

58/51



**SEYDİŞEHİR KIRMIZI ÇAMURU VE
KIRKA BOR ATIKLARI KULLANILARAK
KALİTELİ YAPI MALZEMESİ
ÜRETİM İMKANLARININ ARAŞTIRILMASI**

(YÜKSEK LİSANS TEZİ)

Taner KAVAS

Danışman : Prof. Dr. Ö. Faruk EMRULLAHOĞLU

ŞUBAT - 1997

AFYON KOCATEPE ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**SEYDİŞEHİR KIRMIZI ÇAMURU VE
KIRKA BOR ATIKLARI KULLANILARAK
KALİTELİ YAPI MALZEMESİ
ÜRETİM İMKANLARININ ARAŞTIRILMASI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
Maden Müh. Taner KAVAS**

Anabilim Dalı : SERAMİK

Programı : SERAMİK

Tez Danışmanı : Prof. Dr. Ö. Faruk EMRULLAHOĞLU

ŞUBAT 1997

AFYON KOCATEPE ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**SEYDİŞEHİR KIRMIZI ÇAMURU VE
KIRKA BOR ATIKLARI KULLANILARAK
KALİTELİ YAPI MALZEMESİ
ÜRETİM İMKANLARININ ARAŞTIRILMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ
Maden Müh. Taner KAVAS

Anabilim Dalı : SERAMİK

Programı : SERAMİK

Tez Danışmanı : Prof. Dr. Ö. Faruk EMRULLAHOĞLU

Diğer Jüri Üyeleri : Yrd. Doç. Dr. İskender IŞIK

Yrd. Doç. Dr. Ali KARTAL

ŞUBAT 1997

Taner Kavas 'ın YÜKSEK LİSANS tezi olarak hazırladığı "Seydişehir Kırmızı Çamuru ve Kırka Bor Atıkları Kullanarak Kaliteli yapı Malzemesi Üretim İmkanlarının Araştırılması" başlıklı bu çalışma, Jürimizce Lisansüstü yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca değerlendirilerek kabul edilmiştir.

19 / 03 / 1997

Üye : Prof. Dr. Ö. Faruk EMRULLAHOĞLU



Üye : Yrd. Doç. Dr. İskender IŞIK

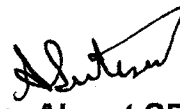


Üye : Yrd. Doç. Dr. Ali KARTAL



Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu 'nun10/04/1997...gün

ve4/18.....sayılı kararıyla onaylanmıştır.



Yrd. Doç. Dr. Ahmet SERTESER
Enstitü Müdürü

ÖNSÖZ

Etibank Kırka Boraks Tesisi bor türevleri ve konsantratör atıklarının, Etibank Seydişehir Alüminyum Tesisi atığı olan kırmızı çamur ile birlikte kullanılarak, kaliteli yapı tuğlası imali konulu tez çalışmamı beni yönelten ve çalışmam esnasında beni yönlendiren hocam sayın Prof. Dr. Ö. Faruk EMRULLAHOĞLU ‘na, tez çalışmam sırasında bana büyük yardımlarda bulunan Etibank Genel Müdürlüğü camiasına ve bana gerek teknik, gerekse manevi yardımını hiç bir zaman esirgemeyen değerli eşime teşekkürlerimi sunarım.

01.02.1997

Taner KAVAS

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ	ii
İÇİNDEKİLER	iii
ŞEKİLLER LİSTESİ	II
TABLolar LİSTESİ	V
ÖZET	VIII
SUMMARY	IX
BÖLÜM 1. GENEL BİLGİLER	1
1. Yapı Malzemeleri Hakkında Genel Bilgi	1
1.1 Fabrika Tuğlaları	1
1.1.1 Düşey Delikli Tuğla	1
1.1.2 Yatay Delikli Tuğla	1
1.1.3 Dolu Tuğla	1
1.1.4 Cephe Tuğlası	1
1.1.5 Normal Tuğla	2
1.1.6 Modüler Tuğla	2
1.1.7 Blok Tuğla	2
1.1.8 Klinker Tuğla	2
1.1.8.1 Dolu Klinker Tuğla	2
1.1.8.2 Delikli Klinker Tuğla	2
1.2 Harman Tuğlası	2
1.2.1 Dolu Harman Tuğlası	3
1.2.2 Delikli Harman Tuğlası	3
2. Yapı Malzemeleri Üretim Teknolojisi	3
3. Bor Hakkında Genel Bilgi	4
3.1 Borun Tarihçesi	4
3.2 Borun Oluşumu	5
3.2.1 İntruzif Mağmatik Kayaçlara Bağlı Yataklar	5
3.2.2 Denizsel Sedimanlarla İlgili Yataklar	6
3.2.3 Volkanik Yataklara Bağlı Bor Tuzu Yatakları	6
3.3 Bor Mineralleri	7
3.4 Türkiye 'de Bor	7
3.4.1 Türkiye 'de Bor Yatakları	7
3.4.2 Türkiye 'de Bor Üretim Teknolojisi	8
3.5 Etibank Kırka Boraks İşletmesi Müessesesi	12

3.5.1 Tarihçe	12
3.5.2 Cevherleşme	12
3.5.3 Tesisler	13
3.5.3.1 Konsantratör Tesisi	14
3.5.3.2 Bor Türevleri Tesisi	15
3.6 Türkiye Bor Ekonomisi	15
3.6.1 Tüketim	15
3.6.2 Üretim	16
3.6.3 Ticaret	16
3.6.4 Fiyatlar	16
3.7 Kullanım Alanları	16
3.7.1 Fiberglass, Cam, Emaye ve Kaplama Sanayii	16
3.7.2 Sabun ve Deterjan Sanayii	18
3.7.3 Diğer Kullanımlar	19
4. Boksit Hakkında Genel Bilgi	21
4.1 Boksitin Tarihçesi	21
4.2 Boksitin Bulunuşu	23
4.3 Boksit Mineralleri	23
4.4 Dünyada Boksit Yatakları	24
4.5 Türkiye 'de Boksit Yatakları	25
4.6 Boksitten Alüminyum Üretim Teknolojisi	28
4.7 Etibank Seydişehir Alüminyum İşletmesi	30
4.7.1 Tarihçe	30
4.7.2 Cevherleşme	31
4.7.3 Tesisler	33
4.8 Türkiye 'de Alüminyum Sektörü	35
4.9 Kullanım Alanları	36

BÖLÜM 2. DENEYSEL ÇALIŞMALAR 38

2.1 Deney Programı	38
2.2 Çalışmalarda Kullanılan Malzeme	38
2.2.1 Seydişehir Kırmızı Çamur Atığı	38
2.2.1.1 Numunenin Kimyasal Analizi	39
2.2.1.2 Numunenin Mineralojik Analizi	39
2.2.1.3 Kırmızı Çamur Numunesinin Tane Boyut Dağılımı	42
2.2.2 Kırka Bor Atıkları	43
2.2.2.1 Konsantratör Atıkları	43
2.2.2.1.1 Konsantratör Kil Pestili Atığı	43
2.2.2.1.2 Konsantratör Şlam Atığı	46
2.2.2.2 Bor Türevleri Tesisi Atıkları	48
2.2.2.2.1 D.S.M. Elek Üstü Atığı	48
2.2.2.2.2 II. Kademe Atığı	50
2.3 Deney Numunelerinin Hazırlanması	53
2.3.1 Harmanlama ve Kalıplama	53

2.3.2 Kurutma ve Sinterleme İşlemleri	54
2.4 Deney Numunelerine Uygulanan Test Yöntemleri	54
2.4.1 Kuruma Küçülmesi	54
2.4.2 Pişme Küçülmesi	55
2.4.3 Toplu Küçülme	55
2.4.4 Kızdırma Kaybı	55
2.4.5 Gözenek Miktarı ve Bulk Yoğunluk	56
2.4.6 Birim Hacim Ağırlığının Belirlenmesi	56
2.4.7 Ağırlıkça Su Emme	57
2.4.8 Üç Nokta Eğme Dayanımı	57
2.4.9 Basma Dayanımı	58
2.4.10 Donma Testi	58
2.4.11 Pamuklaşma Testi	58
BÖLÜM 3. DENEY SONUÇLARININ İRDELENMESİ	59
3.1 Deney Numunelerine Uygulanan Test Sonuçları	59
3.1.1 Kuruma, Pişme, Toplu Küçülme ve Kızdırma Kaybı	59
3.1.2 Gözenek Miktarı, Bulk Yoğunluk	63
3.1.3 Birim Hacim Ağırlığının Belirlenmesi	68
3.1.4 Ağırlıkça Su Emme	70
3.1.5 Üç Nokta Eğilme Mukavemeti	72
3.1.6 Basma Dayanımı	76
3.1.7 Donma Mukavemeti	80
3.1.8 Pamuklaşma	80
BÖLÜM 4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	81
4.1 Sonuçlar	81
4.2 Öneriler	82
ÖZGEÇMİŞ	83
KAYNAKLAR	84
EKLER	86

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1 Alümina Fabrikası Akım Şeması	39
Şekil 2.2 Konsantratör Tesisi Akım Şeması	46
Şekil 2.3 Bor Türevleri Tesisi Akım Şeması	51
Şekil 3.1 A Grup Numunelerin Sıcaklık-Toplu Küçülme İlişkisi	60
Şekil 3.2 A Grup Numunelerin Sıcaklık-Kızdırma Kaybı İlişkisi	60
Şekil 3.3 B Grup Numunelerin Sıcaklık-Toplu Küçülme İlişkisi	61
Şekil 3.4 B Grup Numunelerin Sıcaklık-Kızdırma Kaybı İlişkisi	61
Şekil 3.5 C Grup Numunelerin Sıcaklık-Toplu Küçülme İlişkisi	61
Şekil 3.6 C Grup Numunelerin Sıcaklık-Kızdırma Kaybı İlişkisi	61
Şekil 3.7 D Grup Numunelerin Sıcaklık-Toplu Küçülme İlişkisi	62
Şekil 3.8 D Grup Numunelerin Sıcaklık-Kızdırma Kaybı İlişkisi	62
Şekil 3.9 900 °C İçin Değişik Katkı Oranlarındaki Numunelerin Toplu Küçülme Değerlerinin Mukayesesi	62
Şekil 3.10 900 °C İçin A B C D Grup Numunelerin Kızdırma Kaybı Değerlerinin Mukayesesi	63
Şekil 3.11 900 °C İçin A B C D Grup Numunelerin Bulk Yoğunluk Değerlerinin Mukayesesi	66
Şekil 3.12 900 °C İçin En Yüksek Bulk Yoğunluk Değerini Alan A3 B3 C3 D3 Grup Nolu Numunelerin %100 Tuğla ve Kırmızı Çamur İle Mukayesesi	67
Şekil 3.13 900 °C İçin En Düşük Porozite Değerini Alan A3 B3 C3 D3 Grup Nolu Numunelerin Porozite Değerleri Mukayesesi	67
Şekil 3.14 900 °C İçin En Yüksek Poroziteye Sahip A1 B1 C1 D1 Grup Nolu Numunelerin %100 Tuğla ve Kırmızı Çamur İle Mukayesesi	67

Şekil 3.15 A Grup Nolu Numunelerin Sıcaklık-Birim Hacim Ağırlık İlişkisi	68
Şekil 3.16 B Grup Nolu Numunelerin Sıcaklık-Birim Hacim Ağırlık İlişkisi	68
Şekil 3.17 C Grup Nolu Numunelerin Sıcaklık-Birim Hacim Ağırlık İlişkisi	69
Şekil 3.18 D Grup Nolu Numunelerin Sıcaklık-Birim Hacim Ağırlık İlişkisi	69
Şekil 3.19 900 °C İçin En Yüksek Birim Hacim Ağırlığına Sahip A3 B3 C3 D3 Grup Nolu Numunelerin %100 Tuğla ve Kırmızı Çamur İle Mukayesesi	69
Şekil 3.20 A Grup Nolu Numunelerin Sıcaklık-Ağırlıkça Su Emme İlişkisi	70
Şekil 3.21 B Grup Nolu Numunelerin Sıcaklık-Ağırlıkça Su Emme İlişkisi	70
Şekil 3.22 C Grup Nolu Numunelerin Sıcaklık-Ağırlıkça Su Emme İlişkisi	71
Şekil 3.23 D Grup Nolu Numunelerin Sıcaklık-Ağırlıkça Su Emme İlişkisi	71
Şekil 3.24 ABCD-3 Grup Nolu Numunelerin %100 Tuğla ve Kırmızı Çamur Değerleriyle Mukayesesi	71
Şekil 3.25 A Grubu Numunelerin Sıcaklık Üç Nokta Eğme Dayanımı	73
Şekil 3.26 B Grubu Numunelerin Sıcaklık Üç Nokta Eğme Dayanımı	73
Şekil 3.27 C Grubu Numunelerin Sıcaklık Üç Nokta Eğme Dayanımı	74
Şekil 3.28 D Grubu Numunelerin Sıcaklık Üç Nokta Eğme Dayanımı	74
Şekil 3.29 900 °C İçin En İyi Üç Nokta Eğme Dayanımı Değerini Veren A3, B3, C3, D3 Grup Numunelerin % 100 Tuğla - K.Çamur İle Muk.	75
Şekil 3.30 A Grup Nolu Numunelerin Sıcaklık-Basınç Dayanımı İlişkisi	77
Şekil 3.31 B Grup Nolu Numunelerin Sıcaklık-Basınç Dayanımı İlişkisi	77
Şekil 3.32 C Grup Nolu Numunelerin Sıcaklık-Basma Dayanımı İlişkisi	78
Şekil 3.33 D Grup Nolu Numunelerin Sıcaklık-Basma Dayanımı İlişkisi	78
Şekil 3.34 900 °C İçin En Yüksek Basma Dayanımına Sahip A3 B3 C3 D3 Grup Nolu Numunelerin %100 Tuğla ve Kırmızı Çamur İle Mukayesesi	79

TABLULARIN LİSTESİ

Tablo 1.1	Belli Başlı Bor Mineralleri	8
Tablo 1.2	Türkiye 'de İşletilen Bor Yataklarının Ana Özellikleri	9
Tablo 1.3	Türkiye Bor Rezervi Dağılımı	9
Tablo 1.4	Kırka Tinkal Cevheri Kimyasal Analizi	13
Tablo 1.5	Kırka Tinkal Cevheri Gang Minerallerinin Bileşenleri	14
Tablo 1.6	Dünya Bor Mineralleri Üretimi	16
Tablo 1.7	Türkiye Bor Fiyatları	17
Tablo 1.8	Türkiye Bor Tuzları Üretim Değerleri	18
Tablo 1.9	Ülkelere Göre Dünya Boksit Rezervi ve Tenörleri	25
Tablo 1.10	Dünya Boksit Rezervi	26
Tablo 1.11	Seydişehir - Akseki Bölgesi Boksit Rezerv Tablosu	27
Tablo 1.12	Türkiye 'deki Boksit Yatakları Rezerv Tablosu	27
Tablo 1.13	Seydişehir - Akseki Bölgesi Boksit Yataklarının Tenörleri	28
Tablo 1.14	Türkiye Alüminyum İthalat ve İhracatı	35
Tablo 1.15	Türkiye Alüminyum Üretimi	36
Tablo 2.1	Kırmızı Çamur Numunesinin Kimyasal Analizi	40
Tablo 2.2	Kırmızı Çamur Numunesinin X.R.D Analizi	41
Tablo 2.3	Kırmızı Çamur Numunesinin Sıcaklık-Ağırlık Kaybı Değerleri	41
Tablo 2.4	Konsantratör Kil Pestili Atığı Kimyasal Analizi	42
Tablo 2.5	Konsantratör Kil Pestili Atığının X.R.F Analizi	43
Tablo 2.6	Konsantratör Kil Pestili Atığının X.R.D Analizi	43

Tablo 2.7 Konsantratör Şlam Atığının Kimyasal Analizi	44
Tablo 2.8 Konsantratör Tesisi Şlam Atığının X.R.F. Analizi	44
Tablo 2.9 Konsantratör Şlam Atığının X.R.D Analizi	45
Tablo 2.10 D.S.M Elek Üstü Atığının Kimyasal Analizi	47
Tablo 2.11 D.S.M Elek Üstü Atığının X.R.F Analizi	47
Tablo 2.12 D.S.M Elek Üstü Atığının X.R.D Analizi	48
Tablo 2.13 II. Kademe Atığı Kimyasal Analizi	49
Tablo 2.14 II. Kademe Atığının X.R.F Analizi	49
Tablo 2.15 II. Kademe Atığının X.R.D Analizi	50
Tablo 3.1 A Grubu Numunelerin Toplu Küçülme ve Kızdırma Kaybı Değerleri	60
Tablo 3.2 B Grubu Numunelerin Toplu Küçülme ve Kızdırma Kaybı Değerleri	60
Tablo 3.3 C Grubu Numunelerin Toplu Küçülme ve Kızdırma Kaybı Değerleri	61
Tablo 3.4 D Grubu Numunelerin Toplu Küçülme ve Kızdırma Kaybı Değerleri	62
Tablo 3.5 A Grubu Numunelerin Gözenek Miktarları ve Bulk Yoğunluk Değerleri	64
Tablo 3.6 B Grubu Numunelerin Gözenek Miktarları ve Bulk Yoğunluk Değerleri	64
Tablo 3.7 C Grubu Numunelerin Gözenek Miktarları ve Bulk Yoğunluk Değerleri	65
Tablo 3.8 D Grubu Numunelerin Gözenek Miktarları ve Bulk Yoğunluk Değerleri	65
Tablo 3.9 %100 Tuğla ve Kırmızı Çamur Numunelerinin Gözenek Miktarları ve Bulk Yoğunluk Değerleri	66
Tablo 3.10 A - B Grubu Numunelerin Birim Hacim Ağırlık Değerleri	68
Tablo 3.11 C - D Grubu Numunelerin Birim Hacim Ağırlık Değerleri	68

Tablo 3.12	%100 Tuğla ve Kırmızı Çamur Numunelerinin Birim Hacim Ağırlık Değerleri	69
Tablo 3.13	A - B Grup Nolu Numunelerin Ağırlıkça Su Emme Miktarları	70
Tablo 3.14	C - D Grup Nolu Numunelerin Ağırlıkça Su Emme Miktarları	70
Tablo 3.15	%100 Tuğla ve Kırmızı Çamur Numunelerinin Ağırlıkça Su Emme Değerleri	71
Tablo 3.16	A Grup Nolu Numunelerin Üç Nokta Eğme Dayanımı Değerleri	72
Tablo 3.17	B Grup Nolu Numunelerin Üç Nokta Eğme Dayanımı Değerleri	73
Tablo 3.18	C Grup Nolu Numunelerin Üç Nokta Eğme Dayanımı Değerleri	74
Tablo 3.19	D Grup Nolu Numunelerin Üç Nokta Eğme Dayanımı Değerleri	75
Tablo 3.20	%100 Tuğla ve Kırmızı Çamur Numunelerinin Üç Nokta Eğme Dayanımı Değerleri	75
Tablo 3.21	A Grup Nolu Numunelerin Basma Dayanımı Değerleri	76
Tablo 3.22	B Grup Nolu Numunelerin Basma Dayanımı Değerleri	77
Tablo 3.23	C Grup Nolu Numunelerin Basma Dayanımı Değerleri	78
Tablo 3.24	D Grup Nolu Numunelerin Basma Dayanımı Değerleri	79
Tablo 3.25	%100 Tuğla ve Kırmızı Çamur Numunelerinin Basma Dayanımı Değerleri	79

ÖZET

Günümüzde teknolojiadaki gelişmelere rağmen tesislerin değişik üretim aşamalarında bir çok noktada atık maddeler istemeyerek üretilmekte ve bu atıklar ilk olarak işletmeleri zor durumda bırakmakta, daha sonra da çevreyi kirletmekte ve Biosfer'e onarımı mümkün olmayan hasarlar vermektedir.

Bütün bunlara ilave olarak ülkelerin çok kısıtlı kaynakları tam olarak değerlendirilememekte ve sonuçta hammadde, insangücü ve/veya ekonomik değerler kaybedilmektedir. Ülkemiz gibi gelişmekte olan ülkeler için bu değerler daha fazla anlam ve önem arz etmektedir.

Yukarıda sıralanan değerlerin ışığı altında, içerdiği elementler açısından tuğla hammaddesi olarak kullanılabileceği düşünülen, Etibank Seydişehir İşletmesinde alümina üretimi esnasında açığa çıkan, içerisinde hematit ve sodyum alüminyum hidro silikat minerali bulunan kırmızı çamur ve Etibank Kırka Boraks İşletmesi bor türevleri tesisinde ve konsantratör tesisinde açığa çıkan, bor içeren atıklar ile kaliteli yapı tuğlası üretimi konusunda araştırma yapılmasına karar verilmiştir.

Bu amaçla yukarıda bahsedilen atıklar işletmelerden alınarak Afyon Kocatepe Üniversitesi Laboratuvarlarına getirilmiştir. İlk olarak atık malzemeler kurutma, kırma ve öğütme işlemlerinden geçirilmiş, daha sonra her iki bor atığı ayrı ayrı kırmızı çamur içerisine % 5, % 10, % 15 gibi değişik miktarlarda karıştırılarak 12cm x 15cm x 18cm boyutlarındaki özel olarak yaptırılmış kalıpta 25 ton'luk hidrolik preste 35 kg/cm² 'lik bir kuvvetle preslenmiştir. Son olarak şekillendirilen tuğla örnekleri kurutulmuş ve pişirilmiştir. Yapılan her aşamada (kurutma-pişirme) şekillendirilen tuğla örneklerinin tartımları yapılmış ve boyutları ölçülmüştür. Her karışım oranından 25'er adet basılan tuğla numuneleri, dört ayrı sıcaklıkta (600 °C, 700 °C, 800 °C ve 900 °C) pişirilmiş ve tüm numuneler üzerinde kuruma, pisme ve toplu küçülme, kızdırma kaybı, gözenek miktarı, bulk yoğunluk, birim hacim ağırlığının belirlenmesi, ağırlıkça su emme, üç nokta eğilme dayanımı, basma dayanımı, donma mukavemeti, pamuklaşma ve sertlik testleri yapılmıştır. Sonuçlar en iyi basma dayanımını veren karışımın, 900 °C'de pişirilen % 85 kırmızı çamur + % 15 d.s.m. elek üstü atığı olduğunu göstermiştir. Daha sonra bu grup örnekler diğer yapı tuğlaları ile kıyaslanmıştır.

Kıyaslama sonucunda imalatı gerçekleştirilen pres tuğla örneklerinin, diğer yapı tuğlalarına göre; eğilme-basma mukavemeti, porozite, su emme özellikleri, renk ve dekoratif görünüş açısından daha üstün olduğu tesbit edilmiştir.

SUMMARY

It is well known that, in spite of the technological advancement, several waste materials have been produced as a result of various production steps. All these wastes are viewed as nuisances and problems on the earth due to the pollution of the environment.

However, limited sources of countries can not be evaluated completely and human power and / or economic values have been lost. These values are much more important especially in developing countries like ours.

In the light of values above, it was decided to investigate the possibility of using some kind of waste materials as a raw material of brick. One of the waste materials is red mud. Red mud is a waste material obtained from the aluminium industry and consists mainly of hematite and sodium aluminium hydro silicate minerals. It was taken away from the Etibank Seydişehir Alüminyum Company. The other two kinds of waste materials were taken away from Etibank Kırka Boraks Company and consist mainly of borax.

