

**ÇİMENTO SANAYİ ATIKSU ARITMA ÇAMURUNUN TUĞLA
ÜRETİMİNDE KULLANIMININ ARAŞTIRILMASI**

Investigation of the Use of Sludge from Cement Industry for Brick Manufacture

Oktay BAYAT (*)
Bélgın BAYAT. (**)

Anahtar Sözcükler: Çimento, Tuğla, Atıksu, Atıksu Arıtma Çamuru, Atık Değerlendirme.

ÖZET

Adana Çimento Sanayi atıksu arıtma çamuru beş farklı oranda tuğla kiline katılarak tuğla fabrikasında beş gün boyunca 850-900 °C'de pişirilmiştir. Elde edilen tuğla örneklerinin fiziksel özellikleri belirlenmiştir. Tuğla örneklerinin TS 705'e göre toplam küçülme, su emme, kızdırma kaybı, birim ağırlık ve basma dayanımları tespit edilmiş ve sonuçlar referans tuğla örnekleri ile mukayese edilmiştir. Atıksu arıtma çamurunun tuğla içinde maksimum ağırlıkça %20 oranına kadar kullanılması halinde üretilen tuğlaların TS 705'de belirtilen fabrika tuğlası standardına uygun olduğu belirlenmiştir.

ABSTRACT

Five different levels of sludge from Adana Cement Industry was added to brick making clay and fired at the furnaces of brick plant for five days at the temperatures ranged from 850 °C to 900 °C. Physical properties of the produced bricks were determined. The bricks were tested for total weight change and shrinkage, cold water absorption, density after firing and compressive strength according to TS 705 and the results were assessed in comparison with reference bricks. The use of sludge in brick up to 20% by weight meets with the TS 705 standard specifications.

(*) Yrd. Doç. Dr., Çukurova Üniversitesi, Maden Müh. Böl., Balcalı, 01330 Adana
(**) Yrd. Doç. Dr., Çukurova Üniversitesi, Çevre Müh. Böl., Balcalı, 01330 Adana

1. GİRİŞ

Nüfusun artması ve teknolojinin gelişimi ile birlikte evsel ve endüstriyel atıksu miktarları da artmıştır. Gelecekteki içme ve kullanma suyu ihtiyaçlarının karşılanması için bu atıksuların arıtılarak deşarj edilmesi, ve bu işlemler sonucu açığa çıkan çamurun uzaklaştırılması gerekmektedir. Atıksu arıtma çamurları çeşitli yöntemlerle bertaraf edilmekte olup en çok kullanılan yöntem evsel çöplerle birlikte düzenli depolama halinde gömülmesi veya arazide bertaraf edilmesidir. DİE'nün 1993 yılında yaptığı "İmalat Sanayii Atık Envanteri" anketine göre arıtma sistemi olan 501 işyerinden 336'sında 3664 ton arıtma çamuru olduğu tespit edilmiştir. Aynı çalışmada kamu kuruluşlarının açığa çıkan çamurun %48'ini araziye atarak, özel sektör kuruluşlarının ise açığa çıkan çamurun %69,93'ünü belediye çöplüğüne atarak bertaraf ettiği belirtilmektedir (Çevre Teknoloji Dergisi, 1993). Özellikle arazi açısından sıkıntıda bulunan tesislerde yaş çamurun uçucu kül ile karıştırılarak arazide doğal çökmeye bırakılması araştırılmış ve bazı avantajlara sahip olduğu belirlenmiştir (Maher ve ark., 1993). Ancak açığa çıkan çamur miktarının çok fazla olması bu yöntemlerin uygulanması için büyük arazi gerektirdiğinden yeni bertaraf yöntemleri araştırılmaktadır. Örneğin 100000 nüfuslu bir şehirde yılda yaklaşık 1900 ton katı çamur elde edilmektedir (Samsunlu, 1991). Dolay ısı ile atıksu arıtma tesislerinden açığa çıkan çamurun son yıllarda ziraat, çöp ile birlikte kompostlanması, inşaat sektöründe kullanılması veya yakılması gibi alanlarda değerlendirilmesine çalışılmaktadır. Yasuda (1991) tarafından belirtildiğine göre Japonya'da atıksu çamurunun değerlendirilmesine yönelik beş değişik teknolojik proses geliştirilmiştir. Bunlar; kompost yapımı, yakıt olarak kullanım, hafif agrega üretimi, ergimiş cüruf üretimi ve hafif peletlenmiş malzeme üretimidir. Ancak atıksu

arıtma çamurunun düşük organik madde içeriği, yüksek nem içeriği ve düşük kalorilik ısı değerine sahip olması çamurun direk olarak yakılmasını zorlaştırmaktadır.

