Yapı Tuğlalarında Renk Oluşumu

Sedat KARAMAN
Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, Tokat

ÖZET: Renk ticari açıdan seramik bünyelerin sahip olduğu en önemli özelliklerden biridir. Tuğla ürünlerinde pişme sonrası oluşan renk, ürün kalitesinin artırılması ve estetik görünüm açısından önemlidir. Dayanım açısından standartlara uygun olduğu halde rengi açık olan tuğla ürünlerinin ticari değeri az olmaktadır. Tuğla-kiremit ve seramik endüstrisinde kırmızı rengin ve tonlarının görsel, psikolojik ve estetik etkileri olduğu bilinmekte olup, bu etkilerin pazarlama süresince bazen kalite kriterlerinin önüne geçtiği gözlemlenmektedir. Tuğla toprakları genellikle illit, montmorillonit, kaolinit, klorit, kuvars, kalker ve demir minerallerini içeren killerdir. 800-1200 ^{o}C arasında pişirildiklerinde, açık sarıdan koyu kahverengiye kadar çeşitli renkler alarak, bu ürünler için gerekli dayanıma sinterleşerek ulaşırlar.
Anahtar kelimeler: Tuğla, tuğla rengi.

Color Formation in Building Bricks

ABSTRACT: The color is one of the important quality indicators of the bricks affecting their marketing value. The color that forms after brick product fired is important in terms of quality and aesthetic. Marketing value of light colored bricks, even they meet strength standards, is low. The color is one of the most interesting aspects of the material, and is essentially a result of the reactions of the minerals present in a particular clay blend, when fired at high temperatures. It is known that red and red-associated colors have physiological visual an aesthetic effects on brick and ceramic industries. In marketing, color effect is sometimes considered more important than the quality parameters of bricks. In general, brick soils contains illit, montmorillonit, kaolinit, chlorite, quartz, calcite and iron minerals. When fired at the temperatures between 800 and 1200 ^{0}C, bricks may attain required strength by, having colors varying from light yellow to dark brown.
Keywords: Brick, brick color.

GİRİŞ

Tuğla; kum içeren killi toprakların su ile iyice karıştırılarak hamur haline getirildikten sonra kalıplanıp, özel fırınlarda pişirilmesiyle elde edilen yapı malzemesidir (Tekinel ve ark., 1989). Tuğla uygun toprakların bol olması, bu malzemenin ucuz ve kolay üretilmesine olanak vermesi nedeniyle kentlerde olduğu gibi kırsal alanlarda tarımsal yapılarda yaygın olarak kullanılmakta ve üretimi yapılmaktadır. Ülkemizde hayvan barınakları, tarımsal ürün depoları gibi yapılar genellikle tek katlı ve prefabrik yapı malzemeleri ile yapılmaktadır. Bunlar içerisinde önemli yeri bulunan tuğlalar, yaygın olarak kullanılan yapı malzemeleridir (Akman, 1990).

Tuğla toprakları düşük sıcaklıklarda eriyen, diğer seramik ürünlerin yapımında kullanılan killere göre daha az saf olan ve genellikle pişme rengi kırmızı olan killerdir. Geçmişten günümüze farklı alanlarda değişik amaçlar için kullanılan killerin kimyasal bileşimleri ve pişme koşulları, renk oluşumunu etkilemektedir (Somayaji, 1995; Anonymous, 1999; Özbek ve ark., 2001). Normal fırın atmosferinde killerin çoğunluğu pişme sonucu kırmızı renge ulaşır (Alamut, 2001). Son yıllarda tuğla üretim sektöründe tuğlalara parlaklık, dekoratif ve estetik bir görüntü kazandırmak ve mekanik dayanımları atmosfer koşullarına karşı artırabilmek için çeşitli araştırmalar yapılmaktadır.

