., Okuroğlu, M., Yaganoğlu, A.V. ve Şahin, S. (1997). Erzurum'da Üretilen Harman Tuğlasının Fiziksel ve Mekanik Özellikleri Üzerine Bir Araştırma. Atatürk Üniversitesi. Ziraat Fakültesi. Dergisi, 28(4), 576-583, Erzurum.

Öz, A. (2006). Doğal Zeolit ve Yüksek Fırın Cürufu Katkılı Kendiliğinden Yerleşen Betonların Termo-Mekanik Özellikleri. Yüksek Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Erzurum, 102.

Öztürk, A, Ç. (2001). Tuğla Üretiminde Termik Santral Atığı Puzolanik Uçucu Küllerin Değerlendirilmesi Üzerine Bir Araştırma. Doktora Tezi, Mimar Sinan Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Edirne, 107.

Pişkin, S. (1988). " Kömür Kimyası ve Teknolojisi", O, Kural, (Ed.)." Kömürün Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri", Bölüm 3, 59-86,

Schapiro, J., and Gray, S. (1970). Vitritine content and coke strength, Volume 50, Issue 1, 44-50.

Schmidt, H. (1981). Chemical and physizcal reactions in heavy clay bodies during firing. Die Ziegel Industrie, I, 387-397.

Sürül, O., (2015). Yüksek fırın cürufu ve uçucu külün tuğla üretiminde katkı olarak kullanılmasının araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Bülent Ecevit Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Zonguldak, 2-28.

Şahin, Ş. E. (2008). Ham ve Kalsine Kolemanit Atıklarının Tuğla Yapımında Kullanım Olanaklarının Araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Dumlupınar

Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Seramik Mühendisliği Anabilim Dalı, Kütahya, 91.

Tekeş, A. T. (2007). Katı yakıtların şişme özelliklerinin incelenmesi ve sıvılaştırılması. Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya Anabilim Dalı, Ankara, 126.

Toton, C. (1973). Bazı bölgelerimize ait killerin fiziksel ve kimyasal incelemelerine katkı. Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen bilimleri Enstitüsü, Jeoloji mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul, 31-35.

Toros, H. (1987). Afşin Elbistan Termik Santrali Uçucu Küllerinin Yapı Malzemesi olarak Kullanılması. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 117.

Tsai, S. C. (1982). Fundamentals of Coal Beneficiation and Utilization, Elsevier, New York.

TS 4790. (1986). Tuğla ve Kiremit Topraklarının Deney Metodu. TSE, Ankara.

Yanık, G. (2005). Turgutlu (Manisa) Neojen Oluşuklarının Tuğla Kiremit Hammaddesi Yönünden Mineralojik Petrografik ve Jeokimyasal İncelenmesi. Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul, 285.

Yüksel, A. N. ve Şişman, C. B. (2003). Tarımsal İnşaat. Trakya Üniversitesi, Tekirdağ Ziraat Fakültesi Genel Yayın No:278, Ders Kitabı 36, Tekirdağ.

Zal, B. (2010). Zeolit, tras ve uçucu kül ile tuğla üretimi ve standard tuğla ile karşılaştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Maden Mühendisliği Anabilim Dalı, Adana, 99.

EK

KISALTMALAR

hkb	havada kuru bazda
kb	kuru bazda
kkb	kuru-külsüz bazda
UK	uçucu kül
YFC	yüksek fırın cürufu
g	gram
N	azot
H	hidrojen
O	oksijen
XRD	X ışınları kırınımı
VM	uçucu madde
TR	Turgutlu kili
ALS	Aydın Linyit Spiral
ALP	Aydın Linyit Pudra
KS	Kısırak Dere
MF	MDF talaş tozu
TSE	Türk Standartları Enstitüsü
H.M	hammadde
H.Ş	hazırlama ve şekillendirme
S.K	sunı kurutma
T.F	tünel fırın
D.K	doğal kurutma

H.F	Hoffmann firin
M.M	mamul madde

