



## THE PRELIMINARY STUDY ON THE EFFECT OF PLASTICITY AND DRYING BEHAVIOUR OF EXTRUSION FORMED CLAY FOR THE TILE&BRICK MANUFACTURING

Veli UZ\* & İskender IŞIK\* & H.ÖZDAĞ\*\*  
Firdevs DEMİRBİLEK\* & Mehmet DEMİRBİLEK\*\*\*

\* Dumlupınar Üniversitesi, Seramik Mühendisliği Bölümü, KÜTAHYA  
\*\* Osmangazi Üniversitesi, Maden Mühendisliği Bölümü, ESKİŞEHİR  
\*\*\* Dumlupınar Üniversitesi, Maden Mühendisliği Bölümü, KÜTAHYA

### ABSTRACT

In this study, representative clay samples taken from tile&brick factories before and after extrusion were studied in order to determine the effect of extrusion on properties such as plasticity, drying, and etc. Calculated plasticity values according to the Pfefferkorn were presented. It was concluded that each of the manufacturing processes should be under control through production and their effect on clay properties should be determined in order to minimize minimizing production loses.

**Key Words:** *Extrusion, Plasticity, Tile, Brick*

## TUĞLA KİREMIT ÜRETİMİNDE VAKUMLU ŞEKİLLENDİRMENİN KİLİN PLASTİKLİK VE KURUTMA DAVRANIŞLARINA ETKİSİNİN ÖN ARAŞTIRMASI

### ÖZET

Bu çalışmada bazı tuğla ve kiremit üretimi yapan fabrikaların üretim proses aşamalarından alınan tuğla, kiremit çamurlarının ekstrüzyon girişi ve ekstrüzyon çıkışı numuneleri üzerinde vakumun plastikiğe ve fiziksel özelliklere olumlu ve olumsuz etkisi araştırılarak, işletmelerin üretimlerinde ekstrüzyonda vakumlamanın etkileri incelenmiştir. Plastiklik değerlerinin tespitinde Pfefferkorn Plastiklik Testi kullanılmış elde edilen verilerle grafikler oluşturulmuştur. Sonuç olarak, prosesin sürekli kontrol altında tutulmasının ve kilin özelliklerine proses aşamalarının etkisinin bilinmesinin önemli olduğu, işletmelerin laboratuvar imkanına sahip olmaları ile hem ürün zayıyatı, hem de emek ve enerji kaybının önleneceği görülmüştür.

**Anahtar Kelimeler:** *Ekstrüzyon, Plastiklik, Tuğla, Kiremit*

## 1. GİRİŞ

Kil doğal olarak oluşmuş, başlıca ince taneli minerallerden meydana gelen, yeterli miktarda su katılınca genellikle plastikleşen, kurutma ve pişmeyle sertleşebilen malzemedir. Plastik terimi kile uygulandığında kilin tanımı “su emdiğinde plastik olan ve basınç uygulandığında kırılmadan deforme olan, ancak basınç bırakıldığında yeni şeklini koruyan” bir malzeme olarak ifade edilebilir [1]. Plastikliğin oluşturulması için gerekli olan suyun bünyeye ilave edilmesi ile kil plastikleşir ve gerekli su oranı fiziksel özelliğinin ölçümüdür [2]. Tuğla ve kiremit üretiminde kullanılan killer doğada genellikle nemli ve plastik bir kıvamda, bazen kuru ve toz haline getirilebilir bir şekilde, bazen de kaya menşeli olarak bulunur. Yükleyici ve kazıcılarla çıkartılıp, kamyonlar ile fabrikalara nakledilir. Kilin plastikliği için uygun su miktarının, tane boyut dağılımının ayarlanması ve içerisindeki istenmeyen safsızlıkların uzaklaştırılması için ön hazırlama prosesleri uygulanır. Bu amaçla çeşitli makinelerle kil içindeki iri parçalar ve yabancı maddeler ayıklanmakta ve istenilen tane boyutuna kadar öğütülmektedir. İstenilen tane boyutunda öğütülen kil veya kil karışımı, nemlendirilip veya normal nemi ile dinlendirme depolarına alınır, nem homojenizasyonu yapılarak şekillendirme özelliği geliştirilir. Dinlendirme kilin karakterizasyonuna bağlı olarak öğütme öncesi veya sonrası yapılabilir. Şekillendirmede ekstrüzyona giren kilin havası alındığı için taneler birbirine daha fazla yaklaşmaktadır. Kilin plastikliğini artırmak için tane boyu manupülasyonundan başka; organik ve inorganik katkıları ilave edilebilir [3].