RENK ve TUĞLALARDA RENGİN ÖNEMİ

Yapı fiziğinde fizik ortam "insanı çevreleyen ve etkileyen, yani insanın içinde yaşadığı etkin fizik ortam" anlamında kullanılmaktadır. Bunun fizikteki anlamından farkı, insana göre tanımlanması ve öğelerinin insan üzerinde etkin olmasıdır. Fizik ortamı oluşturan öğelerden biri de renktir. Renk kısaca, öznel olarak duyulanma öğesi, nesnel olarak da bu duyulanma öğesini doğuran ışık uyartılarıdır (Muradoğlu,1992).

Renk nesnenin kendine has bir özelliği olmayıp, bünyenin yüzeyinden yansıyarak göze ulaşan ışığın bir fonksiyonudur. Renk duyusu, yansıyan ışığın içindeki baskın dalga boyu ve karışan diğer dalga boylarının miktarı ile ilgilidir. Pişmiş seramik bünye yüzeyleri, üzerine düşen ışığın bir kısmını soğurur bir kısmını yansıtır. Nesne yüzeyi gelen beyaz ışığın tümünü yansıtıyorsa beyaz, tümünü soğuruyorsa siyah ve kısa dalga boylarını soğuruyorsa kırmızı ve portakal renginde görünür. Renk tonu (hue) yansıyan ışığın baskın dalga boyu, renk berraklığı (saturation) ise yansıyan ışığın baskın dalga boyunun yanında bulunan diğer dalga boylarındaki ışığın miktarı ile ilgilidir. Renk kalitesini belirleyen bu iki parametreye renk koordinatları denir. Bu iki parametreye ek olarak rengin belirlenmesinde üçüncüsü; yansıyan ışığın direk miktarıyla ilgili olan açıklık-koyuluk (lightness) olarak belirlenen parametredir (Aras, 2002).

Renk, yapıdaki işlevin, konstrüksiyonun ve estetiğin bir parçasıdır. Renk malzemeyi, malzemenin biçimini veya nesneyi işaret türünden sınıflandırır ya da sembolik olarak gösterebilir. Buradan da anlaşılacağı gibi rengin, yüzey değerleri ve malzemenin sağlamlık, kolay temizlenebilirlik, duyarlılık, güvenilirlik gibi

niteliklerini görsel olarak iletebilmesi açısından tasarımda önemli bir yeri vardır (Muradoğlu,1992).

Tuğla üretiminde renk çok önemlidir. Her ne kadar dayanım açısından standartlara uygun olursa olsun, rengi açık olan tuğlaların ticari değeri az olmaktadır. Tuğlalarda pişme sonrası oluşan renk, ürün kalitesinin artırılması ve estetik görünüm açısından önemlidir (Demir, 1996). Tuğla, kiremit ve seramik endüstrisinde kırmızı rengin ve tonlarının görsel, psikolojik ve estetik etkileri olduğu bilinmektedir. Bu etkilerin pazarlama süresince bazen kalite kriterlerinin önüne geçtiği gözlemlenmektedir. Cephe dekorasyon tuğlalarında ise renk estetiği daha ön plandadır (Eltez, 1997).

Renk ticari açıdan seramik bünyelerin sahip olduğu en önemli özelliklerden biri olduğundan, istenilen rengin elde edilmesinde rengi nicel olarak ölçmek önemlidir. Rengin ölçülerek belirlenmesinde, görsel kıyaslama ve aletsel ölçüm olmak üzere iki temel yöntem kullanılmaktadır (Aras, 2002).

TUĞLA TOPRAKLARI ve RENK ÖZELLİKLERİ

Tuğla toprakları genellikle illit, montmorillonit, kaolinit, klorit, kuvars, kalker ve demir minerallerini içeren killerdir. Killer 800-1200 ^{o}C arasında pişirildiklerinde açık sarıdan koyu kahverengiye kadar çeşitli renkler alarak, gerekli dayanıma sinterleşerek ulaşırlar. Kil ham maddesinin pişme sonrası rengi kiremidi, sertliği en az 3-5 Mohs, su emmesi % 15'in üzerine çıkmayan ve pişme sırasında çatlamayan türleri tuğla üretimi için uygundur (Anonim, 1986).