- . The waste of concentrator
- . The waste of d.s.m. sieve (residue on d.s.m. sieve)

First, these waste materials had been dried, crushed and ground in Afyon Kocatepe University's laboratory. Secondly, both of the waste materials which consist of borax were separately mixed in proportions like 5 %, 10 %, 15 % with red mud. Finally these mixtures were made into blocks of special 12 cm x 15 cm x 18 cm under a pressure of 35 kg/ cm² by means of 25 ton hydraulic press and the formed brick samples were dried and burned. In each step (drying and burning), the formed brick samples were weighed and their dimensions were measured. In each mixture proportion, 25 pressed brick samples were burned at four different temperatures (600°C, 700°C, 800°C and 900°C) and all of the samples were tested for drying, burning and total reduction, loss on ignition, porosity, bulk density, density, imbibition, bending, compressive and freezing strength. The result indicated that, the mixture which had the best compressive strength was 85 % red mud and 15 % d.s.m. at 900°C. Later, on these groups of samples were compared the other building bricks from different points of view.

As a result of comparison, it was found out that the manufactured press-brick samples are superior than the other building bricks in following aspects: mainly bending and compressive strength, porosity, imbibition. On the other hand, the colour is rather decorative according to the other brick.

BÖLÜM 1.

GENEL BİLGİLER

1. YAPI MALZEMELERİ HAKKINDA GENEL BİLGİLER

1.1. Fabrika Tuğlaları

Fabrika tuğlası, kil killi toprak ve balcığın ayrı ayrı veya harman edilip, gerektiğinde su, kum, öğütölmüş tuğla ve kiremit tozu, kül ve benzeri karıştırılarak makinalarla şekillendirildikten ve kurutulduktan sonra fırınlarda pişirilmesi ile elde edilen ve duvar yapımında kullanılan bir malzemedir.

1.1.1. Düşey Delikli Tuğla

Düşey delikli tuğla, delikleri alt ve üst yüzeylerine dik bulunan tuğladır. Delik sayısı ve şekli standartlarda belirtildiği şekilde oluşturulur. İstenirse delik sistemleri değiştirilerek daha fazla ısı yalıtımı sağlanabilir.

1.1.2. Yatay Delikli Tuğla

Yatay delikli tuğla, delik eksenleri alın yüzeyine dik ve hacim ağırlığı 1.0 kg/dm³ veya daha az olan fabrika tuğlasıdır.

1.1.3. Dolu Tuğla

Dolu tuğla, deliksiz olan veya delik kesit alanlarının toplamı üst yüz alanının % 15' ini geçmeyecek kadar delikleri olan tuğladır.

1.1.4. Cephe Tuğlası

Cephe tuğlaları yapılarda dış bölgelerde kullanılacağı için donma olaylarına karşı dayanıklı olan tuğladır. Doğal olarak bu tip tuğlaların su emme miktarlarının az olması istenir.

1.1.5. Normal Tuğla

Normal tuğla anma boyutları (kenar uzunlukları; boy, en, yükseklik) 190 mmx 90mm x 50 mm olan tuğladır.

1.1.6. Modüler Tuğla

Modüler tuğla, anma boyutları (kenar uzunlukları; boy, en, yükseklik) 190 mm x 90 mm x 85 mm olan tuğladır.

1.1.7. Blok Tuğla

Blok tuğla, anma boyutları modüler tuğladan daha büyük olan tuğladır. Bu tuğlanın anma boyutları 190 mm x 190 mm x 135 mm' dir.

1.1.8. Klinker Tuğla

Klinker tuğlası, sinterleşmeye kadar pişirilmiş, birim hacim ağırlığı ve basınç dayanımı yüksek ve donma olaylarına karşı dayanıklı bir fabrika tuğlasıdır.

1.1.8.1. Dolu Klinker Tuğlası

Dolu klinker tuğlası, hiç deliği olmayan veya üst yüz alanının en çok % 15' i oranında delikleri bulunan klinker tuğlasıdır.

1.1.8.2. Delikli Klinker Tuğlası

Delikli klinker tuğlası, üst yüz alanının % 15' inden daha fazla delikleri bulunan fabrika klinker tuğlasıdır.

1.2. Harman Tuğlası

Harman tuğlası, kil, killi toprak ve balcığın ayrı ayrı veya birlikte yoğrulup gerektiğinde su, kum, öğütülmüş tuğla ve kiremit tozu ve benzeri ile karıştırılıp şekillendirildikten sonra kurutulup genellikle harman yerinde ocaklarda pişirilmesi yolu ile elde edilen ve duvar yapımında kullanılan bir malzemedir.

1.2.1. Dolu Harman Tuğlası

Dolu harman tuğlası, yukarıda bahsedildiği gibi üretilen ve bünyesinde delik bulundurmeyen harman tuğlasıdır.

1.2.2. Delikli Harman Tuğlası

Delikli harman tuğlası, 2'de bahsedildiği üzere üretilen ve alt ve üst yüzlerine dik doğrultuda delikleri bulunan harman tuğlasıdır.

2. YAPI MALZEMELERİNİN ÜRETİM TEKNOLOJİSİ

Beşiger adı verilen siloya boşaltılan 20 - 30 ton'luk hammadde buradan taşıyıcı bir bant yardımıyla taş ayıklama valsine gelir. Burada taşlarından ayıklanan hammadde ilk olarak kaba valse girer ve yaklaşık 4 mm'lik bir kalınlıktan geçirildikten sonra yine taşıyıcı bir bant yardımıyla dozajlayıcıya girer. Dozajlayıcıya yalnızca bir malzeme beslemesi yapılmamaktadır. Ayrıca giyotinden gelen bir miktar şekillendirme esnasında özelliğini kaybetmiş masse proste geriye döner ve dozajlayıcıya beslenir. Burada iki malzeme birlikte dozajlanır ve direk olarak burgulu karıştırıcıya girer. Burgulu karıştırıcıda çamura belirli oranlarda su ilavesi yapılarak plastik özellik kazandırılır.

Plastik özellik kazanmış çamur ince valse alınır ve yaklaşık 1.5 - 2 mm'lik bir kalıptan geçirilir. İyice inceltelen çamur burada vakumlu çalışan yatay ağızlı preslerde şekillendirilir. Şekillendirilen çamur önceden ayarlanmış ölçülere sahip giyotin ile kesilerek kurutulmak üzere arabalara alınır. Kurutma doğal ortamda yapılabildiği gibi büyük boyutlardaki kurutma fırınlarında kullanılabilir. Doğal kurutma süresi hava şartlarına bağlı olmakla birlikte yaklaşık 35 - 40 saat sürmektedir. Kurutulan ürün kamara tipi fırınlarda pişirmeye alınır. Pişirme işlemini tamamlamış ürünler hemen fırınlardan çıkarılmaz ve bir süre fırın içerisinde bekletilir. Bekletme süresi genellikle 12 saat kadardır. Bu işlemlerden sonra elde edilen ürün kalite kontrolü yapılarak stoklanır.

Harman tuğlaların üretim yöntemleri daha ilkel olmakla birlikte çok az talep edilmekte ve bu nedenle piyasaya nadir olarak sürülmektedir.

3. BOR HAKKINDA GENEL BİLGİLER

3.1. Borun Tarihçesi [1]

Altın ve gümüş gibi bor bileşikleri de binlerce yıldır insanoğlu tarafından bilinmekte ve çeşitli amaçlar için kullanılmaktadır. Örneğin, Babillilerin 4000 yıl önce altın işlemede, Çinlilerin 2800 yıl önce porselen cilalamada bor bileşiklerinden yararlandıkları bilinmektedir. Eski Mısırlıların, Mezopotamya uygarlıklarının, ölü mumyalama işlerinde yada yaralarını iyileştirmek için bor bileşiklerinden faydalandıkları bazı tarihi belgelerden öğrenilmiştir. Pers uygarlıkları ve Araplar da Boraks 'ı tanıyorlardı. Ayrıca Arapça bir kelime olan "Bourac" 'a hemen hemen 2000 yıllık bir el yazmasında raslanmıştır.

Avrupa 'ya boraks ilk olarak Marcopolo tarafından Venedikli sarrafların kaynaklama malzemesi olarak kullanmaları için getirilmiştir. O günlerde Moğolistan 'dan getirilen boraks kervanların en kıymetli yüklerinden birini oluşturmuştur.

Bor ayrı bir element olarak ilk defa 1808 yılında Fransa 'da Gaylussak tarafından ortaya konmuştur. Modern boraks endüstrisi ise 13. yüzyılda boraks 'ın Tibet 'den Avrupa 'ya getirilmesi ile başlar. 18. yüzyılda İtalya 'daki sıcak su kaynaklarından elde olunan Borik asit dünya ihtiyacının büyük kısmını karşılamıştır. 19. yüzyılda borik asit ilaç sanayiinde kullanılmaya başlamıştır. 1852 yılında Şili 'de Üleksit yatakları, 1859 yılında ABD 'de Neva 'da Kolemanit cinsi boraks yatakları bulunmuştur. 1864 yılında bulunan Kaliforniya 'daki Kolemanit ve Kernit cinsi boraks yatakları 1927 yılından sonraki yıllarda önemini artırarak dünya tüketiminin büyük kısmını karşılamıştır. Halen dünyada bor üretiminin denetimi ABD 'nin elindedir.

Ülkemizde Susurluk (Sultan Çayırı Yöresi) Pandemit yatakları Romalılar zamanından beri bilinmektedir. İlk ciddi madencilik 1865 yılında Fransız kuruluşu Dezmazures ile başlar. Daha sonra politik nedenlerle işletme ruhsatı İngiliz Borax Consolidated Şirketine geçmiştir. 1944 yılında yabancı şirketler millileştirilmiş ve ruhsat geri alınmıştır. Bir süre sonra Türk Boraks A.Ş. bu sahalarda faaliyete geçmiştir. 1950 yılında Bigadiç ve Kestelek 'te borat yatakları köylüler tarafından bulunmuştur. 1956 yılında MTA Emet 'de kömür aramaları yaparken Jeolog Gawlik tarafından

Hisarcık bor yatakları bulunmuştur. Etibank 1960 yılında bor yatakları işletmeye başlamıştır ve 1968 yılında M.T.A. 'nın arama yaptığı tüm sahalar Etibank 'a devredilmiştir. 1961 yılında Türk Boraks A.Ş. 'nin arama çalışmaları sonucunda Kırka Boraks yatakları bulunmuştur. Daha sonraları bu sahalar sodyum tuzu olarak Etibank 'a devredilmiştir. 1978 yılında tüm özel bor işletmeleri kamulaştırılmıştır. Bugün Türkiye 'de ki bor madenciliği, zenginleştirilmesi ve rafinasyonu Etibank tarafından yapılmaktadır.

3.2. Borun Oluşumu [1]

Litosferi meydana getiren kayalarda bir miktar bor mevcuttur. Kayaçların jeolojik kökeni ve kimyasal bileşimlerine göre bor içeriklerinin değiştiği bilinen bir gerçektir. Granitik ve mağmatik kayaçlar için 0.9-50 ppm. turmalinli granitler için 310 ppm 'e kadar bor içerdiği saptanmıştır. Bazik mağmatik ve volkanik kayaçların bor içerikleri farklıdır. Metamorfik kayaçlar ilksel kayalardaki bor içeriklerini genellikle muhafaza ederler.

Denizsel çökel kayalardan killi şeyllerin bor içeriği oldukça yüksek olup, 110-120 ppm 'e kadar çıkmaktadır. Ortalama olarak granit 3.0-9.0, ultrabazikler 31.0, Liparit (Asitik volkanik) 31.0, metaşist (Al 'ca zengin) 9.0-9.3, karbonatlar (kalker ve dolomit) 3.0-9.0, grovak 35.0, şeyl, killi şist 100.0, kil 310.0 ve boksit 3.0 ppm veya gr/ton bor içerirler. Deniz suyunun ortalama bor içeriği 4.6 ppm dir. Bu yüksek bir değer olarak kabul edilmektedir.

Intrüzif mağmatiklerde, kontakt metasomatik kayalarda bor sillikat mineralleri meydana gelerek yeryüzüne çıkmaktadır. Sıcak su kaynaklarında yapılan incelemelerde bor içeriklerinin 3-30 ppm arasında olduğu görülmüştür.

Bor tuzu yataklarının oluşumu genel olarak üç ayrı şekilde oluşmaktadır. Bu oluşumların dışında kalan yataklar ise "Diğer Tip Bor Yatakları" olarak gruplandırılmaktadır.

3.2.1. Intrüzif Mağmatik Kayaçlara Bağlı Yataklar [2]

Granit ve diyorit gibi asit intrüzyonların kontağında dolomit, kalker ve kalkerli marnların metamorfizması ile sekonder oluşmaktadır. Kontakt metamorfiklerden başka, asit intrüziflerde direkt bağlantı turmalinli peğmatitler oluşmaktadır. Bor yataklarının yeterince bulunmadığı ülkelerde bu tür yataklar işletilmektedir. Sovyetler Birliğinde işletilen bu tür yatakların işletilebilmeleri diğer borat yataklarına göre daha zor ve pahalıdır.

3.2.2. Denizsel Sedimanlarla İlgili Yataklar [2]

Denizsel killerde ve bu killerin taşlaşmasından oluşan şeyllerde jeokimyasal olarak bor içerikleri yükselir. Ancak bu tür oluşumların konsantrasyonlarına rastlanmamıştır.

Deniz suyunun buharlaşmasından oluşan tuz, jips yataklarında Mg , Ca , Na ve Ca borat mineralleri oluşturmaktadır. Ancak tuz yataklarında bor mineralleri yan ürün olarak elde edilir. Bazı karstlaşmış evapolit havzalarında erime ve yeniden çökme ile bor minerallerince zenginleşmeler meydana gelebilmektedir. Bu tür yataklarda sular tuzları ve boratları eriterek kurak bölgelerdeki göllere taşıyarak bor bileşiklerini de içeren tuzlu gölleri meydana getirmektedir. Bu gibi göllerin tuz üretimi yapılırken yan ürün olarak bortuzu bileşikleri de elde edilmektedir.

3.2.3. Volkanik Kayaçlara Bağlı Bortuzu Yatakları [2]

Volkanik faaliyetlerle ilgili sıcak su ve buhar kaynaklarının bor içeriği oldukça yüksektir. Bunların kapalı havzalarda birikmesi ve kurak, yarı kurak iklimlerde buharlaşması ile borat yatakları oluşmaktadır. Bor elementinin oksijene karşı afinitesi oldukça yüksektir ve uygun şartlarda bor oksitleri meydana getirmektedir. Sıcak su buharlarındaki bor oksitler atmosferle temas halinde Na , Ca ve sulu Mg ile birleşerek sulu bor bileşikleri meydana getirmektedir. Bortuzu yatakları yeryüzünde veya yeryüzüne yakın yerlerde, fiziksel ve kimyasal olaylarla çok kolay eriyerek hidrosfere karışabilmektedir. Bor mineralleri çok iyi korunabildikleri yerlerde büyük yataklar oluşturabilmektedir.

Fakat bu yataklar belirli birkaç bölgede toplanmış ve ekonomik olarak işletilebilenlerinin sayısı oldukça azdır.

3.3. Bor Mineralleri [1]

Bor mineralleri doğada serbest olarak bulunmaz. Yapay bor ise kristal yapıda olmak üzere iki şekilde elde edilebilir. Amorf bor siyah veya kahverengi toz şeklinde, kristal bor ise siyah, sert ve kırılgandır.

Bor yerkabuğunda oldukça seyrek bulunmasına rağmen büyük yataklar oluşturabilmiş bir elementtir. Bu yataklar genellikle bir alkali anyonla birleşmiş olan sulu bor minerallerinden ibarettir. Yatak oluşturma özelliğine sahip bu mineraller sodyumlu, kalsiyumlu, sodyum-kalsiyumlu veya magnezyumlu boratlardır. Bu minerallerin bir çoğu bileşim olarak birbirinin aynı olmasına rağmen bünyelerinde içerdikleri su miktarının farklı olması nedeniyle birbirlerinden ayrılırlar. Kütlesel

olarak yatak oluşturmasının yanısıra tuzlu gl sularında bulunan bor da ekonomik olarak şiletilebilmekte ve bor kaynağı olarak gösterilmektedir.

Doğa da 150 kadar bor minerali vardır. Bunlardan günümüzde ekonomik değeri olan ve üretimi yapılan bor mineralleri yukarıda Tablo 1.1 de verilmiştir.

3.4. Türkiye 'de Bor [1]

3.4.1. Türkiye 'de Bor Yatakları

Türkiye 'de bilinen bor yatakları Zonguldak-Mersin hattının batısında kalan neojen gl tortulları içerisinde yer almaktadır. Bu hat Türkiye 'nin neojen paleorafyasında genellikle karasal ve denizsel alanları ayırt etmektedir. Yataklar yukarıda bahsedilen oluşum koşullarına benzer olarak volkanik hareketlerin eşliğinde, kurak bölgelerdeki kapalı gl sistemlerinde oluşmuşlardır. Türkiye 'de başlıca dört bölgede bor cevheri üretimi yapılmaktadır. Emet ve Bigadiç kolemanit yatakları ile Kırka 'daki tinkal yatağı, dünyadaki sayılı borat oluşumlarındandır.

Eskişehir-Kırka tinkal yatağı, Eskişehir ilinin 60 km güneybatısında yer almaktadır. Bu yatak hakkındaki daha geniş bilgi bölüm 3.5 'de verilmektedir.

Kütahya-Emet Bölgesi bor yatakları, Kütahya ilinin 98 km batısındadır. Emet yatağı % 1 'e varan oranlarda arsenik içermektedir. Arsenik Realgar ve Orpiment bileşimindedir ve yer yer kolemanit içerisinde kırmızılıklar olarak görülmektedir.

Balıkesir-Bigadiç bölgesi bor yatakları, Balıkesir ilinin 40 km kadar güneyinde yer almaktadır. Bölgedeki yataklanma, diğer Batı Anadolu borat yataklarındaki olduğu gibi neojen gl tortuları içerisinde oluşmuştur. Alttan ve üstten kalker tabakalarıyla çevrelenen boratlı zonun ortasında zayıf bir tinkal oluşumu vardır. Bu tinkalin çevresi kolemanitle sarılmıştır. Boratlar 1-3 m 'lik tabakalar halinde killerin içerisinde yer alır. Arsenik içeriğinin düşük olması Bigadiç yataklarının önemli bir özelliğidir ve bu nedenle bor pazarında tercih edilmektedir.

Bölgede şu anda kolemanit ve uleksit cevheri üretilmektedir. Bursa-Kestelek bor yatakları Emet bölgesindeki yataklara büyük benzerlik göstermektedir. Yataklar neojen gl tortuları içerisinde oluşmuş ve paleozoik kristalin kayaçlar üzerine oturmuşlardır. Tabandan tavana doğru dizilen 100 m kalınlığındaki taban konglomerası ile başlar. Bunun üzerinde 200 m kalınlığında linyitli kil, tf, marn ve aglomera serisi vardır. Kil, tf, marn ve aglomera ile karışmuş olan borat serisi bu tabakanın üzerine oturmuş ve kalınlığı yer yer 100 m 'yi bulmuştur.

Tablo 1.1 Belli Başlı Bor Mineralleri [1]

Adı	Formülü	% B_2O_3	% H_2O	Özgül Ağırlık
Tinkal	$Na_2B_4O_7 \cdot 10H_2O$	36.5	47.2	1.69-1.80
Kernit	$Na_2B_4O_7 \cdot 4H_2O$	51.1	26.5	1.95
Tinkalkonit	$Na_2B_4O_7 \cdot 5H_2O$	47.8	30.9	---
Üleksit	$NaCaB_3O_6 \cdot 8H_2O$	43.1	35.5	1.96
Probertit	$NaCaB_3O_6 \cdot 5H_2O$	49.6	15.4	---
Kolemanit	$Ca_2B_6O_{11} \cdot 5H_2O$	50.9	21.9	2.26-2.48
Pandermit	$Ca_4B_{10}O_{19} \cdot 7H_2O$	49.8	18.1	2.42
Priseit	$Ca_3B_{12}O_{23} \cdot 7H_2O$	50.7	15.4	2.40
Borasit	$Mg_3B_7O_{13}Cl$	62.2	---	2.90
Szaybelit	$Mg(BO_2)(OH)$	41.4	---	---
Göl suları	---	1.5-2.0	---	---

Boratlar killeri arasında oluşmuş yumrular halindedir. Üst kireçtaşı tabakasının üzerinde konglomera ve alüvyon yer almaktadır. Türkiye 'de işletilen bor yataklarının ana özellikleri Tablo 1.2 'de gösterilmiştir.

Türkiye 'nin bor rezerviyle ilgili olarak kesin rakam vermek oldukça güçtür. Çünkü MTA ve Etibank tarafından sürekli aramalar yapılmakta ve her geçen gün Türkiye bor rezervinin daha büyük olduğu ortaya çıkmaktadır. Türkiye bor rezervi ile ilgili yapılan son çalışmalar (1993) Türkiye 'nin bor rezervinin tahmini olarak 240-320 milyon ton olduğu sanılmaktadır. Değerler aşağı da Tablo 1.3 'de verilmiştir.

3.4.2. Türkiye 'de Bor Üretim Teknolojisi

Bor rezervleri açısından dünyada ilk sırada gelen Türkiye, bor cevheri konsantresi ve rafine bor bileşikleri üretiminde de önemli bir yerdedir.

Etibank 'a ait kuruluşları çok yeni tesislerde, borat yıkama ve sınıflandırma gibi işlemler ile belirli bir B_2O_3 tenörüne yükseltilerek satışa sunulmakta veya çeşitli işlemlerle rafine bor bileşikleri haline getirildikten sonra satılmaktadır. Ürünlerin büyük bir kısmı ihraç edilmektedir. Çalışma konumuzu kapsayan Etibank Kırka tesisleri hakkında daha geniş bilgi bölüm 3.5 'de geniş bir şekilde verileceğinden bu bölümde Türkiye 'deki diğer tesislerin üretim teknolojileri üzerinde durulmuştur.

Tablo 1.2. Türkiye 'de İşletilen Bor Yataklarının Ana Özellikleri [2]

<u>Bulunduğu Bölge</u>	<u>Yaş</u>	<u>Borat</u> <u>Zonu</u>	<u>Genel Bilgiler</u>
Kırka	Pliyosen	170 m	Tavan çörtlü kireçtaşı , taban Miosen kireçtaşı , boratlar kil , marn , tuf ile almasıık.
Emet	Miyosen	175 m	Tavan çörtlü kireçtaşı , taban kırmızı seri boratlar , kil , marn ve tuf ile almasıık.
Bigadiç	Miyosen	100 m	Tavan kireçtaşı marn , taban kristal tuf boratla kil, marn ve tuf ile almasıık.
Kestelek	Pliyosen	100 m	Tavan pleistosen çakıllar, taban koglomera kireçtaşı , borratlı kil , marn tuf , kireçtaşı ile almasıık.