Plastik olmayan mineraller bünyeden uzaklaştırılabilir. Sulu veya susuz öğütlemeyle tane boyu azaltılabilir. Vakumla bünyedeki hava uzaklaştırılarak çamur sıkıştırılabilir. Yaşlandırma, ekşitme ve çürütme olarak bilinen prosesler uygulanabilir [4]. Her kilin plastik hale gelmesi için gerekli su miktarı farklıdır. Genellikle killerin ne kadar su absorplayarak plastik hale geleceği plastiklik testleriyle belirlenebilir. Plastiklik bir kilin şekillendirilebilirliğini doğrudan etkilemektedir. Killer kristal yapılarına göre suyu bünyelerine hızlı veya yavaş alırlar. Killerin plastikliği kristallerinin ince levhalar şeklinde olmasındandır. Bu levhalar üst üstedir ve su ile karıştırıldığında su levhalar arasına girerek kili plastik hale getirir. Oluşan çamura kuvvet uygulandığında levhalar birbiri üzerinde kayarak şekil alır [5]. Kil yapısının paketlenme dolgu faktörü yüksek ise plastikliği de yüksek olur. Tamamen ince tanelerden oluşan bazı killere kaba taneli kil ilave edilerek plastiklik artırılabilir. Fakat genellikle tane boyut dağılımı iyi dengelenmiş kilde iri taneli ilaveler plastikliği zayıflatır.

Çamur haline getirilmiş kilin içerisindeki hava alınarak plastiklik artırılabilir. Killer kuruduğu zaman plastikliğini kaybeder. Diğer yandan uygun oranda su ile karıştırıldığında tekrar plastik hale gelir. Ancak, killer 500 °C civarında uzun süre ısıtılırsa plastiklik özelliğini kaybeder ve tekrar su ile karıştırılırsa dahi plastiklik kazanmaz [5]. Kurutma, kil içinde mevcut ve şekillendirmeye uygun plastik hale getirmek için katılan suyun değişik yöntemlerle bünyeden çıkarılma işlemidir. Kil ürünleri çok hızlı kurutulmaları halinde deformasyonlara ve çatlamalara maruz kalır. Buharlaşma nedeniyle nem konsantrasyonun da ki değişimler ve bünyenin suyu uzaklaştıkça çekme değişkenliği yaş üründe gerilimlere neden olur.

Yaş ürünün şekline, elastik ve plastik özelliklerine bağlı olarak iç yüzeylerle dış yüzeyler arasındaki boyut farklılıkları, içeride ve dışarıda değişen hava akımının dereceleri, ekstrüzyon veya presleme oluşabilecek gerilimlerin büyüklüğüne göre değişmektedir. Preslenmiş yaş üründe şekillendirme aşamasında oluşan gerilimlere, kurutma kaynaklı gerilimlerin eklenmesi kurutmada ürünün deformasyon miktarını artırmaktadır. Ekstrüzyon sırasında oluşan katmanlar rutubet geçirgenliğini bozabilir, tabakalaşmayı artırarak malzemenin içinin kurumasını engelleyebilir. Endüstriyel boyutta kilin kuruma davranışları, su içeriğine bağlı bir fonksiyon olan küçülme eğrisi referans alınarak ve kurutma hassasiyeti testleri ile tespit edilir. Fakat her bir seramik hammaddesinin ve ürünün farklı kuruma davranışı göstermesi, kurutmanın tam olarak anlaşılabilmesi için seramik bünyelerin kuruma prosesinin detaylı incelenmesi ve ölçülmesini gerektirir.

Bu çalışmanın amacı; Eskişehir, Çorum Salihli, Kütahya ve Turgutlu bölgelerinde tuğla/kiremit üretimi yapan fabrikalardan her bir proses aşamasından alınan örnek nihai karışımın ilgili proses aşamalarından geçtikten sonra ekstrüzyona girmeden önce ve ekstrüzyon çıkışında plastikliğinin ve fiziksel özelliklerinin nasıl değiştiği, vakumun nihai kil esaslı karışımın özelliklerine olumlu ve olumsuz etkilerinin araştırılarak fabrikalarda toplam kalite yönetimi anlayışına geçiş için bir ön çalışma gerçekleştirmektir.

## 2. MALZEME ve YÖNTEM

Çalışmalarda kullanılan örnekler farklı bölgelerde tuğla kiremit üretimi yapan fabrikaların proses aşamalarından alınmıştır. Plastiklik değerlerinin tespiti için Pfefferkorn Plastiklik Testi kullanılmış olup plastiklik testlerinde Pfefferkorn'a göre ezilme yüksekliği 24 mm olarak alınmış ve bu yüksekliğe karşılık gelen su miktarı verilmiştir. Tuğla ve kiremit reçeteleri ayrı olarak incelendikten sonra üretim farklılığına göre plastisite değerleri verilerek farklı üretimlerde plastikliğin değişimi yorumlanmıştır.