Tuğla üretiminde kullanılan killer alüminyum silikatlarla birlikte ($2SiO_2.Al_2O_3.H_2O$) kum, demir, magnezyum, sodyum, kalsiyum ve potasyum bileşikleri gibi yabancı maddeler de içermekte olup, buna göre çok çeşitli renk ve içerikte olurlar (Demir, 1996). Kilin renginden içerdiği maddeler hakkında kabaca bir fikir edinme olanağı vardır. Ancak bu renkler, killerin piştikten sonra alacağı renk hakkında bir fikir vermez (Tekinel ve ark.,1889). Killerin mavi, gri, yeşil ve siyah gibi farklı renklerde bulunması, çoğunlukla bünyelerindeki organik maddelerin cinsine ve miktarına bağlıdır (Pancar, 2001). Killer, metal oksitler ve organik maddelerle doğal olarak renklendirilmiş olarak bulunurlar. Kil saf olduğu zaman (kaolinit) rengi beyazdır. Bunun dışında killerin renkleri pişmeden önce kirli sarı, pembe, kırmızımsı, kestane rengi, mavimsi, yeşil, siyahımsı vb. renklerde olabilir. Kile kırmızı rengini veren hematit ve limonit gibi demir bileşikleridir. Kilde limonit bulunması durumunda rengi esmer, demir peroksit olması durumunda kırmızı, manganez bioksit veya lignit olması durumunda ise siyahtır. Pirit, glukoni veya stronsiyum tuzları varsa açık yeşil, organik maddeler içeriyorsa kilin menekşe renginde olduğu bilinmektedir (Toydemir, 1978; Yalçın, 2001). Ham maddede bulunabilen temel bir renk verici oksit olan titanyum ise, renksiz olmasına karşın demirin renklendirici etkisini artırmaktadır (Tanaçan, 1993). Toprakta TiO_2, Cr_2O_3 gibi oksitlerin varlığı, rengin sarı ve yeşilimsi olmasına; MgO, MnO ve organik atıkların olması ise kahverengi olmasına neden olur (Yıldırım, 1996). Boraks ise rengi açık tonlara çekmektedir (Demir, 1996).

TUĞLALARDA RENK OLUŞUMUNU ETKİLEYEN FAKTÖRLER

Tuğla üretimindeki son safha olan pişirme işlemi sırasında, kil mineralleri öncelikle tabakalar arasında tuttuğu suyun önemli bir kısmını kaybetmektedir. 300 ^{o}C dolayında karışım içerisinde bulunan organik maddeler tamamen yanar, 450-650 ^{o}C arasında ise kil minerallerine sıkıca bağlanmış olan su uzaklaşır. Sıcaklığın artması sonucu killerin kristal yapıları bozularak $2Al_2O_34SiO_2$ halinde sinterleşmesi ve demirli bileşiklerin hematite (Fe_2O_3) dönüşmesi sonucunda, tuğla adı verilen yeni bir malzeme oluşur. Kil hamurunun 850-900 ^{o}C arasında pişmesiyle oluşan bu yeni malzeme sert, şeklini değiştirmeyen, belirli dayanıma ve renge sahiptir (Akman,1990).

Pek çok kil için üniform renk gerekli bir özelliktir. Ürünün piştikten sonraki rengi oksidasyon ve demir minerallerinin tane boyutuna, fırınlanma sıcaklığına, fırın atmosferine, vitrifikasyon derecesine ve içerdiği demir, kalsiyum oksit (CaO) ve manganez oksit (MnO) vb. miktarlarına bağlı olarak değişir. Toprakta en önemli minerallerden birisi demir oksittir (Tanaçan, 1993; Murray, 1996; Yıldırım, 1996; Anonymous; 1999). Aynı ham materyal ve üretim yöntemleri için yüksek sıcaklıkta pişirme, rengin koyuluğu, düşük absorbsiyon ve artan basınç dayanımı ile ilişkilidir (Anonimous, 1999).