Tay (1987b,c) ve Bhatti (1989) gibi araştırmacılar tarafından yapılan çalışmalarda ortaya çıktığı gibi atıksu çamurunun beton içinde kullanımının bir potansiyel oluşturmayacağı belirtilmektedir.

Tuğla, kaba seramik grubuna giren ve kökeni kil olan inorganik, yüksek sıcaklıkta işlem görmüş silikat ve metal oksitlerden oluşan bir yapı malzemesidir. Kil belirli bir üretim sürecini geçirdikten sonra sert ve deforme olmayan, bazı özel etkenler dışında dış etkiden kolayca etkilenmeyen bir malzeme haline gelir ancak bu niteliğin kazandırılması için kilin mutlaka bir pişirme sürecinden geçirilmesi gerekir. Tuğla kiline çeşitli katkı maddeleri katılarak ve değişik şekillendirme yöntemleri kullanılarak ve en sonunda uygun bir pişirme ile istenilen niteliklerde tuğla elde etmek mümkündür (Toydemir, 1976).

Atıksu arıtma çamurunun tuğla içinde kullanımı ilk defa Shaw (1889) tarafından denenmiş ve patenti alınmıştır. Daha sonra Alleman ve arkadaşları (1983) ve Alleman (1984) da benzer çalışmalarda bulunmuşlardır. Atıksu arıtma çamurunun yüksek organik madde içeriğinin pişirme esnasında yakıt tasarrufu sağladığı, metal içeriğinin de çamur ile tuğla seramiği arasında bir bağ oluşturduğu tespit edilmiştir (Alleman ve ark. 1983). Tay (1987a) atıksu çamurunun ağırlıkça maksimum %40 oranında tuğla içinde kullanılabileceğini belirtmektedir.

Adana Çimento Sanayi T.A.Ş. evsel atıksu arıtma çamurunun inşaat tuğlası (TS 705) üretiminde kullanımı deneysel olarak bu çalışmada araştırılmış ve sonuçlar referans (kontrol) tuğlaları ile karşılaştırılmalı olarak mukayese edilmiştir.

2. MALZEME VE YÖNTEM

Deneysel çalışmada kullanılan atıksu arıtma çamuru Adana Çimento Sanayi T.A.Ş. pis su arıtma tesisinden alınmıştır (Şekil 1). Bu malzemenin fiziksel özellikleri ve kimyasal bileşimi Çizelge 1'de verilmektedir.

Tuğla test örneklerinin hazırlanması ve pişirilmesi Alganlar (Adana) tuğla-kiremit fabrikasında yapılmıştır. Kil malzemesi ağırlıkça %5, %10, %20, %30 ve %40 oranlarında atıksu arıtma çamuru ile kuru olarak karıştırılmıştır. % 17-20 oranında su ilave edilmiş olan karışım 30 dk. yoğrulmuş ve vakum altında şekillendirilerek 38*145*27 mm boyutlarında tuğla örnekleri elde edilmiştir. Oda sıcaklığında yedi gün kurutulan tuğla örnekleri daha sonra fabrika fırınlarında 850-900 °C'de beş gün pişirilmiştir. Pişme öncesi ve sonrası tüm tuğla örnekleri tartılmış, üç boyut ölçüleri alınmıştır.

TS 705 (1985) de belirtilen testler, 10 adet tuğla örneğine uygulanmış ve ortalama değerler hata sınırları ile birlikte grafiksel olarak gösterilmiştir.