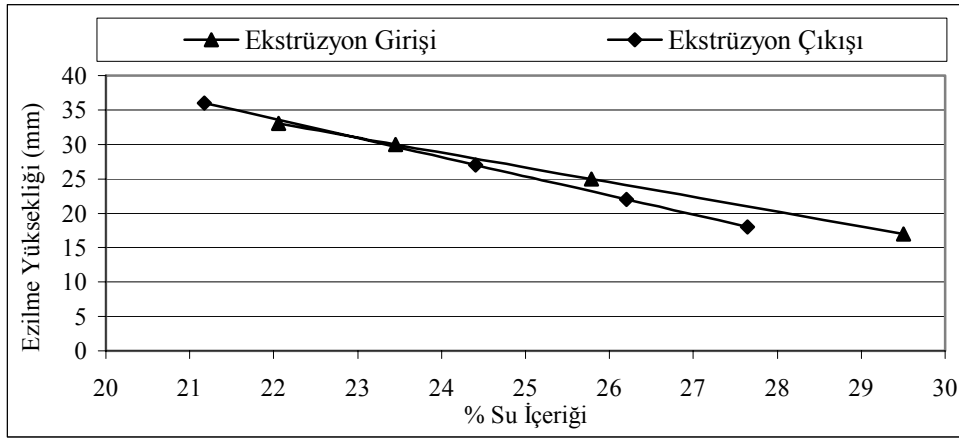
Kurutma ve pişme sonrası özelliklerin tespiti için numunelerden 15x1,5x2,5 cm ölçülerinde çubuklar şekillendirilmiştir. Çubukların etüvde 80 °C sabit sıcaklığında, her yarım saatte bir küçülme ve ağırlık kaybı değerleri ölçülerek zamana göre kurutma davranışları tespit edilmiştir. Tamamen kuruyan numuneler normal fırın atmosferinde saat'te 250 °C'lik artış ile 3 saat 36 dakika sonunda 900 °C'ye ulaşılmış ve bu sıcaklıkta yarım saat bekletildikten sonra pişen numuneler soğumaya bırakılmıştır. Fakat işletme koşulları farklı olacağından yine aynı şekilde bu çalışma baz alınarak fabrikalarda kurutma ve pişirme işlemleri tekrar yapılmalı sonuçlar ona göre değerlendirilmelidir. Ayrıca, ekstrüzyon girişi ve ekstrüzyon çıkışı numunelere su emme, yoğunluk ve porozite testleri uygulanarak elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır.

## 3. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

### 3.1.Vakumun Plastikliğe olan etkisi:

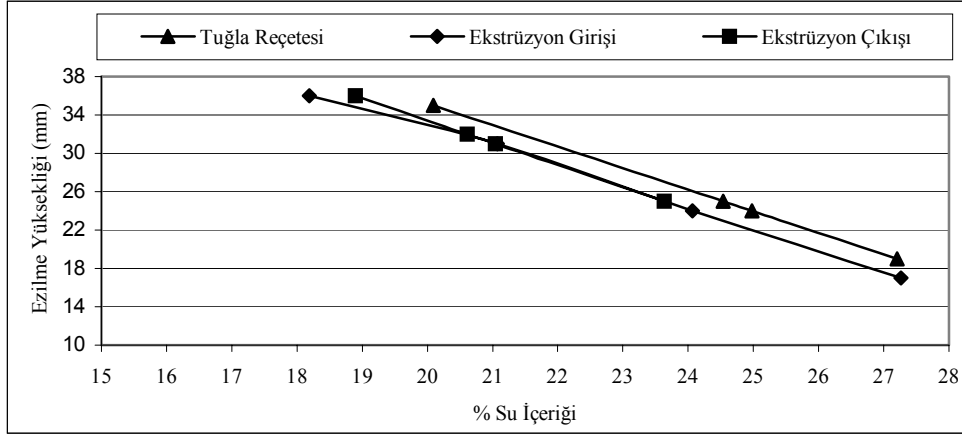
Tuğla ve kiremitte üretim aşamasında kil merdanelerden geçerken hem iri parçalar kırılmakta, hem de yoğrulmak suretiyle plastikliği de artmaktadır. Ekstrüzyona girdiğinde ise kilin havası alındığı için taneler daha sıkı paketlenmekte ve taneler arasındaki hava boşluğu da azalacağından plastiklik artmaktadır. Şekil 1.'de; Tuğla üretimi yapan Tesis

1’de kil ekstrüzyona girmeden önce merdanelerden geçmekte aşırı ezilerek sıkı bir hale gelmektedir. Kilin ekstrüzyon girmeden önce plastiklik değeri % 26,25 iken, ekstrüzyon çıkışında plastiklik değeri % 25,49 olmaktadır. Ekstrüzyon çıkışında plastikliğin artması gerekirken % 2,29 azalmıştır. Bunun nedeni nihai üründe su ile temas sonucu oluşan kireç patlaması olarak adlandırılan beyaz lekelerin oluşmaması ve tanelerin daha iyi ezilmesi, kil içinde bulunan kalsit mineralinin 0,4 mm boyutuna getirilmesi amacıyla ekstrüzyona girmeden önce kil merdanelerden geçerken merdanelerin geçiş aralığının çok daraltılmasıdır. Bu yüzden kil fazla ezilmekte ve daha sıkı paketlenmektedir. Ekstrüzyona girdiğinde ise helezonun etkisi ile kil gevşemekte ve plastiklik azalmaktadır. Tesiste vakumlama için enerji harcanmakta, daha sıkı ürün alındığı düşünülürken aksine % 0,80 düşük plastiklikte ürün çıkmaktadır.