Killerin pişme sırasında sinterleşmesi arttıkça renk şiddeti de artar (Tolon, 1973; Müdüroğlu, 1999). Killerin piştikten sonra alacağı renk, sıcaklık arttıkça sarıdan kırmızıya kadar değişir (Tekinel ve ark.,1889). Aras (2002), sıcaklığın ve karışım oranlarının pişme rengini nasıl etkilediklerini belirlemek amacıyla yaptığı araştırmada, demir ve titan oranları % 1-2,5 arasında değişen kaolinitçe zengin iki westerwald kilinin karışımlarından preslenen bünyelerin 1000-1250 ^{o}C'da pişme renklerini ölçmüştür. Elde edilen sonuçlar, illit bakımından zengin kilde 950 ^{o}C'dan sonra kil yapısına bağlı demirin serbestleşmesiyle renk tonlarının arttığını ve maksimum renk tonunun 1000 ^{o}C'da oluştuğunu, kaolinitçe zengin kilde ise maksimum renk tonu ve renk berraklığının illit bakımından zengin kile oranla daha yüksek sıcaklıkta (1250 ^{o}C) oluştuğunu göstermiştir.

Killere pişme sırasında renk veren yabancı maddelerin başında hematit (Fe_2O_3), limonit gibi demir bileşikleri gelir (Demir, 1996). Killerde genellikle oksitler yaygın olarak bulunur. Renk üzerine en büyük etkiye sahip olan demir, sülfat parçacıkları şeklinde bulunmakla birlikte çoğunlukla demir oksit ve hidratları şeklinde bulunup kilin kütlesine dağılmışlardır (Müftüoğlu, 1983; Anonimous, 1999). Demir oksitler tuğlalarda temel renklendirici etmendir. Tuğlalarda kırmızı veya kahverengi renkler genellikle okside edilmiş yanma koşulları altında demir mineralleri

nedeniyle oluşur (Kreimeyer, 1986). Tuğlaya kırmızı rengini veren demir sıcaklık karşısında oksitlenerek, oksitlenme derecesine göre tuğlaya çeşitli renk tonları verir (Tekinel ve ark., 1989; Anon., 1999). Bu renk 900-1250 ^{o}C arasında sarıdan koyu kırmızıya kadar değişebilir (Toydemir, 1978).

Ürünün kırmızı rengi, pişirme sırasında diğer minerallerin ayrışmasına uygun üretilen hematit oluştuğunda oluşur. Hematit fazının ürüne verdiği renk, pişirme sıcaklığına bağlıdır. Düşük sıcaklıklarda hematit bünyeye portakal rengi verir, ancak sıcaklık artışıyla birlikte canlı kırmızı bir renk alır. İndirgeyici fırın atmosferinde siyah renk veren manyetit (Fe_3O_4) ve vüstit (FeO) oluşur (Pancar, 2001). Oksitlenmiş demir oksitin rengi siyahtır ve aliminasilikat bünyelerde eritici etki yapar. Oksitlenmiş haliyle Fe_2O_3'e dönüşür ve tuğlaya kırmızı rengini verir. Fe_2O_3 silikat ile birleşince pembe çekirdeklenmeye neden olur (Tanaçan, 1993).

Toprakta bulunan iki değerli demir bileşikleri 900-1000 ^{o}C'da pişirilince, 3 değerli demir bileşikleri haline yükseltgenerek kırmızı (kiremidi) bir renk alırlar (Müftüoğlu, 1983). Kilde üç değerli demir bileşiği varsa miktarına göre sarı, kırmızı veya koyu kırmızı renk verir. İki değerlikli demir bileşikleri gri, koyu gri ve siyah renk verir. Fırın atmosferinin oksidan ve redüktan oluşuna göre de pişme renkleri değişebilir. Örneğin demir bileşiklerinden ileri gelen renklilik oksidan pişme atmosferinde koyu sarı ise, redüktan atmosferde beyaza yakın açık bir renkte pişer. Diğer yandan mangan ve titan bileşiklerinin varlığı, demir renklendirmesini daha da artırır (Yıldırım, 1996).