Tablo 1.3. Türkiye Bor Rezervi Dağılımı [1]

Bölge	Toplam (Milyon ton)		Rezerv %	Tenör (%B ₂ O ₃)	Rezerv(B ₂ O ₃) (Milyon ton)
Balıkesir-Bigadiç	975	T	39.83	25-30	268.13
Eskişehir-Kırka	542	T	22.24	25	135.50
Kütahya-Emet	644	(G.M)	26.31	42-46	283.32
Kütahya-Emet	250	(G.M)	10.21	40	100.00
Kütahya-Emet	30	(G.M)	1.22	35	10.50
Bursa-Kestelek	7	G	0.29	45	3.20
Toplam	2448		100.00		800.65

- G : Görünür Rezerv : Olasılık % 100, tesbit edilmiş cevher.
M : Muhtemel Rezerv : Olasılık % 80, tam olarak tesbit edilmemiş cevher.
Mü : Mümkün Rezerv : Olasılık % 50, verilerin devamlılığı gerçekçi değil.
T : Toplam Rezerv : G + M + Mü. rezervlerin toplamı.

a. Etibank Emet Kolemanit İşletmesi [1]

Emet Kolemanit tesislerinde üretim iki ana bölgede yapılmaktadır. Bunlar Espeydeki iki yeraltı ocağı ve Hisarcık civarındaki yerüstü ocaklarıdır. Espey ocaklarından elde edilen kolemanit cevheri ortalama % 39 B_2O_3 tenörlüdür. Hisarcık ocağında ise birinci ve ikinci kalite olmak üzere iki tip cevher vardır. Birinci kalite kolemanit % 27 B_2O_3 , ikinci kalite kolemanit % 17 B_2O_3 tenöründedir. Cevherdeki arsenik tenörü çok yüksek olup % 1 'e kadar çıkabilmektedir. İki kalite kolemanit, tenörünün düşüklüğü ve yapısının uygun olmaması nedeniyle mevcut konsantratör tesisinde değerlendirilememektedir. Emet Hisarcık konsantratörü yılda 900.000 bin ton cevher işleyebilen bir yıkama tesisidir. Yerüstü ve yeraltı ocaklarından gelen cevher ayrı ayrı işlenerek dört ayrı çeşit konsantre elde edilmektedir. Konsantre tane irilikleri 0.2-0.3, 3-25 ve 25-100 mm 'dir. 3-25 mm tane iriliğinde, düşük ve yüksek tenörlü iki çeşit konsantre elde edilmektedir. Bu konsantreler doğrudan satışa sunulmaktadır. Atıklar yeraltı ocağı cevherlerinde % 29 B_2O_3 , açık ocak cevherlerinde ise % 14 B_2O_3 tenöründedir.

b. Etibank Bigadiç Maden İşletmesi [1]

Bigadiç Kolemanit İşletmesi Müessesesi 'nde, altı adet yeraltı ve bir adet yerüstü ocağından üretim yapılmaktadır. Cevherin alt ve üst boratlı seviye olarak adlandırıldığı Bigadiç 'te, B_2O_3 tenörü her iki kısımdan da birbirinin aynıdır. Ancak üst boratlı zon, toplam rezervin % 17 'sini oluşturmaktadır. Toplam rezervin % 90 'ı kolemanit, % 10 'u uleksitten ibarettir.

Bigadiç konsantratörü % 30 B_2O_3 tenörlü cevheri işleyebilecek 400.000 bin ton kapasiteli bir tesistir. Tesiste amaç, cevheri kilinden ayırmaktır. Bunun için büyük ıslatma havuzlarında bir gün kadar tutulan cevherde kilin kabarması sağlanmaktadır. Yıkama ve klasifikasyon devresinde ise kilin büyük bir kısmı atılarak cevher zenginleştirilmektedir. Tesiste kolemanit ve uleksit cevheri ayrı ayrı işlenmekte, konsantreler ayrı ayrı depolanmaktadır. Kolemanit cevheri ufalama, eleme ve klasifikasyon devrelerinden geçtikten sonra tane iriliğine göre üç ayrı konsantre elde edilmekte ve 0.2 mm 'nin altı artık göletine verilmektedir. Kurtarma randımanı kolemanit için % 75, uleksit için % 86 civarındadır.

c. Etibank Bandırma Boraks ve Asit Fabrikaları İşletmeleri [1]

Bandırma Boraks ve Asit Fabrikaları İşletmesi, Kırka, Bigadiç ve Emet bor işletmelerinden gelen cevheri işleyerek rafine bor ürünleri üretmektedir. Bandırma borik asit tesisinin kapasitesi 35.000 ton/yıl 'dır.

Kalsine kolemanit cevheri ile sülfürik asit birlikte işleme sokularak borik asit üretilmektedir. Proses teknoloojisi, çözündürme ve kristalizasyon tekniklerine dayanmaktadır. Konsantreler kalsine edildikten sonra tekrar öğütülerek sülfürik asit ile çözündürülmekte ve filtre edilerek kristalizatöre verilmektedir. Oluşan kristaller kurutulup sınıflandırıldıktan sonra satışa sunulmaktadır.

Borik asit üretimi, kolemanit yerine tinkal cevherinden yapıldığında, borik asitin yanısıra oluşan "Glober tuzu" (sodyum sülfat) kağıt ve deterjan endüstrisinde kullanılmaktadır. Tinkalden borik asit üretiminde, sülfirik asit sarfiyatı kolemanite göre daha az olmaktadır ve süzülmesi zor jips teşekkül etmektedir. Zengin tinkal yatakları olan ülkelerde borik asit üretiminde kolemanit kullanılması, tesislerinin projelerinin yapıldığı yıllarda Türkiye 'nin tinkal potansiyeli tam olarak bilinmemesinden kaynaklanmaktadır.

Bandırma Boraks Tesisi 'nin kapasitesi 55.000 ton/yıl 'dır. Uygulanan proses, Kırka tinkal cevherinin sıcak suda çözündürülmesi ve temiz çözeltiden boraksın kristalizasyon yoluyla elde edilmesidir. Kırka konsantratöründen gelen -6 mm tane iriliğindeki % 30-32 B_2O_3 Tenörlü tinkal konsantresi, buharla 98° C 'ye ısıtılan çözeltme tanklarında çözündürülmektedir. Çözünmeyen kil, dolomit ve kalker gibi emprüteler tikinerlerde çözelirken berrak taşkan basınçlı filtrelele verilmektedir. Filtrelerde tamamen temizlenen çözelti kristalizatörlere gönderilmektedir. 80°C civarındaki çözelti, kristalizörde 35°C 'ye düşürülürken boraks dekahidrat kristalleri oluşmaktadır. Susuzlandırılıp kurutulan boraks dekahidrat daha sonra satışa sunulmaktadır.

Sodyum perborat tesisi 20.000 ton/yıl kapasitesindedir ve üretim "Ugine" yöntemi ile yapılmaktadır. Boraks % 5 lik sodyumhidroksitle reaksiyona sokularak önce metaborat elde edilmekte, sonra metaborat çözeltisi katı parçacıklardan ayrılması için basınçlı filtrelele gönderilmektedir. Filtrelemede diatomitlerden yararlanılmaktadır. Çözelti soğutulduktan sonra diatomit yıkanarak ortamdan uzaklaştırılmaktadır. Temiz çözelti kristalizatörde % 50 'lik hidrojen peroksit ile reaksiyona sokularak sodyum perborat kristalleri oluşturulmaktadır. Kristaller kurutulup elendikten sonra satışa sunulmaktadır.

3.5. Etibank Kırka Boraks İşletmesi Müessesesi [1]

3.5.1. Tarihçe

Etibank Kırka Boraks İşletmesi, Eskişehir-Afyon yolunun 73. km 'sinde, Kırka bucağının 4 km. batısındadır. Türkiye 'deki bor tesisleri içinde ocaklara, konsantratöre ve rafinasyon tesislerine sahip tek kuruluştur. İşletilen tinkal yatağı, ülkemizdeki tek tinkal yatağı olup dünyadaki benzerlerinin en büyüğüdür.

Kırka bölgesindeki bor sahaları için 1950 'li yıllarda Türk vatandaşları arama ruhsatları almışlardır. 1960 yıllarında bu sahaların tümü "Borax Consolidated Ltd." adındaki bir İngiliz şirketi tarafından devralınmıştır. Şirket daha sonra adını "Türk Boraks A.Ş." ne dönüştürerek bölgede üretime başlamıştır. Etibank 1967 yılında, Kırka bölgesi ve çevresini kapsayan yerlerde maden kanununa uyarak sodyum tuzu aramak üzere müracaatta bulunmuştur. M.T.A ile başlatılan arama çalışmaları sonunda, bölgede dünyanın sayılı bor yataklarının bulunduğu görülmüştür. Daha sonra Türk Boraks Madencilik A.Ş. 'nin işletme ruhsatları iptal edilerek, Kırka - Sarıkaya boraks yataklarının Etibank Genel Müdürlüğü 'nce işletilmesine karar verilmiştir. 19.6.1970 tarihinde şantiye şefliği adı altında faaliyetlere başlayan müessese, 1975 yılında 50 milyon TL. sermayeli Mahdut Musuliyetli Kırka Boraks İşletmesi Müessesesi olarak bugünkü statüsüne kavuşmuştur.

3.5.2. Cevherleşme

Kırka tinkal yatakları, miosen sonunda oluşan fay çatlaklarından gelen borik asit, sodyum ve magnezyum içeren eksolasyonların, volkanik çamur ve küllerin, neojen göl sularına karışıp çökmesiyle oluşmuşlardır. Derin kesimlerde boraks kristallenirken sığ kesimlerde uleksit pirimer olarak çökmüştür.

Alüvyonlar ve bazaltın altında bir kalker tabakası, bu tabakanın altında ise 60 m. kalınlığında kil-marn serisi vardır. Bu seriyi borat serisi takip etmektedir. Boratlar başlıca tinkal cevherinden ibaretdir. Bunun yanısıra kolemanit, kernit, uleksit gibi mineraller ve kurnakorit, inderit, inderborit gibi sulu magnezyum boratlar da vardır. Ancak bu mineraller yataktaki boratların % 10 - 15 'i kadardır. Boratlı tabakanın kalınlığı 2-130 m. arasında değişir. Ortalama kalınlık 70-80 m. 'dir. Boratlı tabakanın altında az miktarda ve ince borat tabakaları içeren kil-marn serisi bulunmaktadır. Bu serinin kalınlığı 40 m. kadardır. Bu tabakayı 80 m. kalınlığındaki alt kireçtaşı serisi takip etmektedir. Yataklarda birbirine tedricen geçiş gösteren ve boraks kristalleriyle killerin değişimine göre sınıflandırılan üç tip cevherleşme belirlenmiştir.

a. Camsı Cevher

Bunlar rekristalizasyona uğrayarak saflaşmış cevher olup, suda çözünmeyen madde içeriği çok düşüktür. Saydam, cam görünümünde çoğunlukla renksiz veya bal rengindedir. Çok az miktarda olup gelişigüzel dağılmıştır.

b. Tabakalı Cevher

Yatağın yaklaşık % 10 'unu oluşturan bu cins cevher, tinkal ve suda çözünmeyen maddelerin katmanlar halinde dizilmesi ile oluşmuştur. % 27-29 B_2O_3 içermektedir. Çözünmeyen maddelerin çoğunu dolomit esaslı maddeler oluşturmaktadır.

c. Breşik Cevher

Yatağın yaklaşık % 90 'ını oluşturan bu cevher, genelde % 23 - 25 B_2O_3 içermekte, ancak taban zonunda tenör % 20 B_2O_3 'e kadar düşmektedir. Bireşik cevherde tinkal minerali ile gang mineralleri iyice karışmış halde olup, suda çözünmeyen maddeler genelde yüksek silikatlı yapıdaki kil esaslıdır.

Kırka tinkal cevheri içerisindeki kilin montmorillonit cinsi olduğu belirlenmiş ve kimyasal analizi aşağıda Tablo 1.4 'de verilmiştir.

Dolomit ise % 30.41 CaO, % 21.87 MgO, % 47.72 CO_2 'den oluşmaktadır. Cevher yatağındaki gang minerallerinin yapıları Tablo 1.5 'de verilmiştir.

Tablo 1.4. Kırka Tinkal Cevheri Kimyasal Analizi [3]

SiO ₂	% 50.0
R ₂ O ₃	% 5.0
MgO	% 15.3
CaO	% 4.5
Kızdırma kaybı + nem	% 25.2

3.5.3. Tesisler

Kırka boraks işletmesinde cevher üretimi açık işletme yöntemiyle yapılmaktadır. Cevherin üzerindeki sedimanter kayaçlar, 8 m. yükseklik ve 25 m.

genişliği olan basamaklar oluşturularak kaldırılmaktadır. Basamakların genel eğim açısı 16-25° arasındadır. Genel şev açısı ise 85° dir. Tinkal cevheri elektrikli ekskavatorlerle çıkarılıp, kamyonlarla yakınındaki konsantratör tesisine nakledilmektedir. Dekapaj oranı 3.59 m³/ton olup, 30-50 m. kalınlığındaki örtü tabakasının altında, 30-150 m. kalınlığında cevher bulunmaktadır. Yılda 1-1.5 milyon m³ dekapaj yapılmaktadır. Açık işletme iki vardiya çalışmakta ve günlük üretim konsantratör tesisine bağlı olarak, 1500-2000 ton arasında değişmektedir. Çıkarılan cevherin ortalama tenörü % 26 B₂O₃ 'dir.

Tablo 1.5. Kırka Tinkal Cevherindeki Gang Minerallerinin Bileşimleri [1]

Numune Cinsi	Montmorillonit (%)	Dolomit (%)	Kalsit (%)
Marnlı kil	55	45	---
Breşik cevher içinde marnlı kil	49	51	---
Camsı cevher içindeki yeşil kil	62	38	---
Breşik cevher içindeki beyaz kil	15	85	---
Tabakalı cevher içindeki beyaz kil	15	65	20
Uleksitli yeşil kil	95	5	---
Uleksit	6	94	---

3.5.3.1. Konsantratör Tesisi

Tesis 1975 yılında devreye girmiş olup yılda 1.000.000 ton tüvenan cevher işleme ve % 32-33 B₂O₃ tenörlü 680.000 ton konsantre tinkal üretim kapasitesine sahiptir. Konsantratör tesisinde, açık işletme sahasından kamyonlarla getirilen cevher 40 cm 'lik ızgaradan geçirilerek önce 10 cm 'ye daha sonra 2.5 cm 'ye kırılarak 10.000 ton kapasiteli ara stok binasında stoklanmaktadır. Ara stok binasından düzenli olarak alınan malzeme 6 mm 'lik kuru elekte elenir. 6 mm boyutun altındakiler % 65 katı/sıvı pülp haline getirilerek, içerisinde bulunan başlıca yabancı madde killerin aşındırılarak yıkanması için A tesisinde 6 adet, B tesisinde 12 adet olan yıkama hücrelerine verilir. Buradan çıkan malzeme 1mm 'lik sulu elekten elenir, elek üstü +1 mm ' lik ürün santrifüj su arındırıcılarından geçirilerek stoklanır. 6 mm üzerindeki malzeme A tesisinde merdaneli kırıcıda, B tesisinde ise çekikli kırıcıda kırılarak aynı işlemden geçirilir. 1 mm ' nin altındaki elek altı ürünün içerisindeki tinkal ise hidrosiklon ve klasifikatörler vasıtasıyla çok ince parçalı (-38 mikron) killerden arındırılıp, santrifüj su arındırıcılarından geçirilerek stoklanır. Şekil 2.2

3.5.3.2. Bor Türevleri Tesisi

Konsantratör tesisinden üretilen 0-6 mm. 'lık % 32-33 B_2O_3 tenörlü konsantre tinkalin 280.000 tonu iç ve dış piyasada satılmak üzere nihai silo önünde stoklanır. 312.600 tonu ise bor türevleri tesisindeki 10.000 ton kapasiteli ara stok binasına beslenir.

Ara stok binasından alınan konsantretinkal $98^{\circ}C$ 'de çözme tankında çözündürülür ve içindeki yabancı maddeler 1. 2. ve 3. kademe tiknerlerde çöktürüldükten sonra basınçlı filtreler ile süzülür. Yabancı maddeler 1. kademede anyonik flokülant ile, 2. kademede noniyonik flokülant ile, 3. kademede polietilen oksit ile çöktürülmektedir. Elde edilen temiz çözelti pentahidrat kristalizatörüne beslenir, sıcaklık $98^{\circ}C$ 'den $66^{\circ}C$ 'ye düşürülerek pentahidrat kristalleri elde edilir.

Pentahidrat kristalleri çözeltiden hidrosiklon ve santrifüjler ile ayrıştırılarak döner kurutucularda kurutulup, 3 katlı elekte elenir. Elek ortası 1.2 - 0.075 mm. 'lık ürün satışa arz edilmek üzere Değirmenözü Yükleme Tesislerine, buradan da Bandırma Limanına kapalı tanker ve kapalı vagonlarla sevk edilir. Tesisten yılda 160.000 ton % 48 B_2O_3 tenörlü 1.2-0.075 mm. ebatlı boraks pentahidrat üretilmektedir. Bor Türevleri Tesisinin akım şeması şekil 2.3 'de verilmiştir.

Üretilen boraks pentahidrat ile oluşan standart dışı ürünler (boraks pentahidrat tozu), susuz boraks üretmek için ergitme fırınına verilir. Ergitme fırınında $774^{\circ}C$ 'de boraks, bünyesindeki kristal suyundan tamamen arındırılır, fırından alınır, soğutulur, kırılır ve elenip 1.68 - 0.21 mm. boyutlu ürün haline geldikten sonra satışa arz edilir. Bor türevleri tesisi % 35 B_2O_3 tenörlü 405.000 ton konsantre tinkalden ;

- % 48 B_2O_3 tenörlü 160.000 ton/yıl boraks pentahidrat ,
- % 68.9 B_2O_3 tenörlü 60.000 ton/yıl susuz boraks,
- % 37 B_2O_3 tenörlü 17.000 ton/yıl boraks deka hidrat ,

üretmek üzere 1985 yılında devreye alınmıştır. Mevcut olan bor türevleri tesisine ilave olarak 160.000 ton/yıl kapasiteli aynı teknoloji ve çalışma sistemine sahip 2. bor türevleri tesisinde de boraks pentahidrat üretimi gerçekleştirilecektir.

3.6. Türkiye Bor Ekonomisi [1]

3.6.1. Tüketim

Türkiye 'de tüketimin büyük bir bölümü sabun ve deterjan sanayiinde olmaktadır. Daha sonra sırasıyla emaye ve seramik , fiberglass cam ve diğerleri alanında tüketilmektedir. Diğer ülkelerdeki kullanım alanları aşağıda verilmiştir.

3.6.2. Üretim

Tablo 1.6. Dünya Bor Mineralleri Üretimi (Milyon ton) [4]

	ABD		TÜRKİYE		DİĞER ^a		TOPLAM	
Yıllar	Brüt Ağırlık	B ₂ O ₃ İçeriği	Brüt Ağırlık	B ₂ O ₃ İçeriği	Brüt Ağırlık	B ₂ O ₃ İçeriği	Brüt Ağırlık	B ₂ O ₃ İçeriği
1987	1,26	0,62	0,98	0,38	0,37	0,10	2,61	1,10
1988	1,15	0,58	1,23	0,48	0,55	0,15	2,93	1,21
1989	1,11	0,56	1,18	0,45	0,65	0,18	2,94	1,19
1990	1,09	0,61	1,25	0,49	0,63	0,17	2,97	1,27
1991	1,24	0,63	1,15	0,46	0,60	0,16	2,99	1,25
1992	1,14	0,58	1,20	0,47	0,60	0,16	2,94	1,21

a. Arjantin, Bolivya, Şili, Peru, Çin H.Cum. ve SSCB için tahmin.

3.6.3. Ticaret

Türkiye sahip olduğu büyük potansiyelin sonucu olarak dünya bor ticaretinde çok önemli bir yere sahiptir. Türkiye bor ürünlerinin büyük bir bölümünü dışarıya satmaktadır. Türkiye 'nin maden ihracatı toplam ihracatının % 3 'ünü, toplam maden ihracatının da % 45 'ini bor ürünleri oluşturmaktadır. Etibank ihracatının büyük kısmı konsantre cevher olarak yapılmaktadır. (1990 yılında % 82 konsantre cevher % 18 rafine ürün). Türkiye bor tuzları üretim değerleri Tablo 1.7 'de verilmiştir.

3.6.4. Fiyatlar

İç piyasadaki bor fiyatları dış satış fiyatlarının çok az da olsa üzerinde gerçekleşmektedir. 1985-1990 yılları Türkiye bor fiyatları aşağıda verilmiştir.

3.7. Kullanım Alanları [4]

Bor minerallerinin ve bor ürünlerinin kullanım alanları giderek çeşitlenmektedir. Aşağıda bor minerallerinin en çok kullanıldığı alanlar sıralanmıştır.

Tablo 1.7. Türkiye Bor Fiyatları (\$ /Ton) [4]

ÜRÜNLER	1985	1986	1987	1988	1989	1990
Tinkal	148-190	144-206	146-212	229	236	243
Uleksit	123-180	127-183	130-188	203	209	215
Kolemanit(F)	255-290	190-325	195-325	351	362	373
Kolemanit(R)	145-190	145-325	148-195	210	216	323
Etibor- 46	---	---	240-300	320	335	350

3.7.1. Fiberglass, Cam, Emaye ve Kaplama Sanayii

Aslında cam sanayiinde boratlar oldukça pahalı ve sorun oluşturan bileşiklerdir. Üretim esnasında oluşan baca gazlarında B_2O_3 kaybı oldukça fazladır. Bu kayıp bilhassa sulu boratlar kullanıldığında artmaktadır. Bu nedenle üreticiler için uygun bileşikler susuz boratlar ve susuz borik asit olması gerekirken birim B_2O_3 başına fiyatları çok düşük olduğu için genelde sulu boratlar tercih edilmektedir. Normal bir cam fiberglass 'a dönüştürüldüğünde yüzey alanı artar. Boratlar bu aşamada akışkanlaştırıcılardan dolayı oluşacak çözünmeyi engellemek suretiyle malzemenin dayanıklılığını sağlamak için katılırlar. Öyle ki tüm fiberglasslar az yada çok borat içerirler.

Tekstil ve izolasyon fiberglasslarında bileşime giren boratları tipi ve miktarı farklıdır. Örneğin izolasyon fiberglasslarında B_2O_3 içeriği kayıpları birlikte % 6.5-7.5 arasında değişirken, tekstil fiberglasslarında kayıpla birlikte % 9.5-10.5 arası değişir. Ayrıca tekstil fiberglasslarında borik asit , bor oksit yada kolemanit gibi düşük sodyumlu veya sodyumsuz boratlar tercih edilirler. Camlarda ise termal genleşme kapasitesini arttırmak ve camı ısıya dayanıklı hale getirmek için cam hamuruna borat ilavesi yapılmaktadır. Cama verilmek istenen özelliğe göre katılan B_2O_3 miktarı % 6.5-23 arasında değişebilir. Bu iş için cam üreticileri borik asit veya bor oksiti tercih ederler. Fakat ucuz olması nedeniyle şu anda en çok boraks pentahidrat kullanılmaktadır.

Seramik kaplamaları ve emaye yada porselen sırlarında ise boratlar bir akışkanlaştırıcı görevi yaparlar. Sır malzemesine üretim esnasında sağlanan özellikler düşük ergime sıcaklığı, düşük yüzey gerilimi ve düşük termal genleşmedir. Bunlar sır malzemesinin daha düşük sıcaklıklarda ve daha kolay ergimesini sağladıkları için üretim maliyetinde bir düşme sağlarlar. Boratların miktarı, silis ve alkaliler gibi bileşime giren diğer elamanların miktarına göre ayarlanır.