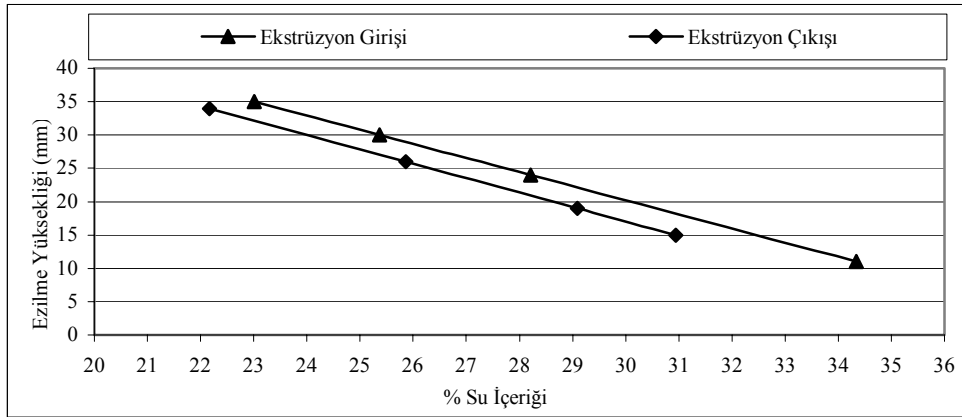
Şekil 1. Tesis 1'in tuğla üretim prosesi aşamalarında plastiklik değişimini gösteren Pfefferkorn eğrileri

Tesis 2 incelediğinde, ocaktan gelen killer tuğla reçetesi hazırlamak için karıştırılarak mikronize boyutta öğütülmektedir. Tuğla reçetesinin plastikliği % 24,98 proses aşamalarından geçtikten sonra ekstrüzyona girmeden önce % 24,06 olmaktadır. Öğütülen kilin plastikliği artması gerekirken azalmıştır. Bunun nedeni öğütmenin iyi yapılamamasından dolayı tane boyut dağılımının iyi ayarlanamaması olduğu tahmin edilmektedir. Ekstrüzyon çıkışında ise plastiklik değeri % 24,07 olmaktadır. Reçetenin ekstrüzyona girmesiyle plastikliğinde 0,01'lik bir artış olmasından dolayı vakumun reçetenin plastiklik değerine bir faydası olmamıştır. Bunun nedeni yine kireç patlamasının önlenmesi amacıyla merdanelerin aralığının çok dar ayarlanmış olmasıdır.



**Şekil 2.** Tesis 2' nin tuğla üretim süreci aşamalarında plastiklik değişimini gösteren Pfefferkorn eğrileri.

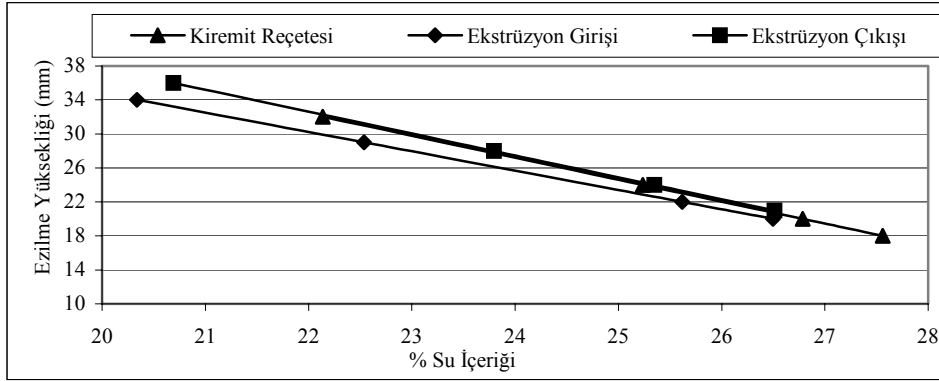
Kiremit üretimi yapan tesis 3'ün ekstrüzyona bağlı olarak plastiklik değişimi incelendiğinde; Şekil 3'te kilin ekstrüzyon giriş plastiklik değeri %28,21 iken, ekstrüzyon çıkış plastiklik değeri % 26,78 olmaktadır. Bu tesiste de ekstrüzyon çıkışı plastikliğin artması beklenirken tersi olmuş ve plastiklik % 1,5 azalmıştır. Nedeni ise bu bölgede hammaddelerindeki kirecin olumsuz etkilerinin azaltılması için kilin çok fazla ezilmesi ve merdane aralığının çok dar olmasıdır. Merdanelerde fazla ezilen kilin ekstrüzyonda gevşemesiyle plastiklik değeri azalmıştır.



**Şekil 3.** Tesis 3' ün kiremit üretim süreci aşamalarında plastiklik değişimini gösteren Pfefferkorn eğrileri

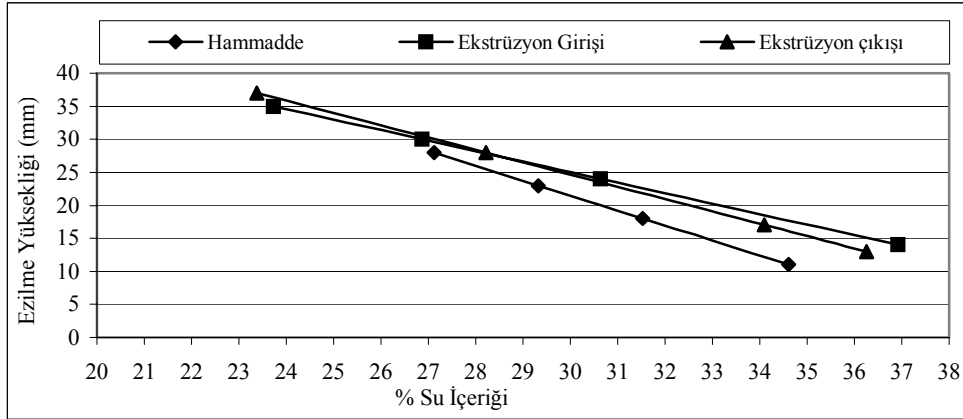
Şekil 4' te kiremit reçetesi numunesinde 4'üncü tesis kili kullanmadan önce mikronize öğütmeye tabii tutulmaktadır. Tuğla imalatı da yapan bu tesiste tuğla reçetesinin plastiklik özellikleri de aynı çıkmaktadır. Kiremit reçetesine baktığımızda öğütme yapmadan önce reçetenin plastikliği %25,24 iken öğütme sonrası plastiklik değeri % 24,74 olmuştur.