Tuğlanın renginin kırmızı olabilmesi için, topraktaki en önemli minerallerden birisi olan demir oksit oranının % 5'in üzerinde olması gerekir (Yıldırım, 1996). Genelde bünyesinde en az % 4-8 demir oksit ve demir hidroksit içerikli yapılar, CaO ve MgO içeriği yokluğunda ısıl işlem sonucu (yaklaşık 900 ^{o}C) hematitin kararlı hale geçmesi ile yoğun kırmızı rengine sahiptir (Özbek ve ark., 2001; Pancar; 2001). Fe_2O_3 oranı ince seramik killerde % 1'in, diğer killerde % 3'ün altında olmamalıdır. Aksi halde killerin pişme rengi ve ateşe dayanıklılığı bundan zarar görebilir (Köktürk, 1993). Diğer yandan Fe_2O_3'ün fazla, Al_2O_3 oranının düşük ve $CaCO_3$ içeren killer çok kırmızı hatta siyaha yakın pişmekte ve çok düşük sıcaklıklarda eriyebilmektedir (Müdüroğlu, 1999).

Tuğla topraklarında demir bileşiklerinin renk yanında sertlik ve su emme yüzdesine etkisi büyüktür. Demir oksitler pişme sonucunda sertliğin daha fazla olmasını sağlarlar, su emmesini düşürürler (Müftüoğlu, 1983). Özellikle bileşimde bulunan Fe_2O_3 ve CaO ürünün renk, küçülme, su emme miktarı, yoğunluk ve dona dayanım üzerinde etkili olmaktadır (Özbek ve ark., 2001). Fazla demir, demir sülfat ve karbonlar pişme sırasında çatlama, kopma ve tuğla yüzeyinde çiçeklenme (lekeler) yapar. Bu nedenle demir oksit ve hidratların % 8-10 arasında olması tercih edilir (Köktürk,1993).

Killerin doğal renkleri pişme sırasında tamamen değişir. Örneğin kahverengi, gri hatta siyah renkli bir kil piştikten sonra beyaz olabilir. Çünkü bu koyuluk içerdiği kömür ve organik maddelerden ileri gelir. Killere pişme sırasında renk veren etmen, içerdikleri yabancı maddelerdir. Pişme sırasında organik maddeler 400 ^{0}C'dan önce tamamen yanar ve geriye siyah karbon birikintileri bırakır. Organik malzemenin olabildiği kadar az bulunması, hem tuğlanın görünümü ve hem de dayanımı yönünden yararlıdır (Müftüoğlu, 1983).

Pişme sırasında kildeki organik maddeler oksitlenerek, gaz halde bünyeden uzaklaşırlar. Oksitlenmenin hangi sıcaklıkta gerçekleşeceği organik maddelerin cinsine bağlı olup, 200-1000 ^{o}C arasında değişir. Eğer bir bünyede mevcut organikler pişirimin erken kademelerinde uzaklaştırılamaz ise porlar camsı faz ile kapanabilir. Bu durumda geriye kirlilik kalır. Bu nedenle organik esaslı kirliliklerin olanaklar ölçüsünde az bulunması, hem görünümü hem de fiziksel özellikleri açısından gereklidir. Kilde organik malzemelerin fazla olması, siyah göbeklenme (black core) sorununa neden olur. Düşük miktardaki organik maddeler plastiklik özelliği etkiler (Pancar, 2001).