Tablo 1.8. Türkiye Bor Tuzları Üretim Değerleri [3]

YILLAR	C E V H E R (Ton)			K O N S A N T R E (Ton)		
	Miktar	%B ₂ O ₃	B ₂ O ₃	Miktar	%(B ₂ O ₃)	(B ₂ O ₃)
1976	911756	32.00	295	543 627	40.00	219 577
1977	1 100 472	33.10	363	728 923	41.00	300 595
1978	1 319 575	32.90	370	866 419	40.70	352 820
1979	1 171 679	29.60	347	703 406	40.00	281 367
1980	1 333 563	29.30	288	801 172	39.90	320 210
1981	1 528 477	30.00	392	842 573	39.10	329 869
1982	1 399 172	27.00	017	787 407	38.80	306 083
1983	1 213 455	29.70	459	702 301	37.00	260 250
1984	1 412 740	28.50	325	894 606	36.90	330 660
1985	1 513 240	28.90	378	954 359	37.70	359 430
1986	1 613 600	28.30	959	928 010	37.60	349 031
1987	1 629 345	28.60	360	980 150	38.10	373 858
1988	2 043 628	28.40	570	1 230 828	38.40	472 641
1989	2 003 040	28.50	403	1 205 028	38.40	465 500
1990	1 931 652	28.50	658	1 162 082	38.40	450 000

3.7.2. Sabun ve Deterjan Sanayii

Boraks ve sodyum perborat temizleme ve beyazlatma işlemlerinde son derece etkili birer bor bileşimidirler. A.B.D 'de rafine edilmiş borakstan elde edildiği için nihai bir bor bileşiği olarak niteleyebileceğimiz sodyum perborat Avrupa 'da doğrudan tıkal cevherinden üretilmektedir ve dolayısıyla bir yan ürün olarak düşünülebilir. Boraks Avrupa 'da olsun A.B.D 'de olsun evlerde yada endüstride kullanılan sabun ve deterjanların yapısında yumuşatıcı bir katkı maddesi olarak bulunur. Sodyum perborat ise temizlik mamüllerine beyazlatıcı özelliği ve aktif bir oksijen kaynağı görevi yapması sebebi ile katılır.

Türkiye 'de üretilen deterjanlar yapı ve formül olarak benzer yıkama sistemleri kullanılmasından dolayı Avrupa 'dakilere çok benzemektedirler. Türkiye 'de üretilen rafine bor bileşiklerinin çok büyük bir kısmı ihraç edilirken sodyum perborat için durum farklıdır. Bu bileşik genellikle yerli deterjan firmaları tarafından satın alındığı için iç satış her zaman dış satıştan fazla olmuştur.

3.7.3. Diğer Kullanım Alanları

Ateşe dayanıklı malzeme , tarım , nükleer uygulamalar ve diğer spesifik kullanım alanıdır. Boratlar ve borik asit selülozik malzemeler için etkin bir ateş önleyicidir. Boratlar selülozun yapısından tutuşmadan hemen önce su moleküllerini uzaklaştırırlar. Bir ön kavurma olarak niteleyebileceğimiz bu olay malzemenin alev almasını ve daha fazla yanmasını engellemektedir. Pamuklu şiltelerde ve mobilya kaplamalarında ateş önleyici olarak borik asit kullanımı oldukça fazladır. Bunun yanı sıra plastik malzemelerde tutuşmayı geciktirici olarak bor bileşiklerini kullanılmaktadır. Bu bileşikler çinkoborat, baryum metaborat, bor fosfat ve amonyum fulio borattır.

Tarımda öncelikle gübrelere bir miktar bor katılmaktadır. Çünkü bitkiler eser miktarda bora ihtiyaç duyarlar. Bazı topraklar bilhassa kumlu topraklar bor açısından çok fakir olduklarından bor ihtiva eden gübrelere ihtiyaç duyarlar. Ham ve rafine susuz boraks ve boraks pentahidrat bu amaçla gübre üretiminde bir katkı maddesi olarak kullanılırlar. Ayrıca püskürme ile ilaçlama işlemlerinde bitkiye ihtiyaç duyduğu bor sodyum metaborat tetrahidrat , disodyum oktaborat tetrahidrat formundaki çözünabilir bor bileşiklerini şeklinde verilebilir. Bununla birlikte 3.75 ppm 'in üzerindeki bor, bitkiler için toksit bir madde olup bu özelliğinden dolayı yabancı bitkilere karşı mücadelede yararlanılır. Ayrıca böcek öldürücü olarak, bunların yanında kozmetikte, fotoğrafçılıkta ve çimento sanayiinde bor bileşiklerini kullanımı söz konusudur.

Metalurjik uygulamalarda bor bileşiklerinin kullanımı yavaş fakat kararlı bir şekilde artmaktadır. Bu artış için iki neden düşünülebilir. Birincisi bor içeren amorf metallerin yararlı özellikleridir. Örneğin amorf demir-nikel-bor ve demir-bor-silikon alaşımları çok düşük manyetik kayba neden olurlar ve bu nedenle motor yada transformatör göbeklerinde kullanılırlar. İkincisi ise, yeni geliştirilen çok sert borlu alaşımlardır. En çok sert alaşım bugüne kadar tungsten-karbit-kobalt alaşımı olmasına rağmen, bugün molibden-bor-borkarbit alaşımı sahip olduğu mükemmel nitelikleri ile tungsten-karbit-kobalt alaşımına çok ciddi bir rakip olmuştur. Bu konudaki araştırmaların sürekli olarak sürdürüldüğü düşünülürse metalurji sektöründe borun geleceği oldukça parlak görünmektedir. Bunlara ilave olarak bir demir-bor alaşımı olan ferrobör farklı B_2O_3 içeriklerinde hazırlanarak nitelikli çeliklerin imalinde bir katkı maddesi olarak kullanılmaktadır.

Atom reaktörlerinde nötron absorbanı (yüksek termal nötron yakalama kapasitesi sebebi ile bor bileşiklerini nükleer santrellerde çekirdeğin etrafının betonlanmasında katkı maddesi olarak yada radyoaktivite ölçümü yapan cihazlarda kullanım alanı bulur) gecikmeli tapalarda, radyo tüplerde ateşleyici , güneş enerjisi ile

alışan akümülatörlerde kaplama malzemesi olarak kullanılmaktadır. Elemanter bor demir dışı metalurjik reaksiyonlarda redüktan olarak da kullanılır.

Bor karbür aşınmaya dayanıklı makine aksamı yapımında, atom reaktörlerinde kontrol elemanı, radyasyon önleyici zırh malzemesi, ultrasonik öğütmede aşındırıcı olarak kullanılmakta, delici matkap uçları yapımında da yararlanılmaktadır. Bor nitrür ucuzluğu nedeniyle, sert malzemenin (özellikle sert çelikleri) , yaş ve kuru metotla aşındırmada elmasın yerine geçebilecektir.

Katalizör olarak borklorür silis üretiminde; borflorür polimerizasyon, esterleşme ve alkalileşme gibi organik reaksiyonların hızlandırılmasında kullanılmaktadır. Borun organik bir bileşiği, benzin temizlemek ve erken ateşlemeyi önlemek için benzine katılmaktadır.

Diboran, pentaboran, dekaboran gibi hidrojenle olan bileşiklerinin ve alkil boranların jet ve roket yakıtı olarak kullanılmaları olasıdır. Ekzost gazının zehirli etkisi önlenemediği taktirde, borhidrürler gelecekte petrolün yerine geçebilir.

Son zamanlarda, elyaf halindeki arıbor, epoks denilen suni reçinelerde veya alüminyum levhalarla preslenerek elde edilen plaklar, çok hafif olmalarına rağmen, gerilme mukavemetlerinin çeliğe eşdeğer olması, kontrüksiyonlarda, gemi ve uçak sanayiinde, inşaat alanında geniş uygulama olanağı yaratabilecektir.

4. BOKSİT HAKKINDA GENEL BİLGİLER

4.1. Boksitin Tarihçesi [5]

Bugün için en önemli Alüminyum hammaddesi olan Boksit 'in adı ; 1821 yılında M.Pierre Berthier 'in Güney Fransa 'da Arles yakınında "Le Baux" kasabasında bulunduğu sedimanter alüminyum bileşiğine bu yer adına izafeten verilmiş olup, bu hadiseden sonra bilinir olmuştur. 19. Asrın sonlarında alüminyum sanayiine giren boksit çok hızlı bir süreçle bugünkü yerini ve önemini almış olup yıllık üretim miktarı 120.000.000 tonlara ulaşmıştır.

Ülkemizde alüminyum sanayiine kuruluş ve hammaddesi olan Boksit 'in bulunuş ve arama tarihçesi ise oldukça yenidir. Diğer bir ifade ile bu kadar önemli bir cevheri Türkiye 'de varlığı 1938 yılından önce bilinmiyordu. Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü 'nün 1935 yılında kuruluşundan sonra; diğer maden aramalarında olduğu gibi boksit aramalarında gerekli önem verilmiş ve özellikle jeolog S. Kalwi 'nin "Bütün Akdenizin ülkelerinde boksit yataklarının bulunabileceğini ileri sürmesinden sonra" gündeme gelmiştir. Bu dönemde M.T.A. Enstitüsü tarafından nerelerde ve ne şekilde boksit aranacağına dair programlar hazırlanmıştır. Daha sonra bu amaçla yola çıkan R. Pliz ve Zeigler Toroslarda , P. Arni Zonguldak 'da ilk boksit ihbarlarını yapmışlardır. Bunun üzerine 1938 yılında Torosları özellikle Antalya-Akseki Bölgesini sistematik bir şekilde etüde tabi tutan H. Barutoğlu, bugün bölgede tanıdığımız önemli boksit zuhurlarının kimyasal analizlerini yaptırmıştır. 1940 senesinde aynı bölgede P.Arni tarafından tekrar ele alınmış ve ilk defa olarak boksit ve yataklarının jeolojik durumu ve boksitin oluş tarzı izaha çalışılmıştır.

Bölge boksitleri daha sonraki yıllarda M.T.A. lı jeologlardan Atabek , S., Cierpisz, Ezgen , Ezinmer (1945), Bulumenthal (1940-1947), Kovenko , V (1946), Göksu , E (1954) ,Wippert , J. (1962-1965) ve diğer araştırmacılar tarafından prospeksiyon ve etüde tabi tutmuş, bazı mostralarda açılmış yarma ve kuyulardan alınan numunelerin komple analizleri yapılmak üzere Almanya ve İsviçre 'ye gönderilmiş; alınan sonuçların olumlu olması üzerine 1960 yılından sonra boksit aramalarına hız verilmiştir. Böylece boksit aramalarının birinci safhasını teşkil eden ön etüdler tamamlanmış ve büyük, küçük, iyi ve düşük kalite mostra veren tüm boksit zuhurları hakkında coğrafi, jeolojik ve ekonomik ön bilgiler toplanmıştır. Bu verilerin ışığı altında ayrıntılı jeolojik etüdler 1965 yılına kadar büyük ölçüde tamamlanmıştır.

Büyük emek karşılığı ve yoğun çalışmalardan sonra elde edilen ve büyük hacim tutan bu bilgilerin ilk değerlendirmelerinden sonra önemli, ümitli ve ekonomik olabilecek yataklar üzerinde, işletmecilik açısından gerekli olan kesin rezerv ve kalite tesbitine yönelik sondajlı aramalara başlanmıştır. M.T.A. Enstitüsü 1962-1965 yılları arasında yaptığı ayrıntılı arama (jeoloji , sondaj, galeri, kuyu ve yarma) çalışmaları

sonucu; Seydişehir bölgesinde Mortaş, Doğankuzu, Ağaçyolu Boksit yatakları, Bolkardağ, Bölgesinde Gerdekkilise diasporitik yatağı ve Tufanbeyli Bölgesinde Mağara Kızılçal Tepe diasporit yatağı ortaya çıkarılarak miktar ve kaliteleri belirlenmeye çalışılmıştır. Elde edilen sonuçlar ; Seydişehir Bölgesi boksitlerinin böhmistik tip ve uygun kalitede, yeterli rezervde olması, bölgede alüminyum sanayiinin kurulmasını gündeme getirmiştir. 1965 yılından itibaren, özellikle Seydişehir-Akseki boksit sahalarının ETİBANK 'a devredilmeye başlanmasından sonra M.T.A. Enstitüsü, boksit aramaları üzerine sürdürdüğü çalışmaları durdurmuştur.

Tesislerin kuruluşundan kısa bir süre sonra; Alüminyum hammaddesi olan boksit cevherinin Türkiye çapında aranıp, rezerv ve kalitelerinin saptanması için yapılacak jeolojik ve jeofizik etüdler, her iki etüdün ışığı altında yapılacak sondaj çalışmaları , bütün bu çalışmalar neticesi bulunan cevher yataklarının fizibilite etüdları ve ekonomik değerlendirilmesi gibi faaliyetleri yürütmek üzere ; 1971 yılı sonunda Alüminyum Tesisleri Grup Başkanlığı bünyesinde Boksit Araştırma Geliştirme (ARGE) Müdürlüğü kurulmuştur. Adı geçen Aramalar Grubu 1972 yılından 1991 yılına kadar sondajlı ve kesin yatak şekline ve tenörünü belirlemeye yönelik ikinci safha detay boksit arama çalışmalarına Seydişehir ve Akseki Bölgelerinde yoğun bir şekilde devam ettirerek 15 yatak görünür hale getirilmiş ve başlangıçta 25 milyon ton ilave boksit rezerv artışı sağlanmıştır.

Ülkemizde boksit madencilğine, Seydişehir Entegre Allüminyum Tesislerinin fizibilite projelerinin hazırlanmasını takiben 1968 yılında başlanmıştır. 1968 yılında Mortaş açık ocağında küçük çapta dekapaj ve ocak önü üretimi şeklinde başlanılan madencilik çalışmaları 1971 yılında gerçekleştirilen 660.000 m³ dekapaj ve 500.000 ton tüvenan üretimle hızlanan bir şekilde devam etmiştir. Doğankuzu açık ocağında ise ilk dekapaj çalışmalarına 1975 yılında başlanmış ve global 4 milyon m³ ön dekapajın yapılmasına müteakip 1982 yılında ilk boksit üretimi gerçekleştirilmiştir.

Muğla yöresindeki Etibank 'a ait maden sahalarında ilk diasporitik boksit üretimi açık-kapalı işletme yöntemi ile 1970 yılında yapılmış ve 1971 'de Güllük Limanı 'ndan ilk boksit ihracatı gerçekleştirilmiştir.

Zonguldak Kokansu Bölgesinde ise açık işletme yöntemi ile böhmistik boksit üretimi 1980-1982 döneminde yapılmış ve yapılan üretimin tamamı yurtdışına ihraç edilmiştir.

Türkiye boksit yatakları yukarıda da açıklandığı gibi 1938 yılından günümüze kadar bir çok yabancı yerli yerbilimci tarafından incelenmiş, jeolojik haritaları çıkarılmış, bir çok yarma, kuyu ve galeriler yapılmış , M.T.A. ve Etibank tarafından yaklaşık 558 lokasyondan 55.450 mt. pilot ve detay arama sondajı gerçekleştirilmiştir. Ayrıntılı jeoloji ve arama çalışmaları (Seydişehir ve Akseki Bölgesi) büyük ölçüde tamamlanmış , diğer bölgelerde ise yetersiz düzeyde kalmıştır.

4.2. Boksitin Bulunuşu [5]

Boksit ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$) bir mineral olmayıp değişken miktarlarda Gibsit ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$), Böhmit ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$), Diaspor ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$) ve Alümojel gibi alüminyum oksihidroksit; hematit, götit, limonit, siderit, manyetit, ilmenit, pirit gibi demir mineralleri; kaolenit, kristobalit, tridimit, rutil, anatas, kalsit v.b. mineraller ile Galyum (Ga), Vanadyum (V), Fosfor (P), Manganez (Mn), Krom (Cr), Nikel (Ni), Kobalt (Co), Zirkonyum (Zr), Kurşun (Pb), Çinko (Zn), Stronsiyum (Sr), Rubidyum (Rb), Bor (B), Magnezyum (Mg), gibi iz elementler ve organik maddeleri bünyesinde bulunduran karışık bir kayadır.

4.3. Boksit Mineralleri [5]

Alüminyum üretiminde kullanılan en önemli hammadde boksitler olup mineralojik bileşimlerine göre üç ana grupta toplanırlar.

a. Gibsitik boksitler	($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$) [$\text{Al}(\text{OH})_3$]
b. Böhmitik boksitler	($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$) [$\text{AlO}(\text{OH})$]
c. Diasporitik boksitler	($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$) [$\text{AlO}(\text{OH})$]

Ayrıca; Böhmitik + Gibsitik boksitler, Böhmit + Diasporitik boksitler ve Demirli diasporitik boksitler olmak üzere de gruplandırılır. Boksitler sedimenter olarak oluşmuş olup otokton ve allohton olarak, cep, mercek ve tabakalı şekilde yataklanmıştır. Boksitler ihtiva ettikleri demir minerallerinin cins ve oranlarına bağlı olarak; kahve, kırmızı, pembe, açıksarı, kirlisarı, bej, gri ve alacalı gibi çok değişik renklerde olabilmektedirler. Fiziksel ve petroğrafik görünüşleri oldukça değişiktir.

Toprağımsı ve kirli görünüme sahip olanların yanında masif, oldukça sert ve parlak olanlar ile oolitik, pisolitik, nodüllü ve bantlı yapıları da mevcuttur. Yoğunlukları, boksit tipine ve içerdikleri demir oranlarına bağlı olarak 2.5- 3.5 gr/cm³ arasında değişmektedir.

Gibsitik ve böhmitik tip boksitlerin sertlikleri 3-3.5 (Mohs sertlik skalası) arasında olup geçirdikleri metamorfizmanın şiddetine ve içerdikleri diaspor yüzdesine bağlı olarak değişmektedir. Orta sertlikteki kayaç sınıfına girerler. Diasporitik tip boksitler ise 5.5 'a ulaşan sertlikleri ile metamorfik sert kayaç grubuna girerler ve işletmede büyük sorunlara neden olabilmektedirler.

Dünya boksitlerinde olduğu gibi ülkemizde yer alan boksitler 'de bölgeler itibariyle kimyasal bileşikleri yönünden büyük farklılıklar göstermektedir. Alümina (Al_2O_3) yüzdesi yüksek yataklar Seydişehir-Akseki, Milas ve Bolkardağı bölgelerinde

yer almaktadır. Diğer bölgelerde yer alan boksit yatakları yer yer yüksek oranda Al_2O_3 içermelerine karşın genellikle bu oran düşüktür. Ayrıca Payas-İslahiye ve Yalvaç boksit yataklarının yüksek oranda demir ihtiva etmeleri nedeniyle alümina üretiminde kullanılmasını daha da sorunlu hale getirmektedir.

4.4. Dünya 'da Boksit Yatakları [5]

Toplam (Görünür, Muhtemel, Mümkün) işletilebilir olarak verilmekte olan Dünya boksit rezervleri ve tenörlerinin ülkelere göre global dağılımı aşağıda verilmiştir. Dünya boksit rezervleri iki kaynaktan yararlanılarak düzenlenmiş ve görünür, muhtemel, mümkün rezervler toplamı yaklaşık 34.666 milyon ton olup bunun global 29.2 milyarton 'u işletilebilir rezerv kapasitesindedir. Dünya boksit üretiminin 120 milyon tonu aştığı günümüzde mevcut işlenilebilir boksit rezervevi yaklaşık 243 yıl, dünya boksit ihtiyacını karşılayabilecektir.

Alüminyum içeren ve büyük potansiyellere sahip nefelin, siyenit, nefelinli siyenit, alünit, kil gibi mineral ve kayaların gelecekte alümine-alüminyum hammadde kaynağı olabileceği gerçeği dikkate alındığında, daha binlerce yıl alüminyum sektöründe bir dar boğaz sözkonusu olmayacağı açıkça görülmektedir.

Nefelin ve siyenitden alüminyum üretimi çalışmaları 1928 yılında Sovyetler Birliğı 'de başlatılmış ve 1951 den bu yanada ticari ölçüde alümine üretimi gerçekleştirilmektedir.

Genel anlamda kil rezervleri (Refrakter ve Seramik killeri hariç) belirlenmesine gerek olmayacak kadar çoktur. Bu özellikleri nedeniyle özellikle A.B.D. 'de alüminyum üretiminde kullanılabilirliği için bilimsel araştırmalar yoğun bir şekilde yürütölmektedir.

Dünya boksit üretiminin % 90 'ının açık işletme, % 10 'unun kapalı işletme yöntemleriyle yapılması nedeniyle üretimdeki toplam kayıplar % 15 olarak alınmıştır.

Tabloda verilen değerler $\pm$ % 25 oranında değişiklik göstermektedir. Bunun nedeni dünya boksit rezervevlerinin kesin olarak saptanmamış olması ve farklı kaynaklara dayanmasıdır. Dünya boksit rezervleri mineralojik tiplerine göre aşağıdaki şekilde gruplandırılır. Değişik kaynaklardan yararlanılmış olup dünya üretiminin, yaklaşık % 93 'ü Gibsitik, Gibsitik + Böhmilik boksitlerden karşılanmaktadır.

Tablo 1.9. Ülkelere Göre Dünya Boksit Rezervleri ve Tenörleri (Milyon Ton) [5]

ÜLKE	Rezerv	İşl.bilir Rezerv	Al (%)	Al ₂ O ₃ (%)	SiO ₂ (%)	Fe ₂ O ₃ (%)	TiO ₂ (%)	Ateş K. (%)
Cine	10.700	9.095	21-34	40-65	0.3-5	2-30	3-5	22-32
Brezilya	5.624	4.780	26-32	50-69	1.6-9	1.7-14	1.1-2	25-30
Avustralya	4.200	3.570	16-32	30-60	2-10	5-17	2.1-3.4	21-29
Hindistan	1.716	1.459	24-32	45-60	1-5	3-20	3-10	12-27
Kamerun	1.500	1.275	---	47	1.8-3.6	---	---	---
Çin	1.290	1.097	26-37	50-70	9-15	1-13	2	---
Jamaika	1.200	1.020	26-27	49-51	0.7-1.6	19-21	2.3-2.7	25-27
Endonezya	1.069	909	28	53	4-5	12	---	---
Gana	900	765	17-33	32-63	0.2-3.1	1.2-45	0.8-6.2	13-33
Guyana	610	519	27-32	51-61	4-6	1-8	2-3	25-32
Mali	560	476	---	---	---	---	---	---
Surinam	500	425	26-32	50-60	2-6	2-15	2-3	29-31
TÜRKİYE	427	66	---	---	---	---	---	---
Yunanistan	420	357	19-34	35-65	0.4-3	7.5-30	1.3-3.2	---
A.B.D	250	213	19-30	31-67	5-24	2-12	1.6-2.4	22-28
Fransa	240	204	29-37	55-70	3-16	4-25	2-3.5	---
Malpasy	200	170	---	---	---	---	---	---
Dominik	110	94	---	---	---	---	---	---
Filipinler	106	90	---	---	---	---	---	---
İtalya	20	17	---	---	---	---	---	---
Doğu Bloku	870	740	14-32	26-60	1-32	---	---	---
Diğer ülkeler	2.154	1.831	---	---	---	---	---	---
TOPLAM	34.666	29.172	---	---	---	---	---	---

4.5. Türkiye 'de Boksit Yatakları [5]

Mevcut teknolojik koşullarda alümina, alüminyum üretiminde kullanılan en ekonomik hammadde bilindiği gibi boksitlerdir. Ülkemiz boksit potansiyeli yönünden önemli sayılabilecek jeolojik olanaklara sahip olup, coğrafi ve jeolojik konuları itibariyle 8 ana grupta toplanmıştır

Tablo 1.10. Dünya Boksit Rezervi (Mineralojik Tiplerine Göre) [5]

Mineralojik Tip	(%)	Toplam Rezerv (Milyon Ton)
Gibsitik boksitler	48.5	16.813
Böhmitik boksitler	0.5	173
Diasporitik boksitler	3.5	1.213
Gibsit+Böhmitik boksitler	44.5	15.427
Böhmit+Diasporitik boksitler	3.0	1.040
TOPLAM	100.0	34.666

Ülkemiz boksit yataklarının % 88 'i diasporitik, demirli diasporitik ve lateritik tip boksitlerden oluşmakta ve bunların tümü Toros kuşağı içinde yer almaktadır. Toros kuşağı dışında bilinen en önemli boksit yatakları Zonguldak civarındaki Kokaksu yöresindeki karst tipi böhmatik boksitlerdir. Ülkemizde 1973 yılında ilk alümina üretim faaliyetine başlanılan Seydişehir Entegre Alüminyum Tesislerinin boksit hammadde ihtiyacı Seydişehir-Akseki yöresinde yer alan böhmitik tip boksitlerden karşılanmaktadır. 1994 yılı itibariyle 200.00 ton/yıl kurulu alümina, 60.000 ton/yıl alüminyum ve 450.000 ton/yıl civarında boksit tüketilmiş olacaktır. Tesislerin tam kapasite ile çalışması halinde işletilebilir 33.6 milyon ton görünür rezerv 'e sahip bölgenin boksit yatakları 75 yıl daha tesislerin hammadde ihtiyaçlarını karşılayabilecektir.