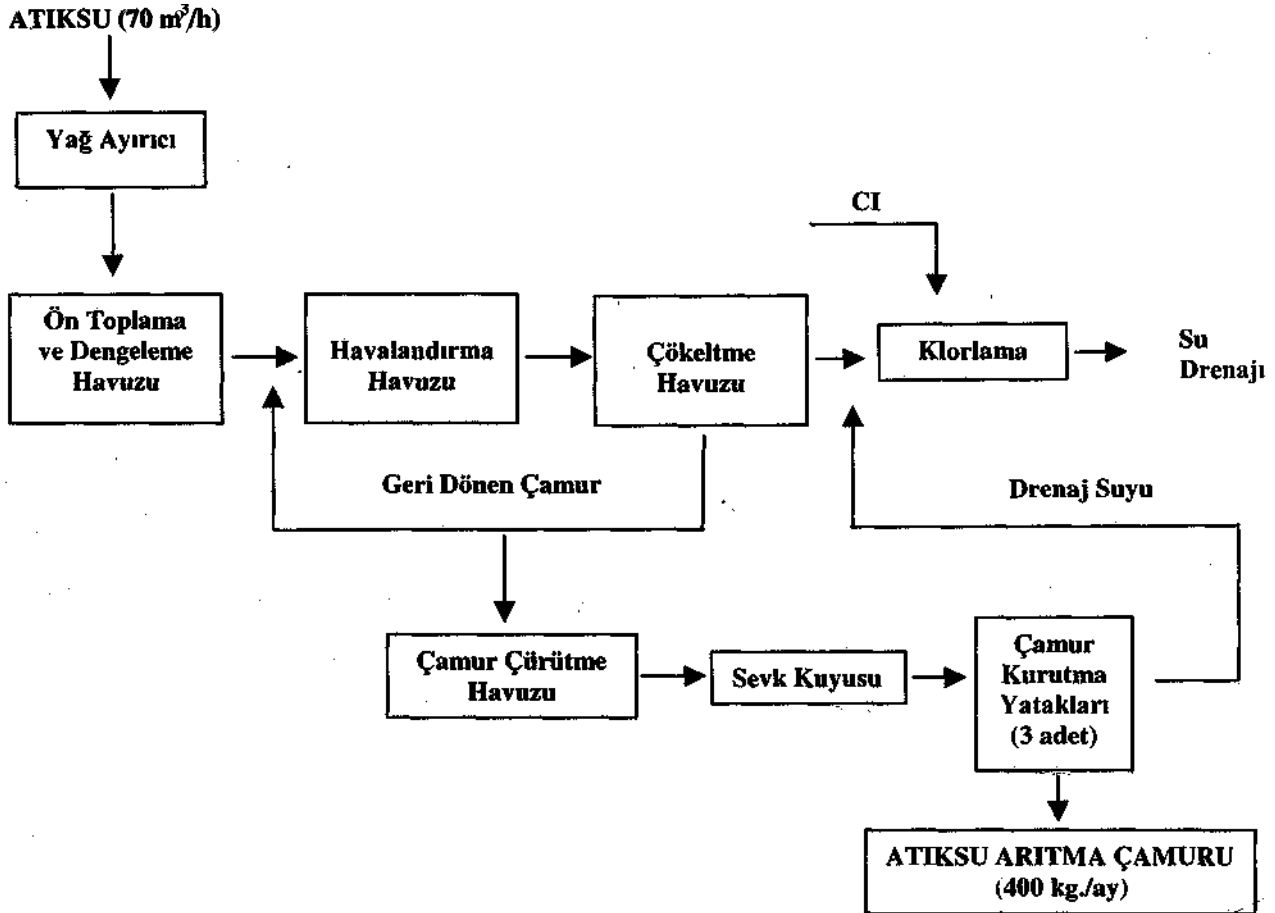
3. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

3.1. Pişme Rengi ve Pürüzlülük

Referans tuğlası ile katkı tuğlaların renk ve yüzeyleri pişme sonrası gözlenmiştir. Tuğlaların açık kahverengi renkte olduğu, tuğla hammaddesi içindeki katkı madde miktarının artışına paralel olarak (ağırlıkça %30'dan fazla) elde edilen tuğlaların yüzeylerinde az bir pürüzlülük olduğu gözlenmiştir.

3.2. Toplam Küçülme

Pişme öncesi ve sonrası tuğla örnekleri



Şekil 1. Adana Çimento Sanayi Atıksu Arıtma Tesisi akım şeması.