Öğütmede tane boyut dağılımının iyi ayarlanamamasından dolayı plastiklik azalma göstermiştir. Ancak ekstrüzyon çıkışında plastiklik azda olsa bir artış göstermiş %25,35 olmuştur. Burada vakumun etkisi görülmektedir.



Şekil 4. Tesis 4'ün kiremit üretim süreci aşamalarında plastiklik değişimini gösteren Pfefferkorn eğrileri

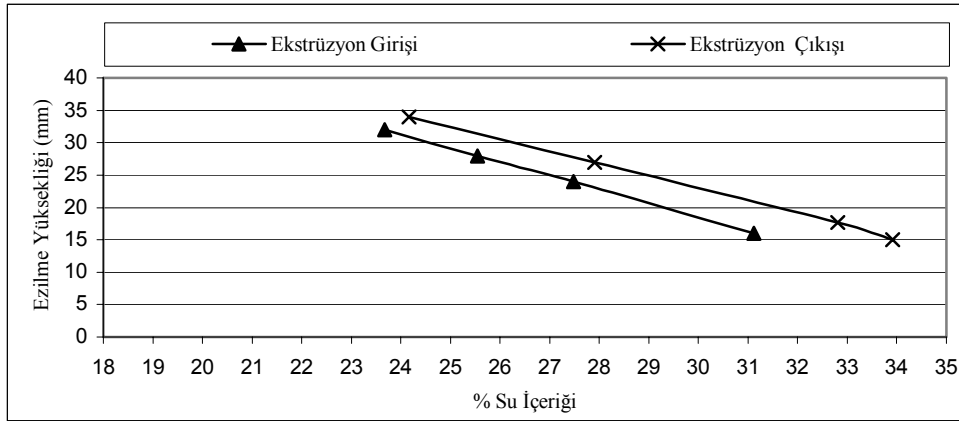
Şekil 5'e baktığımızda tesis 5'de kiremit reçetesinde hammadde olarak kullanılan kilin plastiklik değeri %28,89'dur. Merdanelerden geçtikten sonra ekstrüzyon girişinde plastiklik değeri %30,64 olmakta, plastiklik artmaktadır. Ekstrüzyon çıkışında ise plastiklik %30,35 olmakta, ekstrüzyon girişine göre plastiklik değeri azalmaktadır. Bu tesiste ekstrüzyon girişine kadar kil karışımına uygun proses işlemlerinin olmasından dolayı plastiklikte artış gözlenirken, ekstrüzyon çıkışında kireç patlamasını önlemek için merdane aralığının sıkı tutulmasından dolayı vakumun bir etkisi görülmemiştir.



Şekil 5. Tesis 5'in kiremit üretim süreci aşamalarında plastiklik değişimini gösteren Pfefferkorn eğrileri

Şekil 6'daki tesis 6'nın kiremit reçetesinin plastiklik eğrilerine bakıldığında proses aşamalarıyla plastikliğin arttığı gözlenmektedir. Tesis de en uygun ayarların yapıldığı

belirgin olarak gözlenmektedir. Tesiste laboratuvar olması ve prosesin sürekli kontrol altında olması nedeniyle üretim verimi yüksektir. Tesiste; siloda bekletilen kiremit hammaddesinin, merdanelerden geçtikten sonra kil nem homojenliğinin sağlanması için bekletilmekte böylece plastiklik değeri de %27,42'ye çıkmaktadır. Kilin ekstrüzyona girmesiyle çok iyi bir vakum etkisinden dolayı plastiklik değeri %29,4'e ulaşmaktadır. Plastikliğin proses aşamalarıyla artışının çok net görüldüğü bu tesis modern teknoloji ile üretim yapmaktadır. Sonuçta bu tesis de teknolojik çalışmanın ve prosesi kontrol etmenin etkileri görülmektedir.