Ülkemiz aşağıdaki tabloda görüldüğü gibi görünür 61.3 milyon ton muhtemel, mümkün 365.8 milyon ton olmak üzere toplam 427.1 milyon ton boksit potansiyeline sahip olup, dünya boksit potansiyelindeki payı % 1 civarındadır. İşletilebilir boksit potansiyeli ise % 0.2 kadardır. Dünya boksit üretimindeki ülke payımız ise % 0.5 düzeyindedir.

Aşağıdaki yataklar; % Nem: 2-3, Ateş Zaiyatı % 12.5-13.5 ihtiva eder. Ayrıca Seydişehir-Akseki Bölgesi Boksitleri % K_2O : 0.18 - 0.90, % MgO : 0.20 - 0.45, % Na_2O : 0.09 - 0.16, % CO_2 : 0.7, % S : 0.06, % P_2O_5 : 0.03 - 0.25, % V_2O_5 : 0.025 - 0.086 içerir.

Tablo 1.11. Seydişehir - Akseki Bölgesi Boksit Rezerv Tablosu [5]

Yatak Adı	Rez(*1000 T) Görünür	Rez(*1000 T) Muh+Müm.	Rez(*1000 T) Toplam	İşlenilebilir Rezerv
Mortay	6.000	----	6.000	5.100
Doğankuzu (G)	8.200	----	8.200	7.000
Doğankuzu(K)	4.100	200	4.300	3.700
Doğankuzu (GD)	100	----	100	---
Ağaçyolu	300	----	300	200
Değirmenlik	11.700	1.200	12.900	10.900
Çatmakaya	800	----	800	700
Morçukur	6.300	----	6.300	5.400
Erikligediği	300	----	300	200
Yarpuz	200	----	200	200
Gömene	300	----	300	200
Diğerleri	900	1.100	2.000	----
TOPLAM	39.200	2.500	41.700	33.600

Tablo 1.12. Türkiye 'deki Boksit Yatakları Rezerv Tablosu [5]

BÖLGELER	R(*1000 Ton) Görünür	R(*1000 T) Muh+Müm	R(*1000T) Toplam	İşl.bilir Rezerv	Boksit Tipi
1-Seydişehir-Akseki	39.200	2.500	41.700	33.600	Böhmitik
2-Zonguldak-Kokaksu	5.900	3.400	9.300	5.000	"
3-Yalvaç-Şarkikaraağaç	---	115.600	115.600	---	Dem.li-(Dias
4-Payas-İslahiye	---	215.500	215.500	---	Poritik)
5-Tufanbeyli-Saimbeyli	5.500	6.000	11.500	9.800	Diasporitik
6-Muğla-Milas-Yatağan	9.400	11.200	20.600	17.500	"
7-Bolkardağı	---	3.900	3.900	---	"
8-Alanya	1.300	7.700	9.000	---	"
TOPLAM	61.300	365.800	427.100	65.900	

Tablo1.13.Seydişehir-Akseki Bölgesindeki Boksit Yataklarının Tenör Tablosu [5]

Yatak adı	TENÖRLER (%)				
	Al ₂ O ₃	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	CaO
Mortaş	56.8	8.9	17.5	2.5	0.9
Doğankuzu(G)	58.1	6.8	17.7	2.5	0.5
Doğankuzu(K)	58.3	6.3	17.8	2.5	0.5
Doğankuzu(GD)	57.1	5.0	17.5	2.4	0.6
Ağaçyolu	57.2	5.4	17.8	2.5	0.6
Değirmenlik	57.3	6.6	18.0	2.5	0.5
Çatmakaya	58.6	5.2	18.1	2.7	0.5
Morçukur	52.9	11.2	16.7	2.3	1.0
Eriklgediği	55.2	5.2	19.0	2.5	0.4
Yarpuz	57.1	5.5	18.5	2.5	0.5
Gömene	52.3	10.2	18.5	2.5	0.5
Diğerleri	56.5	8.0	19.0	2.5	0.5

4.6. Boksitden Alüminyum Üretim Teknolojisi [5]

Birincil alüminyum üretimi tüm dünyada tarif edilmiş kademelerden geçirilerek gerçekleştirilir.

- Boksit madeni işletmeciliği,
- Boksit cevherinden alümina üretimi,
- Alüminadan elektroliz yolu ile sıvı alüminyum üretimi,
- Sıvı alüminyumun alaşımlandırılarak dökümü,
- Ekstrüzyon ve haddeleme işlemleriyle yarı ürün ve/ veya üç ürün üretimi.

Bu kademelerin hepsi, bağımsız birer sanayi koludur. Dünya 'da bu kademelerin bir arada olduğu tesis sayısı çok azdır. Bu tip tesislere "Entegre Tesisler" adı verilmektedir. Seydişehir alüminyum tesisleri bu tesislerden birisidir.

Alüminyum ana cevheri olan boksit sahalarında genellikle açık işletmecilik yapılmaktadır. Boksit rezervlerinin en fazla olduğu ülkeler Avustralya, Jamaika, Gine ve Brezilya olarak sıralanabilir.

Çıkarılan boksit ya işletmeciliği yapıldığı yerde yada, seydişehirde olduğu gibi alümina üretim birimlerine taşınarak kırma işlemine tabi tutulur. Yıkanan boksit, yüksek ısı ve basınç altında kostik (NaOH) ile reaksiyona sokulmak suretiyle, oluşan nitrat $[Al(OH_3)]$ çözeltisi, kristal halinde çöktürülür. Daha sonra hidrat döner fırınlarda kalsine edilerek beyaz toz halindeki alüminaya dönüştürülür.

Alümina, hücre adı verilen üretim birimlerinde elektroliz yöntemi ile alüminyuma indirgenir. Bu kademede, üretim maliyetinde en önemli girdi olan enerji tüketimi çok yoğundur. Hammadde olarak alümina yanında seydişehirde tümü ithal olan, kriyolit, alüminyum florür, kalsiyum florür, petrol koku, taşkömürü zifti gibi malzemeler kullanılır.

Döküm ünitesine sıvı olarak gelen ve / veya dışardan tedarik edilen hurdalar, reverber, indüksiyon ve pota ocaklarında ergitilip alaşımlandırılacak standart haline gelmiş, dökümlü ingotu ve külçe halinde katılaştırılarak şekillendirilir. Bazı işletmelerde eritilen metal sürekli döküm yöntemiyle levha ve filmaşine dönüştürülür. Erintiden doğrudan üç ürün olarak kullanılmak üzere faaliyet gösteren parça döküm birimleride vardır.

Yassı ingot sıcak ve soğuk hadde tezgahlarından geçirilerek istenilen kalınlıklarda levha haline getirilir. Sıcak hadde işleminde inilebilen kalınlık 8 mm., soğuk hadde işlemlerinde bu değer 0.150 mm.dir. Üretilen levhalar gerdirmeye düzeltme hadtından geçirilerek kullanım amacına göre dilme, boy kesme, oluklandırma, giyotin makas ve disk pres tezgahlarında rulo levha, tabaka levha ve oluklu levha halinde, yarı ürün olarak piyasaya sürülür.

Soğuk hadde üretilen rulolar, hadde tezgahlarında tekrar sarma, kaplama, ayırma, dilme, laminasyon ve tavlama işlemlerine tabi tutularak 7-200 µ kalınlığında folyoya kadar işlenir.

Saf ve alaşımlı yuvarlak ingotlar, preslerde yüksek basınç altında istenilen şekil kalıplarından geçirilerek, çeşitli tip ve kasitlerde ekstrüzyon ürünü elde edilir. Bu ürünler talep 'e göre çevre koşullarına karşı korunma, elektrik ızalasyonu ve boyamaya uygun bir zemin oluşturmak amacı ile, eloksallama adı verilen anodik oksidasyona tabi tutulurlar.

Dökümhaneler satın aldıkları külçe ve hurdayı, ergiterek, kum, kokil ve basıçlı döküm yöntemleriyle, üç ürün olarak kullanılmak üzere şekillendirilirler.

Alüminyumun en etkili kullanıldığı alanlardan biriside elektirik enerjisi iletimidir. En az % 99.7 saflıkta özel olarak üretilen ECG kalitesinde ingotların tel çekme, tel eğirme ve çoklu bükme tezgahlarından geçirilmesi ile elde edilirler. Yüksek gerilim hadlarında mukavemeti sağlamak için alüminyum tellerin içine çelik öz verleştirilir.

Eloktroliz yoluyla alüminyum üretim teknolojileri karşılaştırılırken yapılan ilk sınıflandırma anot tiplerine göredir. Soderberg ve ön pişirimli (prebaget) olarak adlandırılan anot tipleriyle eğilimler dönem dönem değişmiştir. Seydişehir Alüminyum

Tesislerinin projelendirildiği 1960 'lardaki genel teknolojik anlayışına uygun olarak soderberg sistemi seçilmiştir. Daha sonra yakın zamana kadar düşünülen tevsii yatırımları da hep bu çerçevede kalmıştır. Özellikle petrol krizlerinden sonra yoğunlaşan ekonomik ve yeni toplum düzeninin zorladığı çalışanların ve çevrenin sağlığını korumaya yönelik uygulamalar sonucu ortaya çıkan potansiyel teni tesislerin prebaked sistemine göre kurulması anlayışını getirmiştir. Hatta soderberg sisteme sahip üreticiler bu potansiyelden yararlanmak için anot sistemine prebaked sisteme dönüştürecek modernizasyon yatırımlarına girmişlerdir. Çevre sağlığını korumaya yönelik baskılarda bu süreci hızlandırmıştır. Batı dünyasında bu husus birinci derecede önemli bir faktör olarak gündeme gelmiştir. Bunun için çevre kontrolü ve çalışma koşulları sıtandartları geliştirilmiş, fakat soderberg tipli hücre emisyonlarının bu standartlara uyması mümkün görülmediğinden alt yapıları uygun olanlar prebaked sistemine geçirilmiş diğerleri ise kapatılmıştır.

Öte yandan gelişen teknolojilerin adapte edilmesi ancak prebaket sistemle mümkün olacağından, ARGE çalışmalarından yararlanmak için de Seydişehir 'in modernizasyonu şart görülmektedir.

4.7. Etibank Seydişehir Alüminyum İşletmesi

4.7.1. Tarihçe [6]

Yer kabuğunun % 7-8 'ini teşkil ederek, metaller içerisinde bolluk yönünden ilk sırayı almasına rağmen, alüminyumun elde edilip kullanılmaya başlaması çok yenidir.

Halen, alümina ve alüminyum üretiminde, sırası ile, BAYER ve HALL-HERAULT metodları yaygın olarak kullanılmaktadır.

Alüminyum, diğer metallerin birlikte veya ayrı ayrı sağlayamadığı, hafiflik, mukavemet, mükemmel korozyon direnci, iyi ısı ve elektrik iletkenliği, kolay şekillendirme ve işleme, ısıl işlem yapılabilirlik gibi özellikleri ile, inşaat, uçak ve uzay, elektrik ve elektronik, askeri, otomotiv, ambalaj, boya v.b. sanayiinde geniş bir kullanım alanı bulmuştur.

M.T.A Enstitüsünce, 1962 yılında başlatılan arama çalışmaları sonucu, Seydişehir 'in Mortaş ve Doğankuzu mevkillerinde alüminyum üretimine uygun boksit rezervi tesbit edilmiş ve bu sahalar 1965 yılında Etibank 'a devredilmiştir. Daha sonra, Etibank tarafından sürdürülen arama çalışmaları ile, Seydişehir ve Akseki bölgelerinde tesbit edilen toplam rezerv, 25 milyon ton 'dan, yaklaşık 38 milyon ton 'a kadar çıkmıştır; ki bu miktar, halihazır kapasite kullanımı ile, tesise 80 yıl yetecek durumdadır.

4.7.2. Cevherleşme [5]

Seydişehir bölgesi boksit yatakları ilk defa M.T.A. tarafından 1940 lı yıllarda Akseki bölgesi boksitleriyle birlikte ele alınmıştır. Araştırmacıların başlatdığı ilk çalışmalarla bölgede önemli boksit yataklarının bulunabileceği belirtilmiş ve boksit yataklarının jeolojik özellikleri ile oluşum şekilleri hakkında bilgi verilmiştir. Bu çalışmalar sonucunda mostra, kuyu ve yarmalardan alınan numuneler analizi yapılmak üzere Almanya 'ya ve İsviçre 'ye gönderilmiştir.

Daha sonraları genişletilen çalışmalar sonucunda irili ufaklı bir çok boksit zuhuru tesbit edilmiş ve çalışmalar belirli rezerve sahip ve ekonomik değer teşkil edebilecek yataklar üzerinde derinleştirilmiştir.

Sonuçta ; Mortaş boksit yatağı, Doğankuzu boksit yatağı, Değirmenlik (Kızıлтаş) boksit yatağı, Morçukur boksit yatağı, Çatmakaya boksit yatağı ve Akseki bölgesi boksitleri olarak adlandırılacak oldukça büyük rezerve sahip yataklar tesbit edilmiştir.

Bu yatakların cevherleşmelerinden kısaca bahsedilecek olunursa;

a. Mortaş Boksit Yatağı

Mortaş boksit yatağı uzun eksenini KB-GD yönünde 950 m. kısa eksenini ise KD-GB yönünde 350 m. uzunluğunda olan, elipsoid şeklindeki bir karstik çukurda oluşmuştur. Bu karstik çukurun en derin yeri 60 m. ortalama kalınlığında 15 m. civarındadır. Yatak "cep tipi yataklar" sınıfına girer.

b. Doğankuzu Boksit Yatağı

Orta Toroslar 'da mevcut görünür ve potansiyel rezervi yönünden en ümitli görünen Doğankuzu boksit yatağı, uzun eksenini KD-GB yönünde 400 m. olan karstik bir çukurda oluşmuştur. Yatağın en kalın yeri 45 m. olup, ortalama cevher kalınlığı 8.5 m. dir. Cevher kütlesi, içinde bulunduğu kireçtaşlarının eğimine uyumlu olarak K 30° 'lik bir eğimle GB 'ya doğru dalmaktadır.

Başlangıçta bir bütün olarak oluşan Doğankuzu boksit yatağı eğim atımlı büyük bir fayla "Güney Blok" ve "Kuzey Blok" olmak üzere iki kısma ayrılmıştır.

c. Değirmenlik (Kızıлтаş) Boksit Yatağı

Cevher yatağı ortalama 1250 m. yükseklikte, doğuda eğim atımlı bir fayın Gidengelmaz Dağları 'ndan ayırdığı bölge içerisinde yer alır. Yörede kireçtaşlarının

hakim olması diğer boksit yataklarında olduğu gibi karstik şekillerin çokluğuna sebep olmuş, pek çok sayıda lapyra, düden ve polyelerle yeraltı mağralarının oluşumuna imkan sağlamıştır.

Değirmenlik (Kızıltaş) boksit yatağı faylarla parçalanarak “Güney Blok” ve “Kuzey Blok” olmak üzere iki parçaya ayrılmıştır. Güney Blok ana yatağı oluşturur. Yatağın içerisinde çökeldiği karstik çukurluğun kuzey-güney istikametindeki ekseni 900 m. doğu-batı istikametindeki ekseni ise 600 m. uzunluğundadır. Yatak doğusunda 300 m. uzunluğunda, 25 m. genişliğinde KB-GD istikametinde mostra vermiştir. Güneybatıya 25° eğimle dalan cevher kütlesi mostradan itibaren derinleşmektedir.

d. Morçukur Boksit Yatağı

Morçukur boksit yatağı da Mortaş ve Doğankuzu boksit yatakları gibi Katrangediği formasyonu içerisinde derinliği 100 m. ‘ye yaklaşan çanak şeklindeki bir karstik çukur içerisinde yer alır. Yatak eğim atımlı normal faylarla parçalanarak ötelenmiş ve yüzeylenmiştir. Yatağın büyük bir kısmı tektonik hareketlerle yükselerek karlaşmaya uğramış ve tamamen aşınmıştır. Bu duruma göre yatağın gerçek derinliği 100 m. den daha fazla olmalıdır. Yatağın uzunluğu 440 m. genişliği 230 m. ve maksimum derinliği 97 m. dir. Cevherin içerisinde yataklanmış olduğu karstik çukurluğun uzun ekseni KB-GD, kısa ekseni ise KD-GB yönündedir.

Sınıflandırmaya göre yatak “cep tipi yatak” sınıfına giren bu yatak cep tipi Jamaika boksit yataklarının tipik bir örneğidir. Yatağın tabanı girintili çıkıntılı olup, düzensiz bir yapıya sahiptir. İç ve kenar kesimleri ile tabanında yer yer bantlar ve merccekler halinde boksit çimentolu konglomeratik seviyeler bulunmaktadır. Mortaş boksit yatağında olduğu gibi Morçukur boksit yatağının değişik kesimlerinde görülen bu breşlerde oldukça bol olarak yeşil alg ‘lerden *Microcodium* sp. fosillerine raslanmaktadır.

e. Çatmakaya Boksit Yatağı

Boksit yatağı, kısa ekseni GB-KD yönünde 200 m. uzun ekseni KB-GD yönünde 450 m. uzunluğunda olan bir karstik çukurluk içerisinde yer alır. Bu karstik çukurluğun en derin yeri 10 m. olup, yatağın ortalama kalınlığı 3 m.dir. Cevherin tavanında en kalın yeri 10 m. ‘ye tabanında 40 m. ‘ye varan boksit çimentolu iki bireşik seviye mevcuttur. Cevher, düzensiz dağılım gösteren bu breşik seviyeler arasında bulunur. Cevherin tabanında ayrıca en kalın yeri 3 m. ‘ye varan bir killi boksit seviyesi vardır. Bu killi boksit seviyesi cevherin tabanında her yerde görülmez.

Çatmakaya boksit yatağının kuzeyinde cevheri düzenleyen tavan kireçtaşlarının tamamen aşınmaya ve erozyona uğraması sonucu, yatağın bu kesiminde uzunluğu 150 m. olan, doğu-batı istikametli bir mostra ortaya çıkmıştır.

Cevher yatağı doğuda, KB-GD istikametinde uzanan büyük bir fay ile sınırlanırken bu faya dik, KD-GB yönünde uzanan eğim atımlı diğer bir fay yatağın güney kısmının 40 m. derine atılmasına neden olmuştur.

f. Akseki Bölgesi Boksitleri

Seydişehir bölgesi boksitlerine göre ikinci derecede öneme sahip olan Akseki bölgesi boksitleri, Seydişehir bölgesi boksitlerine benzer şekilde aynı stratigrafik seviyede, Üst kretase-senomaniyen yaşlı kireçtaşları içerisinde çökelmişlerdir. Karst tipi boksitler sınıfına giren bu boksitler de kireçtaşlarının kalınlıkları en çok 11 m. 'ye varan (kızılalan), ortalama derinlikleri 3 m. civarında olan paleodolin ve çukurluklarında yer alır. Bunlardan Zılan (Gümüşdamla) köyünün KB da bulunan Gömene zuhuru ilk olarak, 1957 yılında M.T.A. tarafından ele alınmış olup, 1959 yılında başlayan arama faaliyetlerine 1960 yılında ara verilmiştir. Daha sonra bölge boksitlerinin Etibank 'a devredilmesiyle bu yataklar, adı geçen kurum tarafından ele alınmıştır. Bunlardan bazıları 1974-1982 yıllarında yapılan arama faaliyetleri sonucu görünür hale getirilmiştir. Ancak bu yataklarda tesbit edilen boksit rezervi 200 bin ton 'u geçmemektedir.

4.7.3. Tesisler [6]

- 385.478 m² kapalı alan,
- 10.372.626 m² açık alan, olmak üzere, toplam 10.758.104 m² 'lik alana kurulmuştur.

Tesisler, yılda 461.000 ton boksit işleyerek, 200.000 ton alümina ve 60.000 ton primer alüminyum üretim kapasitesine sahiptir. Bu miktar alüminyum dökümhanede işlenerek, piyasa talebine uygun kısmı, profil, sıcak ve soğuk hadde ürünü ve folya üretmek üzere, hammaddeye gönderilmekte, kalan kısım ise, piyasaya külçe halinde sunulmaktadır.

Ayrıca, kağıt, tekstil, kimya sanayii, ile su arıtma tesislerinde kullanım alanı olan alüminyum sülfatı üretmek üzere ve projesi dahil, yerli imkanlarla gerçekleştirilen, 35.000 ton/yıl kapasiteli bir "Alüminyum Sülfat Fabrikası", 1980 yılında üretime başlamıştır.

Müessesenin genel politikası, ilgili kanun ve tüzük hükümleri ile, 9 Kasım 1984 tarihinde yayınlana Etibank Ana Statüsü 'ne bağlı kalarak ülke ekonomisine faydalı

olabilmek amacı ile, karma ekonomik kurallara ve ekonomik gerçeklere uygun olarak, sermaye birikimine yardım etmek suretiyle, daha fazla yatırım kaynağı yaratacak şekilde; karlılık ve verimlilik anlayışı içerisinde faaliyetde bulunmaktadır.

Türkiye ölçülerine göre, büyük bir sınai tesis sayılan Etibank Seydişehir Alüminyum Tesisleri, kuruluşundan itibaren, tesis planlama ve kontrol, inşaat, montaj, işletmecilik, alüminyum teknolojisi gibi konularda teorik ve pratik bir okul olma niteliğini korumuştur.