Kalker ve diğer kalsiyum bileşikleri her türlü zeminde çok bulunan malzemelerdendir. Öğütülmüş ve kilin bünyesine iyice karışmış kalsiyum oksit (CaO), genellikle çok zararlı değildir. Ancak fazla miktarlarda olması pişmiş malzemeye sarıya çalan bir renk verir ve pişme sırasında tuğlalarda şekil bozuklukları oluşturur (Müftüoğlu, 1983). Tuğla yapımında kullanılacak killerde kalker, dolomit, jips ve tuz bulunmamalıdır.

Kalsiyum karbonat ($CaCO_3$) bileşeni fırınlarda pişmeyi güçleştireceğinden, % 25'ten fazla olmamalıdır. Sinterleşmeyi sağlamak için ısı yüklendiğinde (900 ^{o}C'un üzerinde), tuğlada aranan renk kaybolur. Oksitleyici fırın atmosferinde pişirildiğinde pişme rengi tekrar kiremidi olur. Fazla kireçli topraklarla yapılan tuğlalarda porozite ve su emme özelliği artar, dona dayanım ise azalır. Tuğla topraklarında pişme sonrası emeceği su ile tuğlada patlama, çatlama ve dökülme yapacağından, iri taneli kalker ve dolomit bulunmamalıdır. Fazla kalker içeren ham maddenin pişme rengi 900 ^{o}C'un üzerinde sarıya döner (Demir, 1996). Fazla ve serbest olarak bulunan $CaCO_3$ 700-800 ^{0}C'da CaO, nemli ortamda ise $Ca(OH)_2$ şekline dönüşerek hacmini genişletmekte ve çatlamalara neden olarak 900 ^{0}C'un üzerinde kiremidi rengi açık kiremide çevirmektedir (Dökmen, 1989). $CaCO_3$ renkli pişen toprak ürünler üzerinde yalnız fiziksel özellikler yönünden değil, pişmiş ürünün rengi üzerine de etkilidir. Yaklaşık % 7 CaO içerikli bünyelerin pişirilmesi sonucu soluk sarı, sarı ve kahverengi tonları elde edilmektedir. Ayrıca yüksek karbonat içeriği, kırmızı pişen bünyelerin renkleri üzerinde ağartma veya parlatma etkisine sahiptir (Özbek ve ark., 2001). Diğer yandan bu renk değişim prosesi henüz tam olarak açıklanamamıştır (Pancar, 2001). Özbek ve ark.(2001) tarafından yapılan araştırmaya göre CaO miktarının artması kırmızı rengin açılmasına neden olmuş, 1050

^{0}C'da pişirilen örneklerin 1100 ^{0}C'da pişirilenlere oranla daha açık kırmızı renge sahip oldukları belirlenmiştir. Toprakta kireç miktarının fazla olması toprağın erime ve sinterleşme derecelerini birbirine yaklaştırdığından, fırınlarda pişirme tekniğini güçleştirir. Ayrıca sağlamlaşmayı ve sinterleşmeyi artırmak için pişme ısısı artırıldığında, kalsiyum karbonatın etkisi ile kiremidi renk kaybolur (Müftüoğlu, 1983).

TUĞLALARIN RENKLENDİRİLMESİ

Renk, seramik bünyeler ve sırlar için en önemli özelliklerinden biridir. Renklendirici malzemelerin geçmişten bu yana farklı şekillerde düşük veya yüksek sıcaklıklarda pişirilen bünyelere ilave edilerek istenilen renklerin oluştuğu görülmektedir. Tuğla üretiminde geleneksel kırmızı rengin dışında, ürünlerde farklı ve ticari anlamda kabul edilebilir renk tonlarının oluşturulması üzerine yapılan çalışmalarla, doğada çok bulunan ve ucuz olan metal oksitler yardımıyla çeşitli kırmızı renk tonları elde edilebilmektedir (Çakı ve ark., 2002).