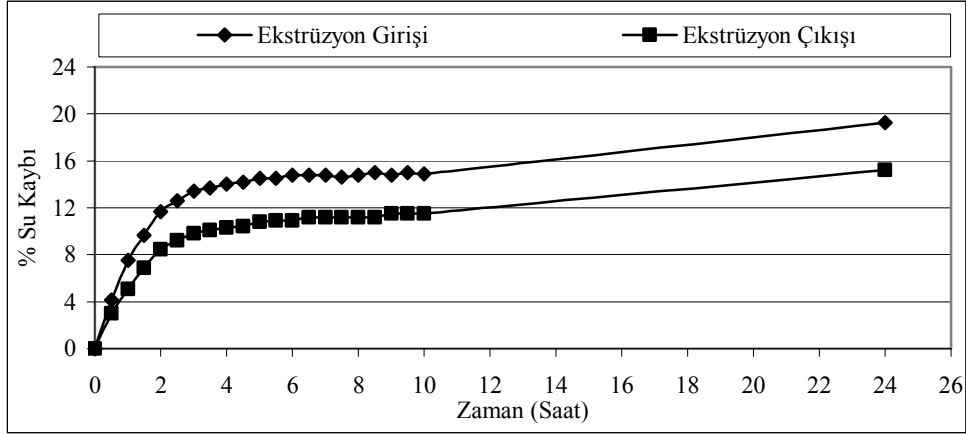


Şekil 6. Tesis 6'nın Kiremit üretim prosesi aşamalarında plastiklik değişimini gösteren Pfefferkorn eğrileri

### 3.2. Vakumun kurutma davranışına olan etkisi:

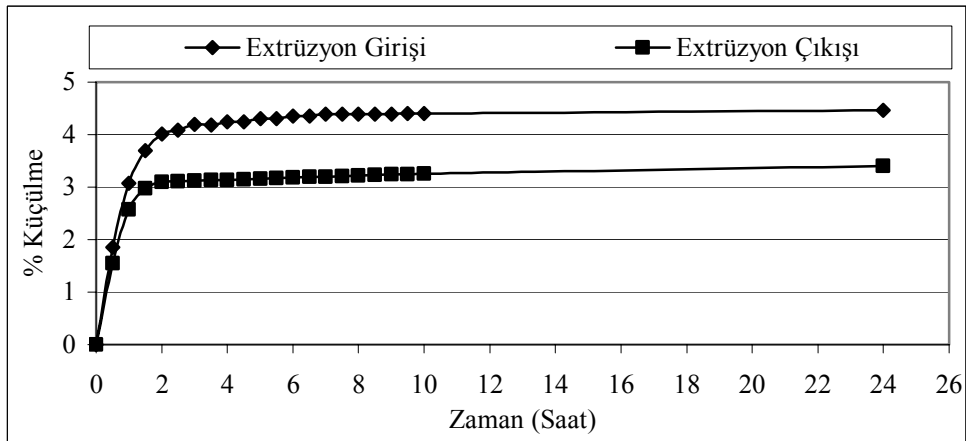
Tuğla üretiminde fabrikalardan alınan örneklerin tümü proses aşamasında ekstrüzyona girmeden önce ve ekstrüzyona girdikten sonraki kurutma özellikleri incelenmiştir. Buna göre üretimde merdanelerden geçtikten sonra ekstrüzyona girmeden öncesi ve ekstrüzyondan çıktığında alınan örneklerden sadece bir tuğla ve bir kiremit örneğinin temsili olmalarından dolayı birer tane kurutma eğrileri verilmiştir.

Şekil 7'de tuğla prosesinde ki örneğin su kayıp hızı grafiğinde ekstrüzyona girmeden önceki Lineer bölümdeki hızı 6,474 %/h, parabol kısmının hızı 1,635 %/h değeriyle yüksektir. Ekstrüzyona girdikten sonra havası alınan ürünlerin su kayıp hızı lineer bölümde 4,554 %/h, parabol kısımda 1,283 %/h olarak daha düşüktür. Burada etken olarak vakumla taneler arasındaki havanın alınması ve ayrıca ekstrüzyonun ağız kısmında ürünün çıkarken kilin tabakalı olmasından dolayı kil taneciklerinin yönlendirilmesi ve kuruma sırasında suyun çıkışını yavaşlatmasıdır.



Şekil 7. Tuğla kurutmada vakumun etkisini gösteren su kayıp hızı grafiği

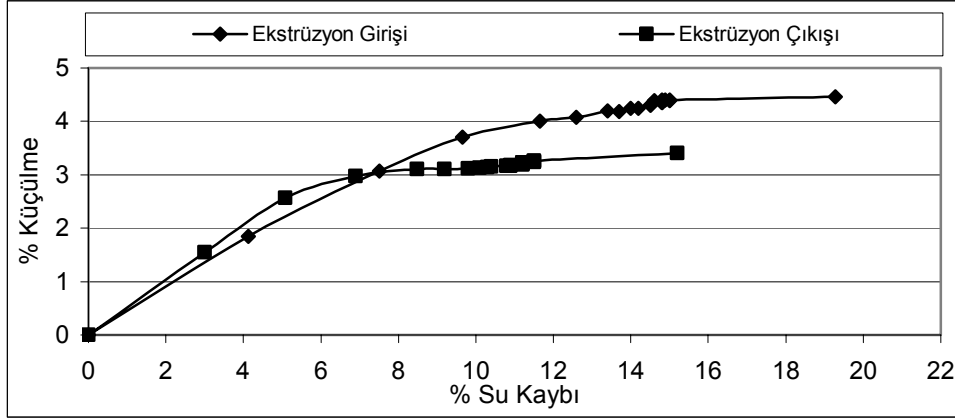
Küçülme hızlarına bakıldığında (Şekil 8) ekstrüzyon girişinde küçülme hızı lineer kısımda 3,075 %/h, parabol kısımda 0,406 %/h olmakta yine aynı şekilde ekstrüzyon çıkışı ürünün küçülme hızı lineer bölümde 2,570 %/h, parabol kısımda 0,186 %/h olarak ekstrüzyona girişten yavaş olmaktadır. Vakum etkisi ile birbirine yaklaşan tanelerin çıkış kısmında da yönlendirilmesi nedeniyle küçülme hızı ve kuru küçülmesi ekstrüzyon girişine göre düşük olmaktadır. Burada bazı işletmelerden alınan örneklerin küçülme oranlarının daha az olduğu tespit edilmiştir. Buna bu işletmelerde kullanılan vakum pompalarının daha güçlü olmasının neden olduğu tahmin edilmektedir.