Çizelge 1. Adana Çimento Sanayi Atıksu Arıtma Çamurunun Fiziksel Özellikleri ve Kimyasal Bileşimi

Renk	Koyu Gri-Siyah
Kaba Yoğunluk	1,52 g/cm ³
Özgül Ağırlık	2,31 g/cm ³
Tane iriliği	%52,86'ı -45 şm
SiO ₂	%24,57
Al ₂ O ₃	%8,95
Fe ₂ O ₃	%5,26
K ₂ O	%0,50
Na ₂ O	%1,21
CaO	% 18,82
MgO	%2,82
MnO	%0,10
CuO	%0,06
Zn	%0,11
Cd	-
Pb	-
Cr	-
Ni	%0,05
Kızdırma Kaybı	%32,07
Uçucu Madde (kuru bazda)	%59,42
İsı Değeri (brüt)	2267 kcal/kg

üzerinde 100 mm'lik kontrol çizgileri basılarak bu çizgiler işlemler sonucunda tekrar ölçülmüş ve toplam küçülme değerleri tespit edilmiştir. Ortalama değerler Şekil 2'de verilmiştir. Kil içerisine ilave edilen atıksu arıtma çamuru miktarı artırıldıkça tuğlanın toplam küçülme değerleri de artmıştır. Referans tuğla değerleri (%3,3 toplam küçülme) ile mukayese edilirse yaklaşık 2,5 kat daha fazla toplam küçülme (%8-9 toplam küçülme) değeri elde edilmiştir. Ancak katkılı tuğlalar kendi içinde karşılaştırıldığında tuğla içindeki çamur oranı %5'den %40'a artırıldığında toplam küçülmede sadece %12,5'lik bir artış söz konusudur. Atıksu çamurunun içerdiği tuz bileşimi tuğla içinde flux reaksiyonları oluşturarak ergime sıcaklığını istenenden daha düşük olmasını sağlamakta ve daha sağlam kil/çamur bağlanmasını oluşturmaktadır. Böylece daha yüksek toplam küçülmenin oluştuğu belirtilmektedir (Norton, 1970).

3.3. Su Emme

Pişirme sonrası 105 °C'de etüvde sabit ağırlığa kadar kurutulduktan sonra oda sıcaklığındaki (23±2 °C) bir kap içinde önce 1/4'ü, 1 saat sonra 1/2'si, 2. saat sonunda 3/4'ü ve 24 saat sonunda ise tamamı su içine batırılan tuğla örnekleri 48 saat su içinde bekletilmiş ve bünyelerine aldıkları su miktarları tespit edilmiştir. Şekil 3'de görüldüğü gibi çamurun tuğla içindeki miktarının artışına paralel olarak tuğlaların su emme değerleri artmıştır. Katkılı tuğlaların referans tuğlalarına kıyasla daha fazla gözenekli yapıya sahip olmasının, su emme değerlerinin büyük olmasına neden olduğu söylenebilir. Ancak pişirme sıcaklığının 1120 °C'den daha fazla olması halinde çamur/kil karışımli tuğlaların su emme değerlerinin daha düşük sıcaklıklarda pişirilen tuğlalara kıyasla daha az olacağı Trauner (1993) tarafından belirtilmektedir.

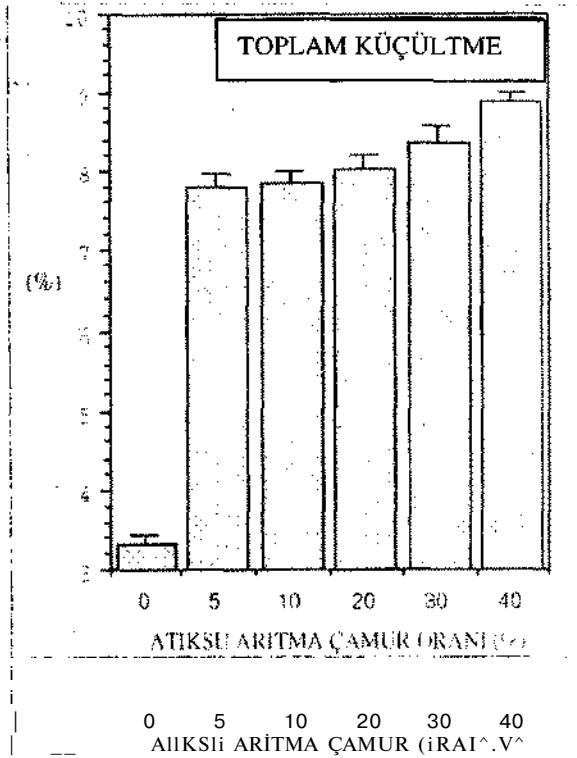
3.4. Kızdırma Kaybı Oranı

Çamur miktarı ile kızdırma kaybı oranı arasındaki ilişki Şekil 4'de verilmiştir. Referans tuğlalarının kızdırma kaybı ortalama %12,5 olurken tuğla içindeki artan çamur oranı örneklerin kızdırma kaybı değerlerini artırmıştır. Örneğin %5 çamur katkılı tuğla %15,65 kızdırma kaybı değerine sahip iken bu değer %40 çamur katkılı tuğla için %22,08 olmuştur.