Sonuç olarak, Seydişehir Alüminyum Tesisleri, yatırım ve işletme döneminde yarattığı istihdam imkanı, bankacılık, nakliyat, imalat, ticaret ve hizmet sektörlerinde yarattığı iş hacmi ile, ekonomik hayata canlılık getirmiş, milli ekonomiye önemli katkı sağlamıştır.

1973 Yılı Mart ayında işletmeye alınan Seydişehir Alümina Fabrikası, Bayer Prosesine göre çalışmaktadır. Akım şeması şekil 2.1 'de verilen Alümina Fabrikası beş ana bölümden meydana gelmiştir: Aşağıda sıralanan bölümlerden yalnızca otoklav ve kırmızı çamur ünitesinden bahsedilecektir.

- a. Hammadde Hazırlama Bölümü
- b. Otoklav ve Kırmızı Çamur Bölümü
- c. Dekompozisyon ve Hidrat Bölümü
- d. Buharlaştırma Bölümü
- e. Kalsinasyon Bölümü

Otoklav ve Kırmızı Çamur Bölümü

Hammadde hazırlama bölümünden gelen pulp içindeki silisin bir kısmı, 105 °C sıcaklıkta ve 7 saat sürenin sonunda hampulp tanklarına katı faza geçer (desilikasyon).

Desilikasyon devresinden sonra pulp, pistonlu pompalar yardımıyla ön ısıtıcı bataryalara basılır. Ön ısıtıcılarda pulpun sıcaklığı önce 130°C a sonra 160°C çıkarılır ve takiben pulp, otoklav bataryalarına girer. Tam kapasitede her birinde 10 otoklav olan üç adet otoklav bataryası sürekli çalışır. Otoklav bataryasındaki ilk iki otoklav ısıtma amaçlı olup, kalan 8 adedi de reaksiyon otoklavıdır. Bataryalara giren pulp ilk iki otoklavda buharla direkt olarak ısıtılarak sıcaklığı 235 °C 'a yükseltilir. Kalan 8 otoklavda 30 Atm. basınç altında iki saatlik sürenin sonunda pulp içerisindeki Al_2O_3 çözeltiye alınırken, çözünmeyen Fe_2O_3 bileşikleri SiO_2 nin sebep olduğu katı sodyum, alüminyum hidrosilikatlar ve meydana gelmiş sodyum titanatlar kırmızı çamuru oluşturur.

Otoklavlar sonrası separatörlerde pulpun buhar basıncı kademeli olarak düşürülür. Elde edilen sekonder buharların bir kısmı ön ısıtıcı kademelerinde, bir kısmı

buharlaştırma bölümü 'nde ve bir kısmı da ham pulp ve kırmızı çamur ısıtılmasında kullanılır.

Separatör çıkışı pulp, kırmızı çamur yıkama devresine gelen ve 40 gr. / Lt. Na₂Ok konsantrasyonuna seyreltilir. Kırmızı çamur çöktürme devresinde katı fazın çökelme hızını artırmak için seyreltme tanklarına, pulp içindeki katı miktarının % 0.1 'i oranında un ilavesi yapılır.

Seyreltilmiş pulp, içindeki katının ayrılması için kırmızı çamur çöktürme devresine gönderilir. Çöktürücü maksatlı tikinerlerde sıvı faz alümina çözeltisi üst akım olarak alınır. Alüminat çözeltisi daha sonra kontrol filtrelerinde filtre edilir. Kırmızı çamur 6 kademeli yıkayıcı tikinerlerde ters akım yıkama prensibine göre yıkanır. Sonuç olarak 6. yıkayıcıyı terk eden Sıvı / Katı oranı 2.5 olan kırmızı çamur pulpu, Kırmızı Çamur Barajına pompalanır. Çamurun sıvı fazının Na₂Ok konsantrasyonu 1.5 - 2 gr. / Lt.dir.

4.8. Türkiye 'de Alüminyum Sektörü [7]

Türkiye 'de alüminyum kullanımı 1950 'li yıllarda başlamış ve 1974 yılında Etibank Seydişehir Alüminyum Tesisleri 'nin birincil alüminyum üretmesi ile ülkemizde önemli bir sanayi sektörü olmaya başlamıştır. Günümüzde Türk alüminyum sektörü, Avrupa Topluluğu ve Ortadoğu ülkelerine yaptığı ihracat ile önemini ve gelişmesini gün geçtikçe artırmaktadır.

Ülkemizde alüminyum kullanımı kişi başına yılda 2 kğ. civarında olup, bu miktar gelişmiş ülkelerin ortalamasına göre 5-6 kez daha düşüktür. Alüminyum kullanımının sağladığı faydalar dikkate alındığında, ülkemiz alüminyum kullanımı için büyük bir potansiyel olduğu görülmektedir.

Son yılların alüminyum ithalat ve ihracat değerleri aşağıdaki Tablo 1.14 'de verilmiştir.

Tablo 1.14 . Türkiye Alüminyum İthalat ve İhracatı [7]

Yıllar	İthalat (Ton)	İhracat (Ton)
1988	70.977	37.612
1989	55.451	38.058
1990	111.332	45.236
1991	89.092	24.648
1992	77.633	22.449

Ülkemizde, ekstrüzyon, yassı ürün, iletken ve döküm ürünlerini üreten alüminyum alt sektörleri teknoloji ve kalite yönünden gelişmiş olup, yaptıkları ihracat ile

bunu ispatlamışlardır. Alüminyum alt sektörü, kapasite olarak da yurtiçi ihtiyacını fazlası ile karşılayabilecek konumda olduğundan bu ürünlerin ithalatına gerek bulunmamaktadır.

Ülkemizin tek birincil alüminyum üreticisi Etibank 'ın Seydişehir Alüminyum İşletmesi Müessesesi 'dir.

Bu tesisin yıllık üretim kapasitesi yaklaşık 60.000 ton 'dur. Bu değerin gelecekte yükseltilmesi için tevsii yatırımı düşünülmektedir. Ülkemizde, alüminyum ekstrüzyon, yassı ürünler, döküm ürünleri ve iletkenlerin geniş çapta üretimi, özel sektör tarafından gerçekleştirilmektedir.

Yıllık üretim kapasitesi ekstrüzyon ürünlerde 186.000 ton, yassı ürünlerde 79.000 ton, döküm ürünlerde 53.000 ton, iletkenlerde ise 44.000 ton olup, son yıllardaki üretim değerleri aşağıdaki Tablo 1.15 'de görülmektedir.

4.9. Kullanım Alanları [7]

Boksit, kimyasal ve mineralojik bileşimlerine göre endüstride değişik alanlarda kullanılmaktadır

Tablo 1.15. Türkiye Alüminyum Üretimi (ton) [7]

Yıllar	Birincil Alüminyum	Ekstrüzyon	Yassı-ürün	Döküm	İletken
1988	56.500	22.775	40.794	10.798	9.243
1989	58.564	24.701	43.112	10.852	21.205
1990	60.902	29.791	45.906	12.634	31.000
1991	55.802	33.490	39.677	9.650	10.150
1992	58.561	39.335	40.795	16.838	9.500

a. Alümina ve Alüminyum Üretiminde [7]

% 90 oranında kullanılan boksit en az % 40 Al_2O_3 ,en fazla % 15 SiO_2 içermektedir. Diğer impuritelerin maksimum değerleri aşağıda verilmiştir.

% Fe_2O_3 : 26	% TiO_2 : 5	% CaO : 0.5	% MgO : 0.2
% P_2O_5 : 0.2	% S : 0.6	% SO_3 : 1.5	% C : 0.1

Ülkemizde olduğu gibi birçok ülkede silis modülünün (Al_2O_3 / SiO_2) en az 7 olması da alümina üretimi için ayrıca baz alınmaktadır. Dünyada ve ülkemizde proses 'te kullanılan boksitlerin kimyasal ve minralojik kompozisyonlarına bağlı olmak koşulu ile 4-5 ton boksitden 2 ton alümina, 2 ton alüminadan 'da yaklaşık 1 ton primer alüminyum elde edilmektedir.

b. Boksitden Yapılan Primer Ürünlerde [5]

1. Sentetik mullit,
2. Yüksek alüminalı ateş tuğlası,
3. Döküm maddeleri,
4. Monolit, çimento, demir-çelik ve tuğla sanayiinde (çimento sanayiinde fırın tuğlası boşluklarının doldurulması için) % Al_2O_3 : 84 ; % SiO_2 : 7.5 ; % Fe_2O_3 : 2.5; % TiO_2 : 4 olması istenmektedir.

c. Boksitden Yapılan Kimyasal Maddeler [5]

1. Su Temizlemede kullanılan alüminyum sülfat,
2. Sodyum alüminat,
3. Ham petrol tasviyesinde kullanılan Al-klorür,
4. Alüminyum hidrat,
5. Yapay zeolit.

BÖLÜM 2.

2. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

2.1. Deney Programı

Bu çalışmanın amacı, Seydişehir Alüminyum İşletmesinin atık kırmızı çamuru ile Kırka Boraks İşletmesi konsantratör ve bor türevleri atıklarının kimyasal, mineralojik karakterizasyonlarının yapılması ve kaliteli yapı malzemesi olarak değerlendirilebilme imkanlarının araştırılması esasına dayanmaktadır.

Yukarıda bahsedilen ana gaye paralalende ilk olarak hammaddelerin kimyasal analizleri yapılmış, daha sonra mineralojik analizlerden x-ışınları difraksiyonu, diferansiyel termal analiz ve son olarak tane boyut analizi gibi analizler gerçekleştirilmiştir.

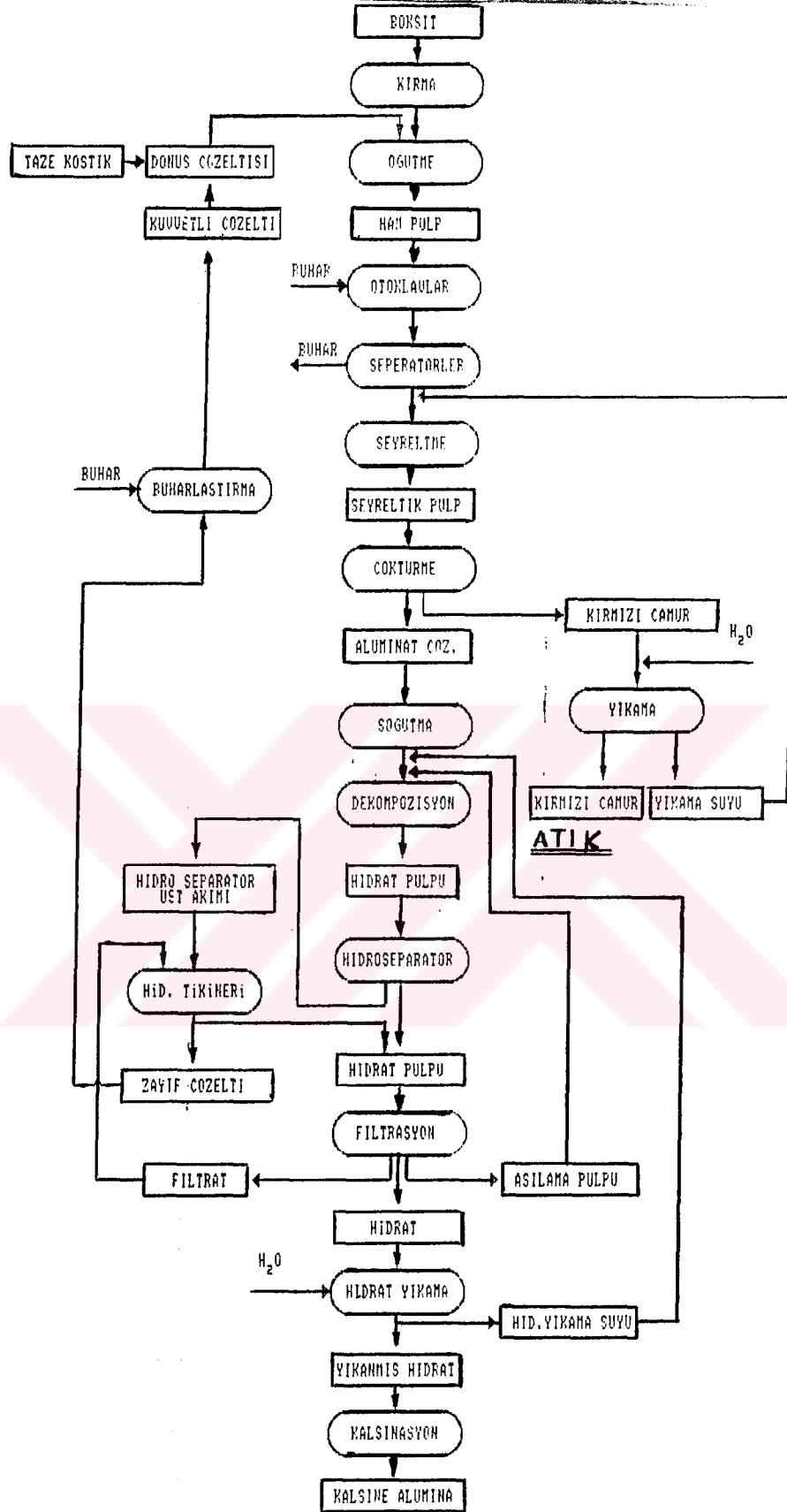
Çalışmanın son kısmında ise karakterizasyonları yapılan kırmızı çamur ile bor atıklarının birlikte kullanılarak değişik oranlarda karışım hazırlanıp, presleme yöntemi ile çubuk numuneler üretilmiştir. Üretilen bu numunelere çeşitli testler uygulanarak özellikleri belirlenmiş ve bu özellikler, diğer yapı tuğlaları ile mukayese edilmiştir.

2.2. Çalışmada Kullanılan Malzeme

Deneysel çalışmalarda kullanılan atık kırmızı çamur, Konya ilinin Seydişehir ilçesinde bulunan Etibank Seydişehir Alüminyum İşletmesinin 'den, bor atıkları numuneleri ise Eskişehir ilinin Kırka ilçesinde bulunan Etibank Kırka Boraks İşletmeleri Müessese Müdürlüğü 'ne ait konsantratör ve bor türevleri tesislerinden temin edilmişlerdir. Çalışmalarda kullanılan atık hammaddelerine ait detaylı bilgiler bölüm 2.2.1 ve 2.2.2 'de verilecektir.

2.2.1. Seydişehir Kırmızı Çamur Atığı

Çalışmalarda kullanılacak atık kırmızı çamur numunesi 6.yıkayıcı ağızından atık kırmızı çamur barajına pompalanmadan hemen önce alınan ve tankın altında kurutulan numunelerden yaklaşık 50 kg alınarak torbalanmıştır. Kırmızı çamur numunesinin alındığı nokta tesisin akım şeması üzerinde gösterilmiştir. Şekil 2.1



Şekil 2.1 Seydişehir Alüminyum İşletmesi Akım Şeması

2.2.1.1. Numunenin Kimyasal Analizi [8]

Tesislerden A.K.Ü 'ne getirildikten sonra ezilmiş ve 250 μm 'lik elekten kuru olarak elenmiştir. Elek üzerinde kalan kısım yabancı maddelerden (selüloz, tahta parçaları, bez parçaları) oluştuğu için atılmıştır. Elek altı numune bölücüyle yaklaşık bir 'er kg 'lık temsili numunelere ayrılmıştır. Temsili numunelerden bir tanesi komple kimyasal analizler için kullanılmış olup, analiz sonuçları tablo 2.1 de verilmiştir.

Tablo 2.1.Kırmızı Çamur Atığının Kimyasal Analizi

Bileşik	(%)
SiO ₂	13.50
Al ₂ O ₃	20.20
Fe ₂ O ₃	35.04
CaO	5.30
MgO	0.33
K ₂ O	0.39
Na ₂ O	9.40
TiO ₂	4.00
CO ₂	3.19
S	0.06
Mn	0.02
A.Z	8.44
TOPLAM	99.87

2.2.1.2. Numunenin Minerolojik Analizi

a. Kırmızı Çamur Numunesinin XRD Analizi

Kırmızı çamuru oluşturan minerallerin belirlenmesinde Philips 1050/25 SW marka XRD (x-ray diffraction) cihazı kullanılmıştır. İncelemeler sonucu kırmızı çamurun büyük bölümü hematit ve sodyum alüminyum hidro silikat minerallerinin oluşturduğu tesbit edilmiş ve değerler aşağıda tablo 2.2 'de verilmiştir. Ek şekil 1 'de kırmızı çamur atığının X.R.D. grafiği verilmiştir.

Tablo 2.2. Kırmızı Çamur Atığının XRD Analizi

Mineral Adı	Formülü
Hematit	Fe_2O_3
Sodyum alüminyum hidro silikat	$1.08 \text{ Na}_2\text{O} \text{ Al}_2\text{O}_3 \text{ 1.68 SiO}_2 \text{ 1.81 H}_2\text{O}$

b. Kırmızı Çamur Numunesinin DTA Analiz Sonuçları [8]

Kırmızı çamur numunesinin Netzsch marka DTA-TG (diferansiyel termal analiz - termal gravimetri) cihazında yapılmış sıcaklığa göre ağırlık kaybı değerleri de tablo 2.3 'de verilmiştir.

Tablo 2.3 Kırmızı Çamur Atığının Sıcaklık-Ağırlık Kaybı Değerleri

SICAKLIK (°C)	AĞIRLIK KAYBI (%)
300	3.51
500	5.03
600	5.73
700	6.08
800	6.32
900	6.78
1000	7.02

2.2.1.3. Kırmızı Çamur Numunesinin Tane Boyut Dağılımı

Aşağıda değerleri verilen kırmızı çamur numunesinin tane boyut analizi Etibank Bor Ürünleri Araştırma Daire Başkanlığındaki MALVERN Series 2600 cihazında yapılmış olup sonuçlar aşağıda verilmiştir.

Hacime Göre Ort. Tane Boy	: 64.88 μm
Yüzey Alanına Göre Ort. Tane Boy	: 9.94 μm
% 90 'ının Geçtiği Ort. Tane Boy	: 140.03 μm
% 50 'sinin Geçtiği Ort. Tane Boy	: 58.42 μm
% 10 'ının Geçtiği Ort. Tane Boy	: 3.21 μm

2.2.2. Kırka Bor Atıkları

Kırka boraks tesisinden alınan atık numuneleri,

1. Konsantratör Kil Pestili Atığı,
2. Konsantratör Şlam Atığı,
3. D.S.M. Elek Üstü Atığı,
4. II. Kademe Atığı,

şeklinde ana başlıklar altında gruplandırılmıştır. Alınan 2 ve 4 numaralı numuneler büyük oranda su içerdiklerinden diğer numunelerle birlikte ayrı ayrı büyük bidonlara (yaklaşık 40 ‘ar kg ‘lık) alınmışlardır.

2.2.2.1. Konsantratör Atıkları

2.2.2.1.1. Konsantratör Kil Pestili Atığı

Konsantratör tesisinden numune alınmadan önce tesisin akım şeması üzerinden numunenin alınabileceği bölge incelenmiş ve sonuçta 1 mm elek açıklığına sahip iki eleğin alt çıkışlarından çıkan malzemenin hidrosiklonlara beslenmesinden sonra, bu hidrosiklonların üst ağızlarından atık numune temin edilmiştir. Konsantratör tesisinden alınan atık numune, tesisin akım şeması üzerinde gösterilmiş ve şekil 2.2 ‘de verilmiştir.

a. Konsantratör Kil Pestili Atığının Kimyasal Analizi

Konsantratör tesisi kil pestili atığının kimyasal analizi, işletme tarafından belirli periyotlarla alınan numunelerin kuru bazda yapılan analiz sonuçları içerisinde alınmış ve değerler aşağıda tablo 2.4 ‘de verilmiştir.

Tablo 2.4. Konsantratör Kil Pestili Atığı

% Oksit	B ₂ O ₃	SiO ₂	R ₂ O ₃	CaO	MgO	K K.
Kil Pestili Atığı (Kuru Bazda)	8.12	19.39	2.89	13.05	15.87	43.33

Tesisten alınan numune içerisindeki elementlerin tayini Etibank Bor Araştırma Enstitüsü Mineraloji Laboratuvarındaki X-RAY Spectrometer Rigaku Marka RIX 2000 Model XRF cihazında çekilmiştir. % B₂O₃ miktarları titrasyonla yapılmıştır. Toplam: K.K : 98.932

Tablo 2.5. Konsantratör Kil Pestili Atığının XRF sonucu

	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	CaO	SrO	MgO	Na ₂ O	K K	%B ₂ O ₃
Kil Pestili Atığı	8.261	0.130	0.094	10.756	1.239	15.566	7.636	43.33	11.92

b. Konsantratör Kil Pestili Atığının Minerolojik Analizi

Konsantratör kil pestili atığını oluşturan minerallerin belirlenmesinde Philips 1050/25 SW marka XRD (x-ray diffraction) cihazı kullanılmıştır. İncelemeler sonucu atığın büyük bölümünü boraks, dolomit ve montmorillonit minerallerinin oluşturduğu tesbit edilmiş ve değerler aşağıda tablo 2.6 'da verilmiştir. Ek şekil 2 'de konsantratör kil pestili atığının X.R.D. grafiği verilmiştir.

Tablo 2.6. Konsantratör Kil Pestili Atığının XRD Analizi

Mineral Adı	Formülü
Boraks	Na ₂ B ₄ O ₅ (OH) ₄ 8 H ₂ O
Dolomit	Ca Mg (CO ₃) ₂
Montmorillonit	NaO 3(Al, Mg) ₂ Si ₄ O ₁₀ (OH) ₂ XH ₂ O

D.T.A. Analizi

Türkiye çimento müstahsilleri birliğinde yaptırılan D.T.A. sonucunda numunenin ağırlık kaybı grafiğinden, ağırlık kaybı başlangıcının 80 °C 'de başladığı ve 700 °C 'ye kadar ağırlık kaybının sürdüğü, bu iki sıcaklık arasında numunenin ağırlık kaybının 40 mg olduğu ve 890 °C 'de ikinci kez ağırlık kaybının başladığı ve son sıcaklık değeri olan 1400 °C 'ye kadar sürdüğü ve bu esnada da yaklaşık 4 mg 'lık ikinci ağırlık kaybının gerçekleştiği görülmüştür. D.T.A. reaksiyon eğrisinden ise, endotermik reaksiyonların 350 °C - 690 °C 'lerde, ekzotermik reaksiyonların 620 °C 'de gerçekleştiği görülmektedir. Yukarıdaki değerlerin okunduğu D.T.A grafiği ek şekil 3 'de verilmiştir.

c. Konsantratör Kil Pestili Atığının Tane Boyut Dağılımı

Aşağıda değerleri verilen konsantratör kil pestili atık numunesinin tane boyut analizi Etibank Bor Ürünleri Araştırma Daire Başkanlığındaki MALVERN Series 2600 cihazında yapılmış olup sonuçlar aşağıda verilmiştir.

Hacime Göre Ort. Tane Boy	: 25.21 μm
Yüzey Alanına Göre Ort. Tane Boy	: 11.11 μm
% 90 'ının Geçtiği Ort. Tane Boy	: 53.74 μm
% 50 'sinin Geçtiği Ort. Tane Boy	: 20.49 μm
% 10 'ının Geçtiği Ort. Tane Boy	: 5.46 μm

2.2.2.1.2. Konsantratör Şlam Atığı

a. Konsantratör Şlam Atığının Kimyasal Analizi

Konsantratör şlam atığının kimyasal analizi, işletme tarafından belirli periyotlarla alınan numunelerin kuru bazda yapılan analiz sonuçlarından alınmış ve değerler aşağıda tablo 2.7 'de verilmiştir.