Şekil 8. Tuğla kurutmada vakumun etkisini gösteren küçülme hızı grafiği



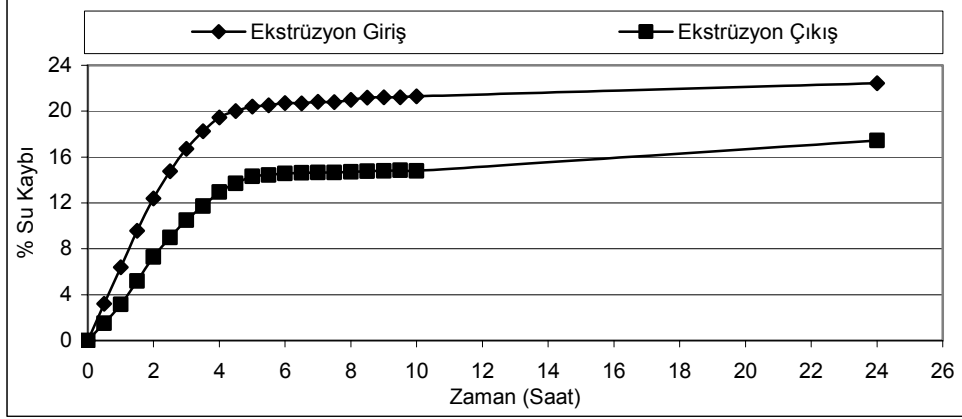
Tuğla reçetelerinin örneklerinde bigot eğrileri incelendiğinde (Şekil 9) ekstrüzyona girmeden önce ideal bir kurutma eğrisi görülmemektedir. Büküm noktası daha fazla nem kaybı ile sağlanmakta ancak tam büküm yine de görülmemektedir.



Şekil 9. Tuğla kurutmada vakumun etkisini gösteren bigot eğrileri

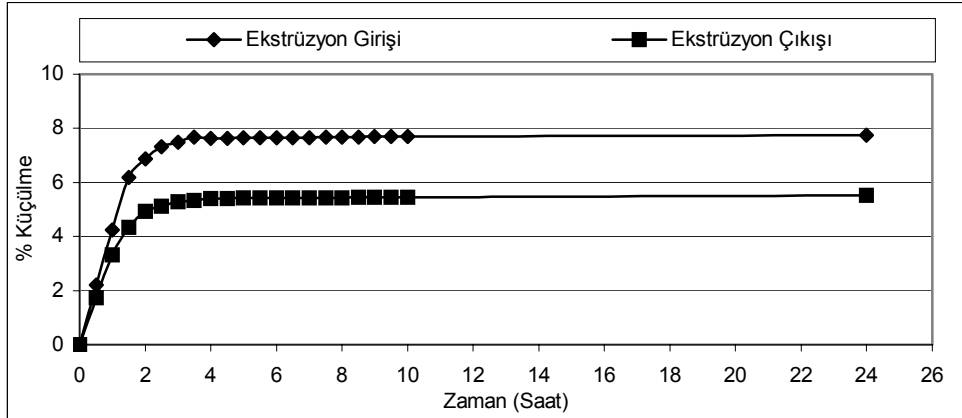
Ekstrüzyondan sonraki örneklerin bigot eğrileri ideal kurutma eğrisi vermekte belirgin olarak büküm noktası görülmektedir. Bigot eğrisine göre ürünün sorunsuz kurutulabileceği görülmektedir. Taneler birbirine ne kadar çok yaklaşırsa kurutma sırasında o kadar az deformasyon görülecektir. Bigot eğrilerin de ekstrüzyon çıkışı örneklerin son kuru ölçümlerinde bünyelerinde yaklaşık %4 su kaldığı tespit edilmiştir.

Kiremitte vakumun etkisi; kiremit örneklerinin kurutma eğrileri vakum ve yönlenme etkisiyle belirgin bir aralıkta olmaktadır. Ekstrüzyon girişinde su kayıp hızı lineer bölümde 5,661 %/h, parabol kısmında 1,242 %/h olmakta, ekstrüzyon çıkışındaki hızları ise lineer bölümde 3,608 %/h, parabol kısmında 1,366 %/h olmaktadır. Ekstrüzyon girişi örnekte büküm noktası yaklaşık % 20 su uzaklaştıktan sonra ekstrüzyon çıkışında ise % 15 su uzaklaştığında görülmektedir (Şekil 10).