Kızdırma kaybı olmasına, tuğla içindeki bileşenlerin içerdikleri kimyasal bağlı suyun uzaklaştırılması ve bileşenlerin buharlaşması neden olmaktadır. Kile nazaran yüksek uçucu madde miktarına sahip çamur katkılı tuğlalar pişirme esnasında yüksek ağırlık kaybına uğramaktadır.

3.5. Birim Hacim Ağırlık

Pişirme sonrası test edilen tuğla örnekleri 105 °C ısıdaki etüvde sabit ağırlığa kadar

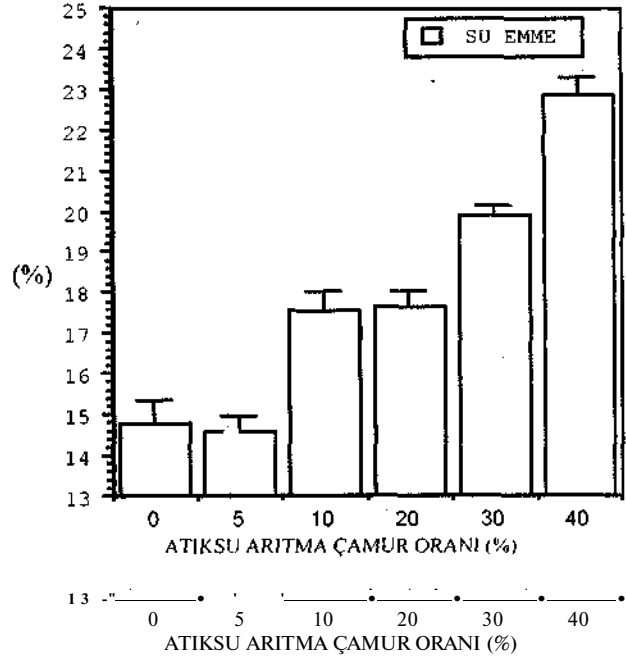


Şekil 2. Referans ve çamur katkıli tuğlaların toplam küçülme sonuçları.

kurutulduktan sonra her örneğin ağırlık değerleri geometrik yol ile bulunan dış hacme bölünerek birim hacim ağırlık değerleri elde edilmiştir (Şekil 5). Çamur katkıli tuğla örneklerinin birim hacim ağırlık değerleri referans tuğlalarına kıyasla 31-152 kg/m³ daha azdır. Ancak bu sonuçlar Şekil 2'de gösterildiği gibi toplam küçülme değerleri ile çelişmektedir. Çamur/kil karışimli tuğlaların referans tuğlalarına göre daha fazla gözenekli olmasının bu çelişkinin nedenini açıkladığı söylenebilir.

3.6. Basma Dayanımı

Her kontrol ve karışım oranı için 10 adet tuğla örneği yüzeyleri düzeltildikten sonra önce iki gün nemli bir ortamda ve sonra oda sıcaklığında (23±5 C) yedi gün bekletildikten sonra bu örneklerin basma dayanımları tespit edilmiştir. Presde yük saniyede 5-6 kg/cm² artırılarak tuğlalar kırılmış ve kırılma yükü tuğla örneğinin alanına bölünerek herbir örneğin basma dayanımı bulunmuştur (Şekil 6). TS 705'e göre fabrika tuğlalarının basma



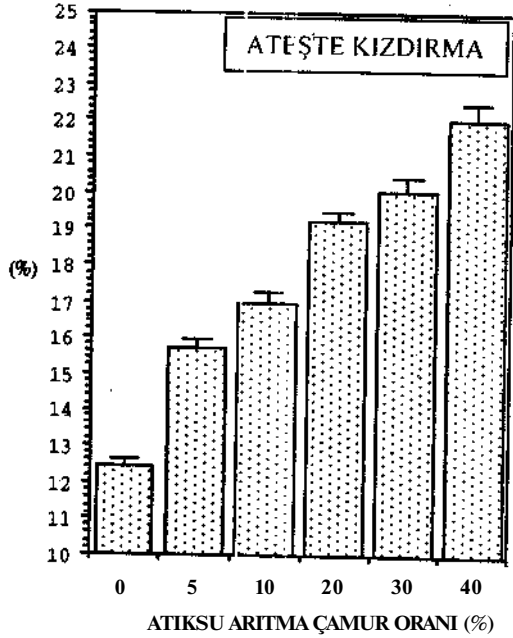
Şekil 3. Referans ve çamur katkıli tuğlaların su emme sonuçları.