Tablo 2.7. Konsantratör Şlam Atığı

% Oksit	B ₂ O ₃	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	K K
Şlam Atığı (Kuru Bazda)	18.52	9.46	1.29	8.86	9.93	36.24

X.R.F. Analizi

Tesisten alınan numune içerisindeki elementlerin tayini Etibank Bor Araştırma Enstitüsü Mineraloji Laboratuvarındaki X-RAY Spectrometer Rigaku Marka RIX 2000 Model XRF cihazında çekilmiştir. % B₂O₃ miktarları titrasyonla yapılmış olup değerler tablo 2.8 'de verilmiştir. Toplam: K.S : 98.057

Tablo 2.8. Konsantratör Şlam Atığının XRF sonucu

	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	CaO	SrO	MgO	Na ₂ O	K K	%B ₂ O ₃
Kons. Şlam Atığı	12.532	0.244	0.447	11.181	0.673	14.976	8.674	36.24	13.09

b. Konsantratör Şlam Atığının Mineralojik Analiz

Konsantratör şlam atığını oluşturan minerallerin belirlenmesinde Philips 1050/25 SW marka XRD (x-ray diffraction) cihazı kullanılmıştır. İncelemeler sonucu atığın büyük bölümünü boraks, dolomit ve montmorillonit minerallerinin oluşturduğu tesbit edilmiş ve değerler aşağıda tablo 2.9 'da verilmiştir. Ek şekil 4 'de konsantratör şlam atığının X.R.D. grafiği verilmiştir.

Tablo 2.9. Konsantratör Şlam Atığının XRD Analizi

Mineral Adı	Formülü
Boraks	$\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_5 (\text{OH})_4 \cdot 8 \text{H}_2\text{O}$
Dolomit	$\text{Ca Mg}(\text{CO}_3)_2$
Montmorillonit	$\text{CaO} \cdot 2 (\text{Al,Mg})_2 \text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2 \cdot \text{XH}_2\text{O}$

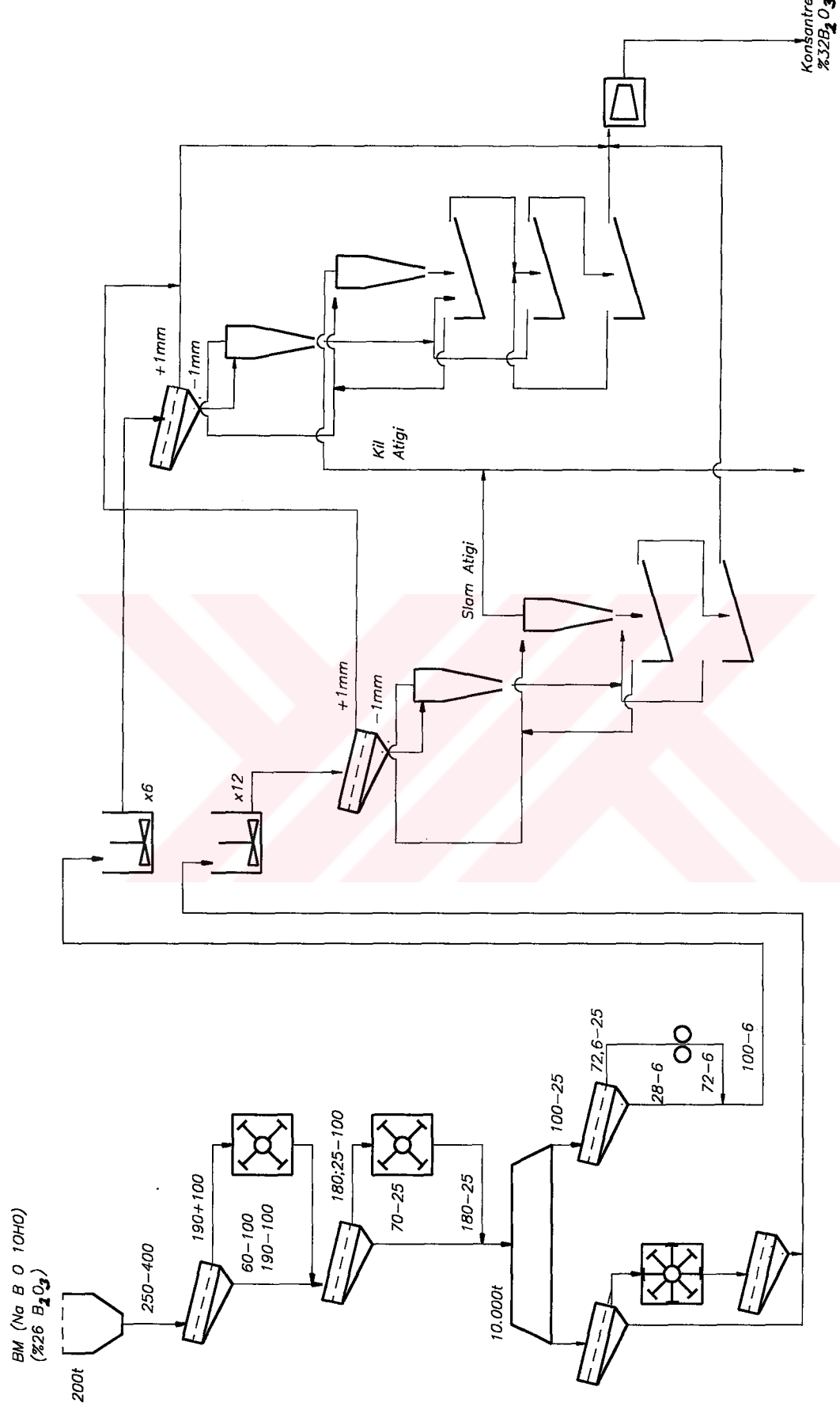
D.T.A Analizi

Türkiye çimento müstahsilleri birliğinde yapılan D.T.A. sonucunda ağırlık kaybının 80 °C 'de başladığı ve 700 °C 'ye kadar sürdüğü, ikinci ağırlık kaybının 1180 °C 'de başladığı ve 1400 °C 'ye kadar sürdüğü görülmektedir. Reaksiyon Eğrisinden ise, endotermik reaksiyonun 600 °C ve 870 °C 'de, ekzotermik reaksiyonun 670 °C 'de gerçekleştiği görülmektedir. D.T.A. grafiği Ek şekil 5 'de verilmiştir.

c. Konsantratör Şlam Atığının Tane Boyut Dağılımı

Aşağıda değerleri verilen konsantratör şlam atık numunesinin tane boyut analizi Etibank Bor Ürünleri Araştırma Daire Başkanlığındaki MALVERN Series 2600 cihazında yapılmış olup sonuçlar aşağıda verilmiştir.

Hacime Göre Ort. Tane Boy	: 17.18 μm
Yüzey Alanına Göre Ort. Tane Boy	: 8.31 μm
% 90 'ının Geçtiği Ort. Tane Boy	: 36.76 μm
% 50 'sinin Geçtiği Ort. Tane Boy	: 14.05 μm
% 10 'ının Geçtiği Ort. Tane Boy	: 4.61 μm



Sekil 2.2 Konsantrator Tesisi Akim Semasi

2.2.2.2. Bor Türevleri Atıkları

2.2.2.2.1. D.S.M. Elek Üstü Atığı

a. D.S.M Elek Üstü Atığının Kimyasal Analiz

Bor türevleri tesisi d.s.m. elek üstü atığının kimyasal analizi, işletme tarafından belirli periyotlarla alınan numunelerin kuru bazda yapılan analiz sonuçlarından alınmış ve değerler aşağıda tablo 2.10 'da verilmiştir.

Tablo 2.10. D.S.M. Elek Üstü Atığının Kimyasal Analizi

% Oksit	D.S.M.Elek Üstü(Kuru Bazda)
B ₂ O ₃	12.91
SiO ₂	14.60
R ₂ O ₃	2.81
CaO	12.84
MgO	13.46
K.K.	32.21

X.R.F.Analizi

Tesisten alınan numune içerisindeki elementlerin tayini Etibank Bor Araştırma Enstitüsü Mineraloji Laboratuvarındaki X-RAY Spectrometer Rigaku Marka RIX 2000 Model XRF cihazında çekilmiştir. % B₂O₃ miktarları titrasyonla yapılmış olup değerler tablo 2.11 'de verilmiştir. Toplam: D.S.M Elek üstü : 99.302

Tablo 2.11 D.S.M. Elek Üstü Atığının XRF Sonucu

	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	CaO	SrO	MgO	Na ₂ O	K.K.	%B ₂ O ₃
D.S.M	9.191	0.280	0.374	7.512	0.479	8.321	14.765	32.21	26.17

b. D.S.M. Elek Üstü Atığının Mineralojik Analiz

D.S.M. elek üstü atığını oluşturan minerallerin belirlenmesinde Philips 1050/25 SW marka XRD (x-ray diffraction) cihazı kullanılmıştır. İncelemeler sonucu atığın büyük bölümünü boraks, dolomit ve muskovit minerallerinin oluşturduğu tesbit edilmiş ve değerler aşağıda tablo 2.12 'da verilmiştir. Ek şekil 6 'da d.s.m. elek üstü atığının X.R.D. grafiği verilmiştir.

Tablo 2.12. D.S.M Elek Üstü Atığının X.R.D. Analizi.

Mineral Adı	Formülü
Boraks	$\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10 \text{H}_2\text{O}$
Dolomit	$\text{Ca Mg} (\text{CO}_3)_2$
Muskovit	$\text{KAl}_2\text{Si}_3\text{AlO}_{10} (\text{OH})_2$

D.T.A Analizi

Türkiye çimento müstahsilleri birliğinde yapılan D.T.A. ağırlık kaybı eğrisinden numunenin ağırlık kaybına uğradığı ilk sıcaklık olarak 80 °C değeri belirlenmiş ve bu kayıp 700 °C 'a kadar devam etmiştir. İkinci ağırlık kaybı ise 1110 °C 'de başlamış ve son sıcaklık değeri olan 1400 °C 'ye kadar devam etmiştir. D.T.A reaksiyon eğrisinden ise, endotermik reaksiyonun 160 °C , 560 °C , 960 °C ve 1270 °C 'lerde, ekzotermik reaksiyonun 620 °C 'de gerçekleştiği görülmektedir. D.T.A grafiği Ek şekil 7 'de verilmiştir.

c. D.S.M. Elek Üstü Atığının Tane Boyut Dağılımı

Aşağıda değerleri verilen d.s.m. elek üstü numunesinin tane boyut analizi Etibank Bor Ürünleri Araştırma Daire Başkanlığındaki MALVERN Series 2600 cihazında yapılmış olup sonuçlar aşağıda verilmiştir.

Hacime Göre Ort. Tane Boy : 34.47 μm
Yüzey Alanına Göre Ort. Tane Boy : 13.04 μm
% 90 'ının Geçtiği Ort. Tane Boy : 76.24 μm
% 50 'sinin Geçtiği Ort. Tane Boy : 27.36 μm
% 10 'ının Geçtiği Ort. Tane Boy : 5.91 μm

2.2.2.2.2. II. Kademe Atığı

a. II. Kademe Atığı Kimyasal Analizi

Bor türevleri tesisi II. kademe atığının kimyasal analizi, işletme tarafından belirli periyotlarla alınan numunelerin kuru bazda yapılan analiz sonuçlarından alınmış ve değerler aşağıda tablo 2.13 'de verilmiştir.

Tablo 2.13. II. Kademe Atığının Kimyasal Analizi

% Oksit	Şlam Atığı (Kuru Bazda)
B ₂ O ₃	27.04
SiO ₂	5.15
R ₂ O ₃	0.82
CaO	4.32
MgO	4.90
K.K.	35.27

X.R.F. Analizi

Tesisten alınan numune içerisindeki elementlerin tayini Etibank Bor Araştırma Enstitüsü Mineraloji Laboratuvarındaki X-RAY Spectrometer Rigaku Marka RIX 2000 Model XRF cihazında çekilmiştir. % B₂O₃ miktarları titrasyonla yapılmış olup değerler tablo 2.14 'de verilmiştir. Toplam: II. Kademe : 100.168

Tablo 2.14 Bor Türevleri Tesisi II. Kademe Atığının XRF Sonucu

	SrO ₂	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	CaO	SrO	MgO	Na ₂ O	K.K.	%B ₂ O ₃
II.Kad	9.284	0.242	0.358	7.669	0.526	8.812	13.817	35.27	24.19

b. II. Kademe Atığının Mineralojik Analizi

II. kademe atığını oluşturan minerallerin belirlenmesinde Philips 1050/25 SW marka XRD (x-ray diffraction) cihazı kullanılmıştır. İncelemeler sonucu atığın büyük bölümünü boraks, dolomit, montmorillonit ve kuvars minerallerinin oluşturduğu

tesbit edilmiş ve değerler aşağıda tablo 2.15 'de verilmiştir. Ek şekil 8 'de II. kademe atığının X.R.D. grafiği verilmiştir.

Tablo 2.15. II. Kademe Atığının X.R.D. Analizi

Mineral Adı	Formülü
Boraks	$\text{Na}_2 \text{B}_4\text{O}_5 (\text{OH})_4 \cdot 8 \text{H}_2\text{O}$
Dolomit	$\text{Ca Mg} (\text{CO}_3)_2$
Montmorillonit	$\text{CaO} 2 (\text{Al,Mg})_2 \text{Si}_4\text{O}_{10} (\text{OH})_2 \text{XH}_2\text{O}$
Kuvars	$\alpha \text{ SiO}_2$

D.T.A Analizi :

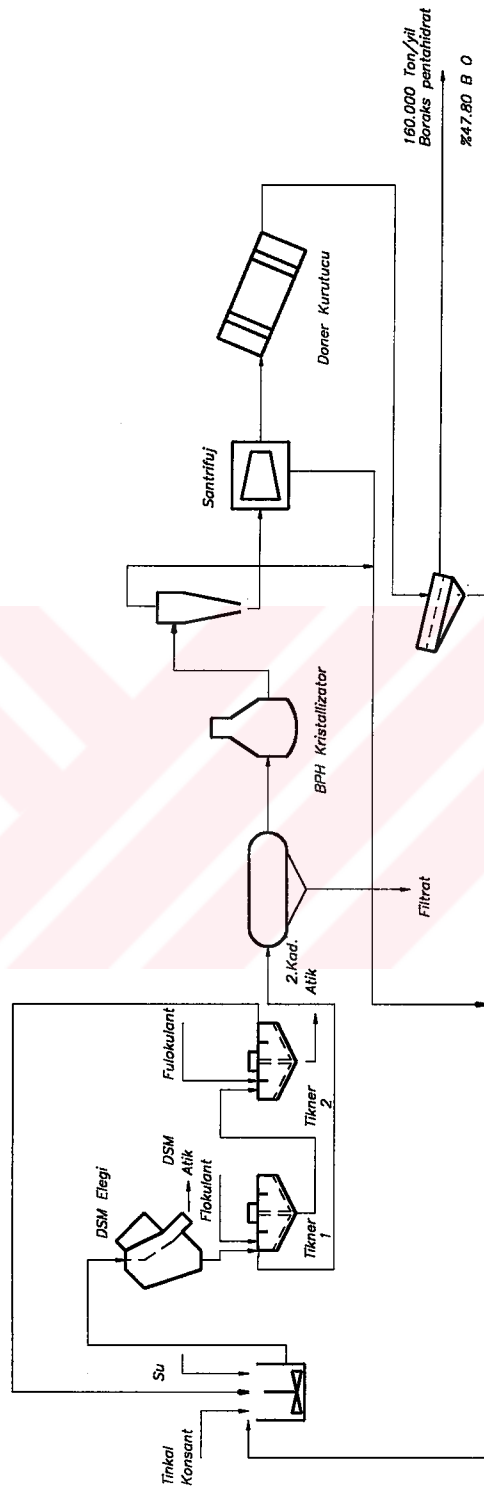
Türkiye çimento müstahsilleri birliğinde yaptırılan D.T.A. ağırlık kaybı eğrisinden numunenin 80 °C 'da ağırlık kaybına başladığı ve 710 °C 'ye kadar sürdüğü, ikinci ağırlık kaybının 960 °C 'de başladığı ve 1400 °C 'a kadar sürdüğü görülmektedir. D.T.A. reaksiyon eğrisinden ise, endotermik reaksiyonun 160 °C ve 590 °C 'de, ekzotermik reaksiyonun ise tesbit edilemediği görülmüştür.

c. II. Kademe Atığının Tane Boyut Dağılımı

Aşağıda değerleri verilen II. kademe atık numunesinin tane boyut analizi Etibank Bor Ürünleri Araştırma Daire Başkanlığındaki MALVERN Series 2600 cihazında yapılmış olup sonuçlar aşağıda verilmiştir.

II. Kademe

Hacime Göre Ort. Tane Boy	: 35.17 μm
Yüzey Alanına Göre Ort. Tane Boy	: 11.91 μm
% 90 'ının Geçtiği Ort. Tane Boy	: 80.53 μm
% 50 'sinin Geçtiği Ort. Tane Boy	: 27.41 μm
% 10 'ının Geçtiği Ort. Tane Boy	: 5.41 μm



Sekil 2.3 Bor turevleri Tesisi Akim Semasi

2.3. Deney Numunelerinin Hazırlanması

2.3.1. Harmanlama ve Kalıplama

Karakterizasyonları yapılan kırmızı çamur ile bor atıkları kullanılarak değişik oranlarda karışım hazırlanmıştır. Karışım hazırlanması sırasında 4 farklı çalışma grubu göz önünde tutulmuştur. Bu grupların şematik gösterilişi aşağıdaki şekilde verilmiştir.

A	B	C	D
Kırmızı Çamur	Kırmızı Çamur	Kırmızı Çamur	Kırmızı Çamur
Kons.Kil Pestili	Kons.Şlam	D.S.M.Elek Üs.	II.Kademe Atık

Yukarıda sözü edilen gruplar içerdikleri malzemelerin karışım oranlarına göre kendi aralarında da 3 farklı gruba ayrılmış ve malzemelerin karışım oranları aşağıdaki şekilde verilmiştir.

A

- 1-% 95 Kırmızı Çamur + % 5 Konsantratör Kil Pestili Atığı
- 2-% 90 Kırmızı Çamur + % 10 Konsantratör Kil Pestili Atığı
- 3-% 85 Kırmızı Çamur + % 15 Konsantratör Kil Pestili Atığı

B

- 1-% 95 Kırmızı Çamur + % 5 Konsantratör Şlam Atığı
- 2-% 90 Kırmızı Çamur + % 10 Konsantratör Şlam Atığı
- 3-% 85 Kırmızı Çamur + % 15 Konsantratör Şlam Atığı

C

- 1-% 95 Kırmızı Çamur + % 5 D.S.M Elek Üstü Atığı
- 2-% 90 Kırmızı Çamur + % 10 D.S.M Elek Üstü Atığı
- 3-% 85 Kırmızı Çamur + % 15 D.S.M Elek Üstü Atığı

D

- 1-% 95 Kırmızı Çamur + % 5 II.Kademe Alt Atığı
- 2-% 90 Kırmızı Çamur + % 10 II.Kademe Alt Atığı
- 3-% 85 Kırmızı Çamur + % 15 II.Kademe Alt Atığı

Yukarıdaki şekilde görülen karışım oranları oluşturulmuş ve kalıplamadan önce plastisiteyi sağlamak amacıyla % 5 oranında su ilave edilerek homojen bir karışım oluşuncaya kadar karıştırılmıştır.

Karışımları oluşturan her grubtan 25 'er adet olmak üzere presleme yöntemi ile 5 cm uzunluk 0.78 cm genişlik ve 1.2 cm yükseklik olacak şekilde (her numune ağırlığı 9 gr. olmak şartıyla) 5 x 0.78 x 1.2 cm 'lik çubuk numuneler üretilmiştir. Presleme işleminde 3.55 MPa (35 kg/cm²) lik basınç uygulanmıştır.

2.3.2. Kurutma ve Sinterleme İşlemleri

Üretilen deney numuneleri oda sıcaklığında 1 gün bekletilmiş ve daha sonra etüve alınarak 105 °C 'a kadar kademeli olarak kurutulmuştur. Bu sıcaklık değerinde 2 saat bekletilmiş ve etüvden alınan çubuk numuneler diğer işlemler ve testler için hazırlanmıştır.

Kuruma işlemini tamamlamış deney numuneleri 600, 700, 800 , 900 °C olmak üzere 4 değişik sıcaklıkta pişirilmiş ve bu sıcaklıkların son değerlerinde 2 saat bekletilmiştir. Deney numuneleri yine kurutma işleminde olduğu gibi fırın içerisinde oda sıcaklığına kadar soğutulmuştur.

Sinterlenen numuneler üzerinde aşağıdaki testler yapılmıştır.

- Kuruma, pişme, toplu küçülme ve kızdırma kaybı testi
- Gözenek miktarı ve bulk yoğunluk
- Birim hacim ağırlığının belirlenmesi
- Ağırlıkça su emme testi
- Üç nokta eğilme mukavemeti testi
- Basma mukavemeti testi
- Donma testi
- Pamuklaşma

2.4. Deney Numunelerine Uygulanan Test Yöntemleri

2.4.1. Kuruma Küçülmesi [9]

Şekillendirme işlemi tamamlanmış tuğla örneklerinin kurutma aşamasına alınmadan önce boyları, genişlikleri ve yükseklikleri ölçülmüş, daha sonra kurutma gerçekleştirilmiştir. Kurutma işlemi bitirildikten sonra tuğla örnekleri tekrar ölçülmüş ve sonuçta çok azda olsa bir boyut küçülmesinin olduğu tesbit edilmiştir.

Kuruma çekmesi gözlenen tuğla örneklerinde herhangi bir deformasyona rastlanılmamıştır. Kuruma küçülmesine ait değerlendirme bölüm 3 'de verilmiştir.

$$\% \text{ Kuruma Küçülmesi} = \frac{\text{Yaş Uzunluk} - \text{Kuru Uzunluk}}{\text{Yaş Uzunluk}} \times 100$$

2.4.2. Pişme Küçülmesi [9]

Pişme işlemine alınmadan önce örnek tuğla numunelerinin boyutları (en, boy, yükseklik) ölçülmüş ve daha sonra pişirme işlemi gerçekleştirilmiştir. Pişirme aşamasını tamamlamış tuğla numuneleri ikinci kez ölçüldüğünde, bu kez belirli bir oranda tuğla numunelerinde pişme küçülmesi gözlenmiştir. En fazla pişme küçülmesi 900 °C 'de pişirilen örneklerde görülmüştür. Daha sonra yapılan hesaplamalar neticesinde pişme küçülmesinin uygun sınırlar içerisinde kaldığı ortaya çıkmıştır. Pişme küçülmesine ait değerler deney sonuçlarının irdelenmesi bahsinde verilmiştir.

$$\% \text{ Pişme Çekmesi} = \frac{\text{Kuru Uzunluk} - \text{Pişmiş Uzunluk}}{\text{Kuru Uzunluk}} \times 100$$

2.4.3. Toplu Küçülme [9]

Toplu küçülme değeri hesaplanırken, ilk olarak deney numunelerinin presleme sonrası yükseklikleri ölçülür (h_o). Daha sonra numuneler pişirilir ve tekrar pişme sonrası yükseklik değerleri okunur (h_p). Sonuçta numunelerin % toplu küçülme (T.K.) değerleri aşağıdaki şu formül yardımıyla bulunur.

$$\% \text{ Toplu Küçülme} = \frac{h_o - h_p}{h_o} \times 100$$

2.4.4. Kızdırma Kaybı [9]

Kızdırma kaybı değeri hesaplanırken örnek numunelerin kurutma sonrası ağırlıkları tartılır (W_k), daha sonra örnek numuneler istenilen sıcaklıkta pişirilir. Pişme sonrası ikinci kez tartılan örnek numunelerin (W_p) % kızdırma kaybı değerleri aşağıdaki formül yardımıyla hesaplanır.

$$\% \text{ Kızdırma Kaybı} = \frac{W_k - W_p}{W_k} \times 100$$

2.4.5. Gözenek Miktarı ve Bulk Yoğunluk [9]

Etüvde 110 °C 'a kadar kurutulan numuneler tartılıp(W_a) uygun bir kaba konulduktan sonra, numunelerin yarısına kadar su ile doldurulur ve 5 dakika beklenir.