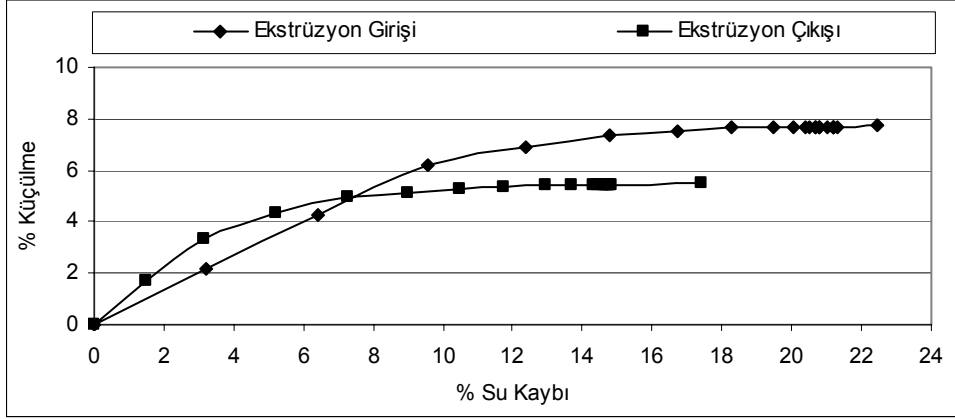
Şekil 10. Kiremit kurutmada vakumun etkisini gösteren su kayıp hızı grafiği

Küçülme hızları ekstrüzyon girişinde lineer bölümde 4,24 %/h, parabol kısımda 1,232 %/h, ekstrüzyon çıkışında küçülme hızları lineer kısımda 3,32 %/h, parabol kısımda 0,743 %/h olmaktadır. Küçülme hızı grafiğinde ise ekstrüzyon girişi örneklerin büküm noktası % 7,5'lük küçülmeden sonra, ekstrüzyon çıkışı örneklerde ise %5 küçülmeden sonra görülmektedir (Şekil 11).



Şekil 11. Kiremit kurutmada vakumun etkisini gösteren küçülme hızı grafiği

Bigot eğrilerinde havası alınarak şekillendirilen ürünün eğrisi daha düzgün olmakta daha az nem çıkışı ile küçülme dönüm noktası belirginleşmektedir. Kiremit ürünlerde ekstrüzyon çıkışı ürünlerde kurutma sonrası yaklaşık %5 su bünyede kalmaktadır (Şekil 12).



Şekil 12. Kiremit kurutmada vakumun etkisini gösteren bigot eğrileri

Sonuç olarak kilin plastikliği üretim koşullarına göre değişmektedir. Doğru uygulanan proses aşamalarında plastikliğin artması beklenir, böylece vakumda kilin özelliklerine olumlu yönde etki yapacak ekstrüzyondan geçen numunenin havasının alınması ve daha iyi sıkışma yapıldığı için plastiklik değeri artış gösterecektir. Kilin işlenmesi sırasında ezilmesi ve daha sonra tekrar gevşetilmesi bütün proseslerin kilin özelliklerine nasıl bir etki gösterdiği, prosesten, hammaddeden kaynaklanan hataların tespiti ve çözülmesi için üretimin sürekli kontrol altında yapılması gerekmektedir. Buna göre işletmelerin tam donanımlı bir laboratuara ve iyi bir ekipmana ihtiyaç vardır. Bunlar sağlandıktan sonra elde edilen veriler hem zayıfatı engelleyecek hem de emek ve enerji israfını önleyecektir. Yapılan araştırmalar sonucunda en iyi çalışan, en doğru değerleri sunan tesis 6' dir. Nedeni teknolojiye ve araştırmalara açık olmaları ve sürekli prosesi kontrol altında tutmalarıdır.

#### 4. ÖNERİLER

- Farklı minerolojik özelliklere sahip killerde vakumun plastikliğe ve fiziksel özelliklere etkisi araştırılmalıdır.
- Vakumun pişen numunelerin fiziksel özelliklerine etkisi araştırılmalıdır.
- Kil'e farklı organik ve inorganik ilaveler yapılarak vakumun etkisi araştırılmalıdır.
- Farklı işlemlerden geçirilmiş kil'de vakumun etkisi araştırılmalıdır.

#### **KAYNAKLAR**

- [1] Işık,İ., Kil ve Kil Minerali Tanımı: AIPEA ve CMS Terminoloji Komitelerinin Ortak Raporu (Çeviri)Seramik Dünyası Dergisi, Temmuz-Ağustos sayısı, 15 s., 1996.
- [2] Grim, R.E., Clay Mineralogy, 2<sup>nd</sup> edition Mc Graw-Hill Book Co., 1968.
- [3] Uz. V., İnorganik,Organik ve Biyolojik Bazlı İlavelerin Killerin Seramik Özellikleri Üzerine Etkisi, Osmangazi Üniv., Fen Bil.Ens., Doktora Tezi, Eskişehir, 507 S. ,2004.
- [4] Bender W.,Handle F., Brick and Tile Making, Bauverlag GmbH, Wiesbaden und Berlin, Germany, 805 P., 1982.
- [5] Grimshaw, R.W., The Chemistry and Physics of Clays, Teach.Books, 4012 Williamsburg Court, India, 1023 p., 1971.