dayanımları 65-160 kg/cm² arasındadır. Şekil 6'dan görüldüğü gibi %5 çamur katkıli tuğlalarda referans tuğlalarına kıyasla ortalama 22 kg/cm²'lik bir artış elde edilmiştir. Ancak tuğla içindeki çamur oranının bu değerden daha fazla olması durumunda ise tuğlaların basma dayanımlarında büyük bir düşüş gözlenmektedir. Öte yandan maksimum %20 çamur katkıli tuğlaların standartlarda istenen basma dayanımlarına uygun olduğu görülmektedir.

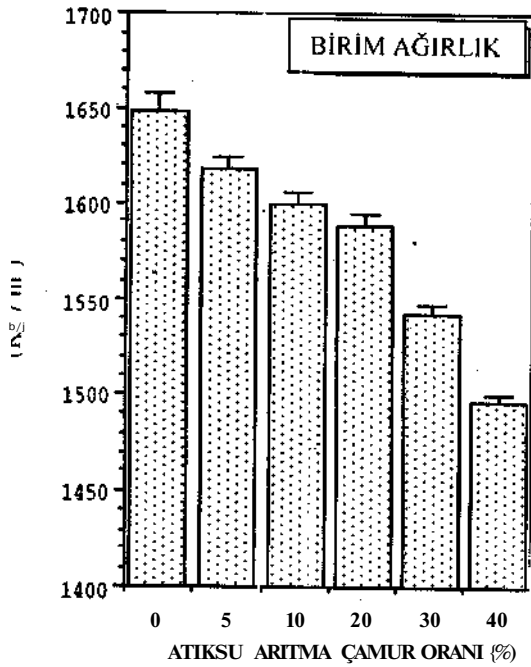
3.7. Zararlı Manyezi ve Kireç Deneyi Sonrası Basma Dayanımı

TS 705'e göre tuğla örnekleri 24 saat su içinde bekletildikten sonra kaynayan suda iki saat süre ile tutulmuş ve sudan çıkarılmadan oda sıcaklığında soğumaya bırakılmıştır. Soğuyan örneklerin yüzeyleri kontrol edilmiş ve kabarma, çatlama veya kopma gibi herhangi bir oluşumun olup olmadığı tespit edilmiştir. Katkıli örneklerde yukarıda belirtilen bozukluklara rastlanmamıştır. Daha sonra örneklerin basma dayanımları tespit edilmiş ve sonuçlar Şekil 7'de verilmiştir.

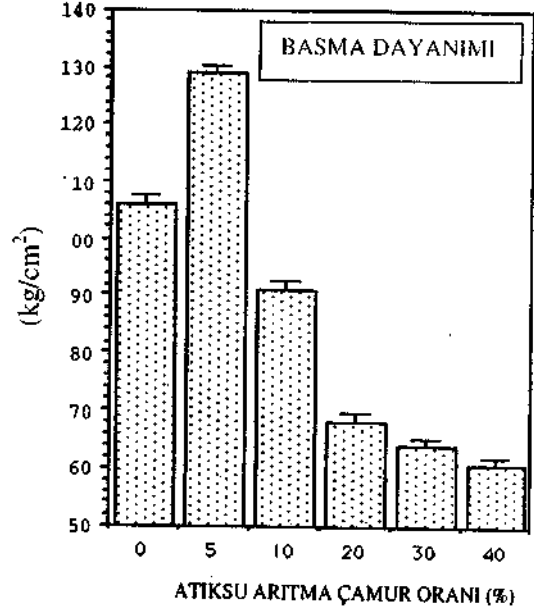
Çamur katkıli örneklerin zararlı manyezi ve kireç deneyi sonrası basma dayanımlarında referans tuğlarında da olduğu gibi bir düşüş olmaktadır. Ancak yine %20 çamur katkıli tuğların basma dayanımı istenen standart değerler içinde kalmaktadır.