Tuğla üreticileri fırın atmosfer koşullarını değiştirmek yolu ile tuğla rengini etkileyebilmektedirler. Tuğla rengi, yakıt-hava oranı ayarlanarak veya tuğla içinde maksimum sıcaklığa kadar bir miktar karbon kalması sağlanarak değiştirilebilir (Alamut, 2001). Siyah pişme rengine sahip magnetit (Fe_3O_4) ve vüstit (FeO), redükleyici fırın atmosferi altında hematitin yerine kullanılabilirler. Tekrar oksidasyonla koyu renge sahip olan magnetit ve vüstit, fırın atmosferinin hızlı değiştirilmesi ile düzensiz kırmızı tonlar elde edilebilmektedir (Özbek ve ark., 2001).

Sırlı tuğla, kil, killi şist, şamot ve gerektiğinde tuğla ve kiremit tozu karışımlarından yapılan, alınları ve yanakları seramik sırrı ile sırlanmış tuğlalardır (Özbek ve ark, 2001). Tuğla ve kiremitlerin orijinal renklerinin uygun sırlarla kaplanması, ülkemiz üretim sektörü açısından yeni bir gelişmedir. Sırlı tuğla ve kiremitler Avrupa, Japonya, Çin ve Amerika Birleşik Devletleri'nde kullanılmaktadır. Renkli sırlarla kaplanacak olan tuğlaların dekoratif görünüme sahip olabilecekleri, mekanik ve kimyasal dayanımlarının artacağı açıktır (Yalçın, 2001). Modern seramik ürünlerdeki geniş renk paleti özellikle sırlar, orijinal ham maddelerin özel tekniklerle işlenmesi ile elde edilen kimyasallarla yapılmaktadır. İnorganik karakterde olan pigment sağlayıcı kimyasallar, çoğunlukla çeşitli maddelerin saf oksitleri, hatta bazen çeşitli çözünürlükteki tuzlar, nadiren kükürtler veya saf elementlerden oluşmaktadır. Bunların dışında spinel sistemi olarak anılan bir takım süreçlerle renklendirici (stain) adı verilen boya maddeleri de elde edilebilmektedir (Demir, 1996). Mangan bileşikleri en güçlü renklendirici bileşiklerdendir. Seramik bünyelerde ve sırlarda mattan parlağa, kahverengi siyah ve mordan pembeye değişen renkler oluşturur (Çakı ve ark., 2002). Pişmiş toprak malzemeyi su geçirimsiz bir hale getirmek ve dekoratif bir görünüm kazandırmak amacı ile çeşitli metal oksitler kullanılmaktadır. Örneğin, beyaz renk (SnO, ZrO, TiO_2), sarı renk (CrO_2, CuO), mavi renk (CoO, CuO), yeşil renk (CuO, CrO), kırmızı renk (CrO, CuO, SeO), kahverengi (Fe_2O_3, MnO_2), siyah renk (metal oksitler karışımı)'dir. Ancak aynı metal oksit ile çeşitli ısı derecelerinde farklı renkler elde etmek olasıdır (Muradoğlu, 1992).

KAYNAKLAR

Akman, M.,1990. Yapı Malzemeleri. İstanbul Teknik Üniv. İnşaat Fak. Matbaası, Sayı 1408, İstanbul, 162s.

Alamut, H.Ö., 2001. Tuğla ve Duvarlarda Kalite ve Standardizasyon. Trakya Üniv. Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Tekirdağ, 201s.

Anonim,1986. Tuğla ve Kiremit Topraklarının Deney Metodu, TS 4790. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 14s.

Anonymous, 1999. Mason's Masonry Supply Ltd http://www.masonsmasonry.com/ned2know.htm.

Aras, A., 2002. Pişme Renginin Oluşumu ve Ölçümü. II. Uluslararası Eskişehir Pişmiş Toprak Sempozyumu, Bildirileri Kitabı (17-30 Haziran 2002), Eskişehir Tepebaşı Belediyesi yayını, Eskişehir, 19-38.

Çakı, M., Özbek, K. ve Ay, N., 2002. Pişmiş Toprağın Mangan ile Renklendirilmesi. II. Uluslararası Pişmiş Toprak Sempozyumu, Eskişehir, 329-326.