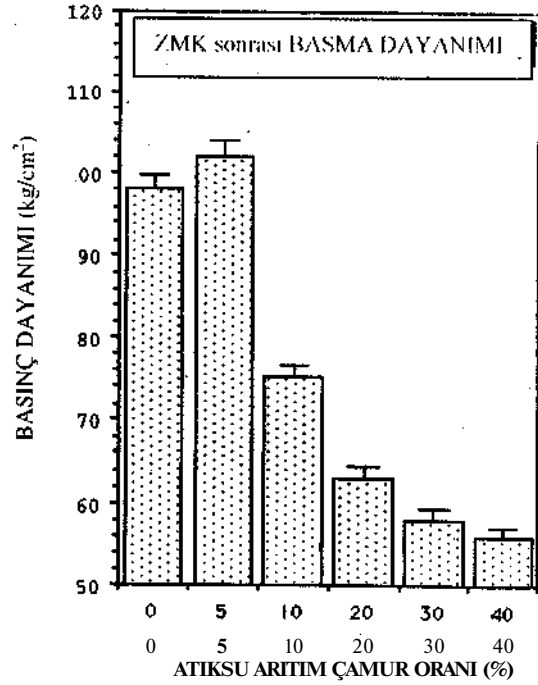
Şekil 4. Referans ve çamur katkıli tuğların kızdırma kaybı oranı sonuçları.



Şekil 5. Referans ve çamur katkıli tuğların birim hacim ağırlık sonuçları.



Şekil 6. Referans ve çamur katkıli tuğların basma dayanım sonuçları.



Şekil 7. Zararlı manyezi ve kireç deneyi sonrası basma dayanımı sonuçları.

4. SONUÇLAR

Adana Çimento Sanayi TAŞ Atıksu Arıtma Tesis'i'nden alınan çamurun tuğla üretiminde kullanımını araştırmak amacı ile yapılan bu çalışmada mevcut olan tuğla standardı (TS 705) göz önünde tutularak deneysel bir

çalışma yapılmış ve elde edilen tuğla örneklerinin aşağıdaki karakteristik özellikleri taşıdığı belirlenmiştir.

- Çamur katkılı tuğlaların yüzey görünüş, şekil ve renk açısından referans tuğlaları ile arasında belirgin bir fark gözlenmemiştir.

- Çamur katkılı tuğlaların toplam küçülme değerleri referans tuğlalarına kıyasla yaklaşık 2-3 kat daha fazladır.

- Çamur katkılı tuğlaların daha fazla gözenekli yapıya sahip olması nedeni ile su emme değerleri referans tuğlalarına kıyasla yaklaşık %18-55 daha fazladır.

- Çamur katkılı tuğlaların birim hacim ağırlık değerleri referans tuğlalarına kıyasla daha azdır. Bu özellik, taşımada bir avantaj olarak görülebilir. Ayrıca daha fazla gözenekli yapı içermesinin de ısı yalıtımında bir avantaj sağlayacağı söylenebilir.

- Çamur katkılı tuğlaların basma dayanımları tuğla içinde maksimum %20 çamur oranına kadar TS 705'de belirtilen standart değerler içinde kalmaktadır.

- Zararlı manyezi ve kireç deneyi sonrası çamur katkılı tuğlaların basma dayanımları TS 705'de öngörülen normal basma dayanımlarından %85'den daha az olmaması özelliğini sağlamaktadır.

Atıksu çamurunun tuğla üretiminde kullanımının potansiyel bir kaynak olup olmadığı bu malzemenin maliyet ve yakıt tasarrufu avantajları da göz önüne alınarak değerlendirilmelidir. Zira genelde tuğla hammaddesi olarak kullanılan kil hem kalite hemde maliyet açısından seramik veya kağıt gibi endüstrilerde kullanılan kile nazaran daha ucuzdur. Dolayısıyla tuğla üreticilerinin atıksu çamurunu tuğla içinde kil ikame maddesi

olarak kullanmaları şu anda pek mümkün görülmemektedir.

Ayrıca bu alandaki mevcut olan en önemli sorun özellikle büyükşehirler olmak üzere henüz hiçbir yerleşim yerinde merkezi bir atıksu arıtma prosesinin mevcut olmamasıdır. Çoğu sanayi tesislerinde veya kısmi yerleşim yerlerinde mevcut olan atıksu arıtma tesisleri hem işletme problemlerine sahip hem de elde edilen çamur, miktar açısından büyük hacimler de değildir. Dolayısıyla öncelikle bu gibi problemlerin çözümü ivedilik taşımaktadır.

Ancak, yine büyük yerleşim yerlerinde ekonomik veya politik nedenlerle özellikle arazi açısından problemler mevcut veya kurulması düşünülen atıksu arıtma tesislerinde; çamurun bertaraf edilmesi, gerektiğinde bu malzemenin tuğla üretiminde kullanımı alternatif bir yaklaşım olabilir. Dolayısıyla bu alternatifin konuya ilgi gösteren tuğla üreticileri tarafından tesis ölçeğinde denenmesi veya uygulanması şu anda ülkemizdeki atıksu arıtma tesisleri için belki uzak gibi görülen çamurun bertaraf edilmesi probleminin çözümünde, bu malzemenin ekonomik olarak değerlendirilmesi yolunda atılacak en önemli adım olacaktır.

Ayrıca tesisdeki atıksu arıtma çamurunun hem miktar (400 kg/ay) olarak az açığa çıkması hem de içerdiği Pb, Cd Ni ve Zn gibi ağır metallerin oldukça düşük seviyede olması açısından çimento hammaddeleri ile birlikte çimento içinde kullanılması için öneride bulunulmuş ve bu öneri uygulamaya konulmuştur. Ancak bu tip atıksu arıtma çamur malzemesinin çimento içinde kullanılmasının da teknik olarak araştırılması ve özellikle çamur içindeki ağır metallerin son ürün içindeki dağılımının detaylı olarak araştırılması gerekmektedir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışmada yapılan deney ve testleri gerçekleştirmemizde katkıda bulunan Adana Çimento Sanayi T.A.Ş. ve Alganlar Tuğla Fabrikası ilgilerine teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

Alleman, J. E., Berman, N. A., 1984; "Constructive Sludge Management: Biobrick", J. Envir. Engrg. Div., ASCE, 110(2), s. 301-311.

Alleman J. E., Berman, N. A., Prouty, M. F., 1983; "Solidification, Encapsulation, and Stabilization of Industrial Wastes", Proc. 35th Purdue Industrial Waste Conf, Ann Arbor Science, Mich., 35, s. 803.

Bhatty, J. I., Reid, K. J., 1989; "Compressive Strength of Municipal Sludge Ash Mortars", ACI Mater. J., 86(4), s. 394-400.

Çevre Teknolojisi Dergisi, 1993; No. 3, s. 23-24.

Maher, M. H., Butziger, Disalvo, D. L., Oweis, I. S., 1993; "Lime Sludge Amended Flyash for Utilization as an Engineering Material", ASCE, s. 73-88.

Norton, F. H., 1970; Fine Ceramics, Technology and Applications, McGraw-Hill, NewYork, N. Y.

Samsunlu, A., 1991.; Kullanılmış Suların Arıtılması (2. baskı), DEÜ Yayını, No. 106, İzmir, 302 s.

Shaw, T., 1989; "Improvement in Utilizing the Waste Produced from Sewage Works for the Manufacture of Bricks, Tiles, Quarries,

Building Blocks, Slabs, and the Like", United Kingdom Patent No. 12 623.

Tay, J., 1987a; "Bricks Manufactured from Sludge", J. Envir. Engrg. Div., ASCE, 113(2), s. 278-283.

Tay, J., 1987b; "Properties of Pulverized Sludge Ash Blended Cement", ACI Mater. J., 84(5), s. 358-364.

Tay, J., 1987c; "Sludge Ash as Filler for Portland Cement", J. Envir. Engrg. Div., ASCE, 113(2), s. 345-351.

Toy demir, N., 1976; Seramik Yapı Malzemeleri, İTÜ Yayını.

Trauner, E. J., 1993; "Sludge Ash Bricks Fired to Above and Below Ash-Vitrifying Temperature", J. Envir. Engrg. Div., ASCE, 119(3), s. 506-519.

TS 705, 1985; Fabrika Tuğlaları- Duvarlar için Dolu ve Düşey Delikli, TSE, Ankara, 16 s.

Yasuda, Y., 1991; "Sewage Sludge Utilization Technology in Tokyo", Water Sci. Tech.. 23, s. 1743-1752.