Demir, İ., 1996. Afyon Çobanlar Mevkii Killerinin Tuğla Yapımına Uygunluğunun Araştırılması. Gazi Üniv. Fen Bilimleri Enstitüsü, Yapı Eğitimi ABD, Yüksek Lisans Tezi, Ankara, 36s.

Dökmen, L., 1989. Salihli ve Turgutlu'dan Alınan Tuğla Kiremit Ham Maddelerine Uygulanan Analizler ve Sonuçları. Dokuz Eylül Üniv. Yay., İzmir, 4-21,

Eltez, A., 1997. Kırmızı Renk, Tuğla ve Sır. Tuğla ve Kiremit Endüstrisi Derg., Yıl 1, Sayı 4. İzmir, 49-53.

Kreimeyer, R., 1986. Some Notes On The Firing Colour of Clay Bricks. Applied of Clay Sciency. 2, 175-183

Köktürk, U., 1993. Endüstriyel Ham Maddeler. Dokuz Eylül Üniv. Yay., No.205, İzmir, 205-256.

Muradoğlu, M., 1992. Yapı Fiziği Açısından Renk Olgusunun Konut İç ve Dış mekanlarında Malzeme Seçimine Etkisi. Mimar Sinan Üniv. Fen Bilimleri Enstitüsü Mimarlık Fak. Yapı Fiziği ABD, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, 69s.

Murray, H.H., 1996. Common Clay. Industrial Minerals and Rocks, 6.Edition. (Senior editor carr,D.D), 247-248,

Müdüroğlu, M.,1999. Tuğla Yapımında Kullanılan Kil Ham Maddelerin Özelliklerinin İncelenmesi İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, 101s.

Müftüoğlu, M., 1983. Tuğla ve Kiremit Üretiminde Girdiler (Ham Maddeler). Standart Ekonomik Teknik Dergisi (Özel sayı) (35), Ankara, 22.

Özbek, K., Çakı, M ve Ay, N., 2001. Pişmiş Toprak Bünyelerde CaO ve Fe_2O_3 'in Etkileri. I.Uluslararası Pişmiş Toprak Sempozyumu. Eskişehir, 145-151.

Pancar, Y., 2001, Tuğla-Kiremit Endüstrisinde Pişmiş Atıkların Yeniden Değerlendirilebilirliğinin Araştırılması. Anadolu Üniv. Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Eskişehir 105s.

Somayaji, S., 1995. Civil Engineering Materials. Prentice-Hall,Inc., New Jersey, 351p.

Tanaçan,L., 1993. Hafif Duvar Tuğlası Üretiminde Perlit ve Bazı Katkıların Etkilerinin Araştırılması İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, İstanbul, 166 s.

Tekinel, O., Çevik, B. ve Tekinsoy, M. A.,1989. İnşaat Malzeme Bilgisi. Çukurova Üniv. Ziraat Fak. Ders Kitabı, No:103, Adana, 134s.

Tolon, C., 1973. Bazı Bölgelerimize Ait Killerin Fiziksel ve Kimyasal İncelemelerine Katkı, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, İstanbul, 124s.

Toydemir, N., 1978. Pişmiş Toprak Yapı Malzemesinin Rasyonel Üretim Olanaklarının Araştırılması İTÜ. Mimarlık Fak. Matbaası, İTÜ Matbaası, Doçentlik Tezi, İstanbul, 146s.

Yalçın, N. 2001. Kırmızı Pişen Seramik Ürünler Üzerine Boksit Atığından Üretilen Sırların Uygulanması. I.Uluslararası Pişmiş Toprak Sempozyumu, Eskişehir, 126.

Yıldırım, M., 1996. Toprak Sanayinde Ham Madde Sorunları, Üretimde ve Üretim Sonrası Kalite Kontrolleri. Tuğla ve Kiremit Endüstrisi Derg., Yıl 1, Sayı 2, İzmir, 20-27.