Kap bir ocak üzerine konarak ısıtılır ve su kaynama noktasına yaklaşıncı, numunelerin tümü su içerisinde kalacak şekilde kaba su ilave edilir. 5 dakika kaynadıktan sonra oda sıcaklığında soğutulup, su içerisinde tartılır (W_b). Numuneler su içerisinde çıkarılarak yüzeyleri ıslak kaba bir kağıt ile kurulanır ve havada yeniden tartılır (W_c). Bu tartım sonucunda aşağıdaki formüle göre, gözenek (G) ve bulk yoğunluğu (d_b) miktarları bulunur.

$$\text{Gözenek (G)} = \frac{W_c - W_a}{W_c - W_b} \times 100$$

$$\text{Bulk Yoğunluk (} d_b \text{)} = \frac{W_a}{W_c - W_b} \times d_s \text{ (kg / m}^3 \text{)}$$

d_s = Kullanılan sıvının yoğunluğu (deneyde su için 1000 kg / m³ alınmıştır).

Gözenek miktarı, malzemenin içerdiği açık ve kapalı gözeneklerin toplamıdır. Bulk yoğunluk ise, numune ağırlığının tüm malzemenin hacmine bölünmesi ile elde edilir.

2.4.6. Birim Hacim Ağırlığının Belirlenmesi [10]

Tuğlalar sıcaklığı 110 ° C ' ye (± 5 ° C) ayarlanmış etüve yerleştirilerek değişmez kütleye kadar kurutulur ve tartılır. (M) Kurutulmuş tuğla numuneleri oda sıcaklığına kadar soğutulduktan sonra boyutları ölçülür. Bu boyutlar yardımıyla, tuğlanın hacmi belirlenir (V). Birim hacim ağırlığı (d) ise, aşağıdaki formül yardımıyla bulunur

$$d = \frac{M}{V} \text{ (Kg / cm}^2 \text{)}$$

2.4.7. Ağırlıkça Su Emme Deneyi [10]

Numuneler 110 °C ' de kurutulan numuneler oda sıcaklığına soğutulur tartılır. (W_k) Daha sonra numuneler uygun bir kaba konulup, tamamen su içerisinde kalacak şekilde su ilave edilir. 24 saat süreyle suda bekletildikten sonra yüzeyleri kabaca kurulan numuneler bekletilmeden tartılarak doygun ağırlıkları ölçülür. (W_d)

Tartımlar yapıldıktan sonra su emme miktarı aşağıdaki formül yardımıyla hesaplanır.

$$\% \text{ Su Emme} = \frac{W_d - W_k}{W_k} \times 100$$

2.4.8. Üç Nokta Eğilme Mukavemeti Testi [9]

Deneyin amacı; standart ölçümlerde hazırlanan numunelerin değişik pişirme sıcaklığındaki eğilme mukavemetini tesbit etmektir. Standart dikdörtgen prizma olarak (7.5x54x10mm) üretilen numuneler kurutulduktan sonra her sıcaklık için en az beş adet deney numunesi pişirilir. Pişirilen numuneler fırın sıcaklığı oda sıcaklığına gelene dek fırında bekletilir. Deney numunesi fırından çıkarılır çıkarılmaz deney cihazının mesnetleri arasına yerleştirilir. Bu mesnetler deney cihazı ve hammadde tipine bağlı olarak 50 mm veya 100 mm açıklıktan birine ayarlanabilir.

Deney numunesi her bir mesnete yanlardan 6.5 mm çıkıntı ile uygulanır. Mesnetlerin ortasından dik açı ile numuneye yükleme parçası vasıtasıyla kuvvet uygulanır. Kuvvet uygulama numune kırılıncaya kadar devam eder. Uygulanan kuvvetin hızı 450 gr / dak. (4.5 N / dak.) geçmemelidir. deneyde kare kesitli numune uygulanmış ise numunenin kırıldığı yerin genişlik ve yüksekliği kumpasla 0.1 mm hassasiyetle ölçülür. Deney esnasında kuvvetin tatbik edildiği noktadan 10 mm 'den fazla bir uzaklıkta kırılma gerçekleşirse numunede daha önceden bir hasar geldiği düşünülür ve deney sonucu ortalamaya dahil edilmez. Numunenin kırıldığı yer üzerindeki ölçülen en az üç noktanın ölçümünün aritmetik ortalaması alınarak hesaplamada kullanılır. Hesaplama aşağıdaki şekilde yapılır.

$$M = \frac{3 P L}{2 a h^2}$$

2.4.9. Basınç Dayanımı Testi [10]

Basınç deneyleri, pişirme sonucu elde edilen ve boyutları boy/ çap olarak 24 mm / 12 mm haline getirilmiş numuneler üzerinde yapılmıştır. Deneyler, Afyon Set Çimento A.Ş mekanik laboratuvarlarında bulunan, max.20 ton basma kapasiteli preste gerçekleştirilmiştir. Numunelerin tek eksenli basınç dayanımları (σ) numuneleri kıran hidrolik yükün (F) numune yüzey alanına (A) bölünmesi ile bulunmuştur.

$$\sigma = \frac{F \text{ (kgf / cm}^2 \text{)}}{A \text{ (cm}^2 \text{)}}$$

Basma mukavemeti deneyinde, 14 değişik numune grubundaki ve dört farklı sıcaklıkta pişmiş numunelerin basınç dayanımları belirlenmiştir. Deneylerde, her karışım ve sıcaklık grubu için beşer adet numune kullanılmıştır. Deney sonuçları detaylı olarak aşağıda verilmiştir.

2.4.10. Donma Testi [9]

Numuneler uygun bir kap içerisine yerleştirildikten sonra, numune yüksekliğinin 1/4 'üne kadar su ile doldurulur. Bir saat sonra numunelerin yarısı, ikinci saatin sonunda 3/4 'ü ve 24 saatin sonunda ise tamamı su içerisinde kalacak şekilde kaba su ilave edilir. Bu durumda numuneler 48 saat su içerisinde bırakıldıktan sonra, sudan çıkarılıp bekletilmeden soğuk hava deposuna yerleştirilir ve sıcaklık 4 saatte -15 ° C 'ye düşecek şekilde ayarlanır. Numuneler bu sıcaklıkta 2 saat bekletilip, soğuk hava deposundan çıkarılarak oda sıcaklığındaki su kabına tamamen su içerisinde kalacak şekilde yerleştirilir. Don çözündükten sonra numuneler dikkatlice incelenip; çatlama, kopma, pullanma ve dağılma gibi hasarların meydana gelip gelmediği tesbit edilir.

2.4.11. Pamuklaşma Testi [9]

Pamuklaşma, seramik malzemelerde bulunan suda eriyebilen tuzların, kılcal gözeneklerden hareket ederek yüzeye çıkması ve burada suyun buharlaşması sonucu birikmesi olayıdır. Pamuklaşmaya sebep olan tuzların başlıcaları; sülfatlar, klorürler, nitratlar ve karbonatlardır.

Kırmızı çamur ve bor atıklarından hazırlanan numuneler içerdikleri çözülebilir tuzların miktarını belirlemek amacıyla pamuklaşma testi yapılır. Bir kap içerisine yerleştirilen numunelere yüksekliklerinin $1/3$ 'ü kadar saf su ilave edilir. Numuneler tarafından emilen suyun tamamen buharlaşarak uzaklaşmasından sonra aynı işlem tekrarlanır ve aşağıda ifade edilen özelliklerin olup olmadığı kontrol edilir.

a) Zayıf pamuklaşma : Numunelerde, yüzeylerinin % 10 'unu geçmeyecek oranda ince tuz tabakasının bulunması,

b) Orta pamuklaşma : Numune yüzeylerinin tozlaşma ve pullanma olmaksızın % 50 'ye varan oranlarda tuz tabakasının bulunması.

c) Çok pamuklaşma : Yüzeylerde tozlanma ve pullanma ile birlikte, büyük miktarlarda tuz tabakasının bulunması.



BÖLÜM 3.

3. DENEY SONUÇLARININ İRDELENMESİ

3.1. Deney Numunelerine Uygulanan Test Sonuçları

Hazırlanan çubuk deney numunelerine; kuruma küçülmesi, pişme küçülmesi, toplu küçülme, kızdırma kaybı, gözenek miktarı ve bulk yoğunluk, birim hacim ağırlığının belirlenmesi, ağırlıkça su emme, üç nokta eğme dayanımı, basma dayanımı, donma, pamuklaşma testleri yapılmıştır. Deneyler ve testler sonucunda her test için en iyi sonucu veren numuneler, diğer örnekler (% 100 tuğla ve % 100 kırmızı çamur) ile mukayese edilerek kazanılan veya kaybedilen değerler grafikler yardımıyla değerlendirilmiştir.

3.1.1. Kuruma, Pişme, Toplu Küçülme ve Kızdırma Kaybı

Numunelerin kuruma, pişme, toplu küçülme ve kızdırma kaybı değerleri, numunelerin presleme, kuruma ve sinterleme sonrası elde edilen boyut ve ağırlıklarının ortalamaları alınarak hesaplanmıştır. Numunelerin kuruma küçülme miktarları ihmal edilebilecek kadar küçüktür. Kullanılan bor atık miktarları arttıkça, kuruma küçülmesinde fazla bir değişiklik görülmemiştir. Bunun nedeni olarak; atık bor katkı oranları arasındaki değişimin düşük yüzdelerde olması ve deney numunelerinin şekillendirilme-leri esnasında ilave edilen yoğrulma suyu miktarının çok düşük yüzdelerde kalması da gösterilebilir.

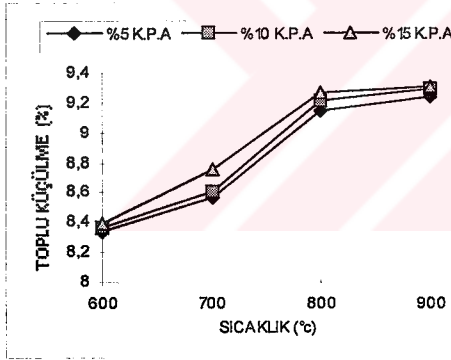
Kuruma küçülmesi değerlerinde bir değişiklik tesbit edilmediğinden dolayı numunelerin kuruma küçülme miktarları incelenmemiştir. Seydişehir kırmızı çamuru ile kırka bor atıkları ilaveli numunelerin 110 °C 'de 2 saat kurutma, 600, 700, 800, 900°C 'de sinterleme işlemleri sonucunda alınan ortalama toplu küçülme ve kızdırma kaybı miktarları sırasıyla tablo 3.1, 3.2, 3.3, 3.4 'de ve grafikler de şekil 3.1, 3.2, 3.3, 3.4, 3.5, 3.6, 3.7, 3.8 'de verilmiştir.

Tablo 3.1, 3.2, 3.3, 3.4 'de verilen değerler incelendiğinde sıcaklık arttıkça toplu küçülme ve kızdırma kaybı yüzdelerinin arttığı görülmektedir. Bu ; sıcaklık arttıkça yapıyı oluşturan tanelerin daha iyi sinterlendiğini ve birbirlerine daha çok yaklaşarak büzüldükleri dolayısıyla malzeme içerisindeki yapının sıklaştığını ve

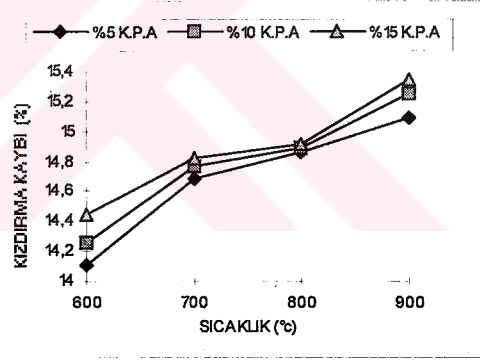
toplu küçülme değerlerinin büyüdüğünü gösterir. Ayrıca, Kırka konsantratör tesisi kil pestili atığı katkı yüzdesi arttıkça da toplu küçülme ve kızdırma kaybı yüzdeleri artmıştır. Komple kimyasal analiz sonuçlarına göre kırmızı çamurda kızdırma kaybı % 8.44 iken Kırka konsantratör tesisi kil pestili atığında % 43.33 civarındadır. Bu nedenle Kırka konsantratör tesisi kil pestili atığı % 'si arttıkça kızdırma kaybı % 'si de artmaktadır.

Tablo 3.1 A Grubu Numunelerin Toplu Küçülme ve Kızdırma Kaybı Değerleri

Kırka Konsantratör Tesisi Kil Pestili Atığı	Toplu Küçülme Miktarları (%)				Kızdırma Kaybı Miktarları (%)			
	600°C	700°C	800°C	900°C	600°C	700°C	800°C	900°C
5	8.33	8.36	9.15	9.24	14.11	14.69	14.86	15.09
10	8.37	8.40	9.21	9.29	14.26	14.77	14.89	15.25
15	8.39	8.45	9.27	9.30	14.45	14.82	14.91	15.34



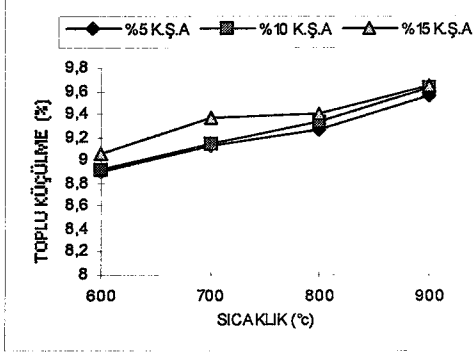
Şekil 3.1. A Grubu Numunelerin Sıcaklık-Toplu Küçülme İlişkisi.



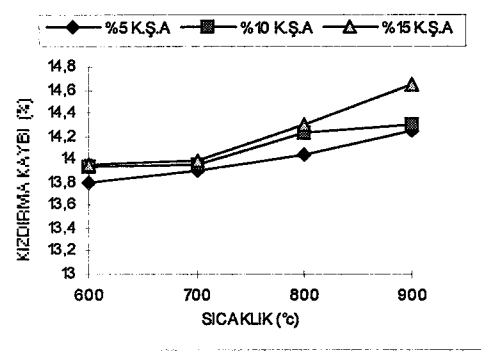
Şekil 3.2. A Grubu Numunelerin Sıcaklık-Kızdırma Kaybı İlişkisi

Tablo 3.2 B Grubu Numunelerin Toplu Küçülme ve Kızdırma Kaybı Değerleri

Kırka Konsantratör Tesisi Şlam Atığı (%)	Toplu Küçülme Miktarları (%)				Kızdırma Kaybı Miktarları (%)			
	600°C	700°C	800°C	900°C	600°C	700°C	800°C	900°C
5	8.90	9.13	9.27	9.55	13.80	13.90	14.04	14.20
10	8.92	9.15	9.34	9.62	13.93	13.95	14.23	14.25
15	9.05	9.36	9.40	9.65	13.95	13.99	14.29	14.65



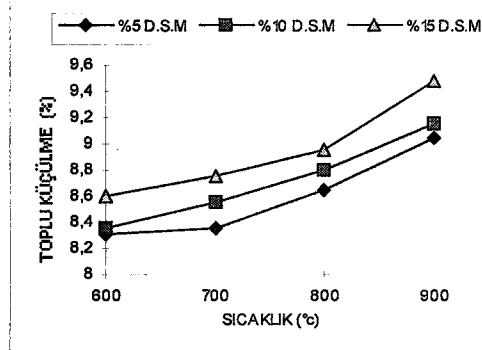
Şekil 3.3 B Grubu Numunelerin Sıcaklık-Toplu Küçülme İlişkisi



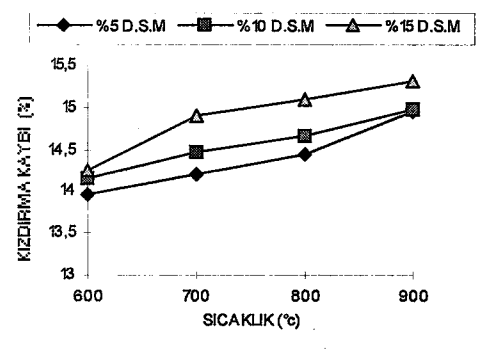
Şekil 3.4 B Grubu Numunelerin Sıcaklık-Kızdırma Kaybı İlişkisi

Tablo 3.3 C Grubu Numunelerin Toplu Küçülme ve Kızdırma Kaybı Değerleri

Kırka Bor Türevleri Tesisi D.S.M Eleğ Üstü Atığı(%)	Toplu Küçülme Miktarları (%)				Kızdırma Kaybı Miktarları (%)			
	600°C	700°C	800°C	900°C	600°C	700°C	800°C	900°C
5	8.30	8.35	8.65	9.04	13.95	14.20	14.45	14.95
10	8.35	8.55	8.80	9.16	14.15	14.46	14.65	14.96
15	8.60	8.75	8.95	9.48	14.25	14.90	15.09	15.30



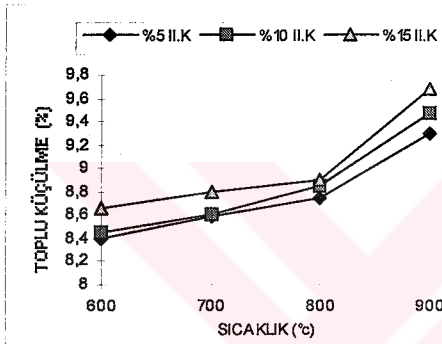
Şekil 3.5 C Grubu Numunelerin Sıcaklık-Toplu Küçülme İlişkisi



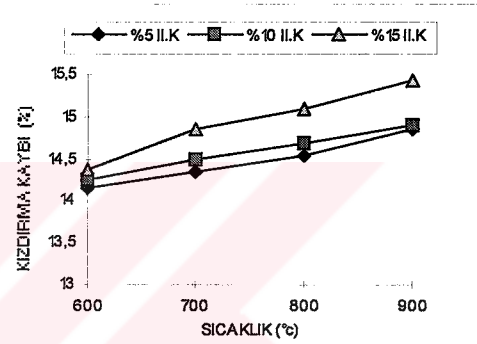
Şekil 3.6 C Grup Numunelerin Sıcaklık-Kızdırma Kaybı İlişkisi

Tablo 3.4 D Grubu Numunelerin Toplu Küçülme ve Kızdırma Kaybı Değerleri

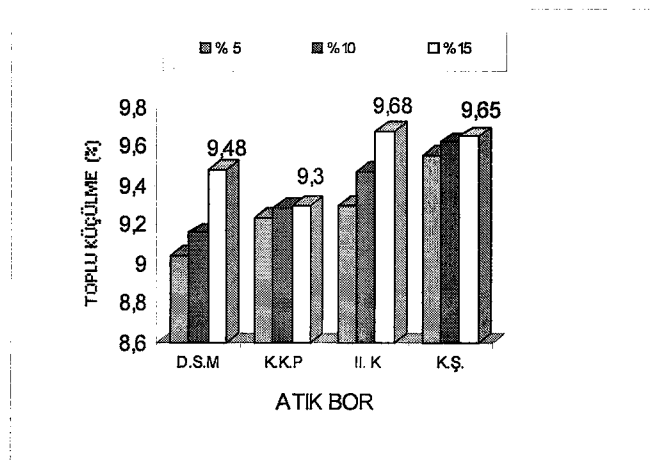
Kırka Bor Türevleri Tesisi II.Kademe Atığı (%)	Toplu Küçülme Miktarları (%)				Kızdırma Kaybı Miktarları (%)			
	600°C	700°C	800°C	900°C	600°C	700°C	800°C	900°C
5	8.39	8.59	8.75	9.30	14.15	14.35	14.54	14.85
10	8.45	8.60	8.85	9.47	14.25	14.50	14.68	14.90
15	8.65	8.80	8.90	9.68	14.36	14.86	15.10	15.42



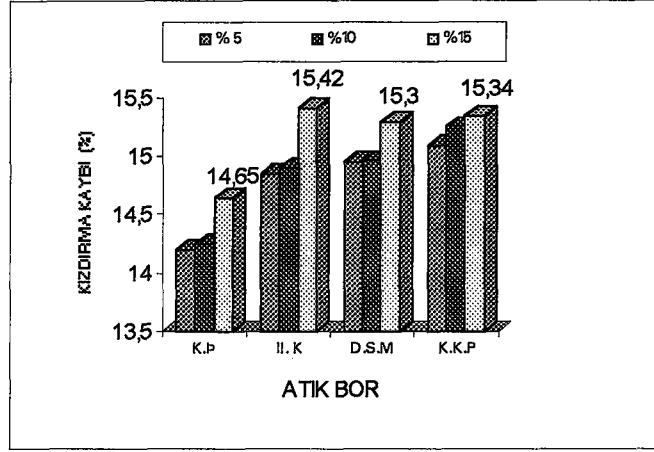
Şekil 3.7 D Grubu Numunelerin Sıcaklık-Toplu Küçülme İlişkisi



Şekil 3.8 D Grubu Numunelerin Sıcaklık-Kızdırma Kaybı İlişkisi



Şekil 3.9 900 °C İçin Değişik Katkı Oranlarındaki Numunelerin Toplu Küçülme Değerlerinin Mukayesesi.



Şekil 3.10 900 °C İçin A-B-C-D Grup Numunelerin Kızdırma Kaybı Değerleri

3.1.2. Gözenek Miktarı, Bulk Yoğunluk

Bor atıkları katkılı kırmızı çamur numunelerinin 2. Bölüm 2.4.5 ' de anlatıldığı şekilde gözenek miktarı ve bulk yoğunlukları tesbit edilmiştir. Bu deneylerde 900 °C 'de pişirilmiş numuneler kullanılmıştır.

Tablo 3.5, 3.6, 3.7, 3.8 'de verilen sonuçlar incelendiğinde bor atığı katkı oranı yükseldikçe; Bulk yoğunluğunun yükseldiği, ortalama gözenek miktarının azaldığı görülmektedir. Bu beklenen sonuçtur. Çünkü; sıcaklığın yükselmesiyle birlikte kırmızı çamuru ve atık boru oluşturan taneler daha iyi sinterlenerek büzülme gösterecek ve birkaç tane bir araya gelerek tek bir taneyi oluşturacaklardır. Dolayısıyla malzeme bünyesindeki boşluk oranı azalacak ve daha sık ve tok yapı elde edilecektir. Bu olay sayesinde gözeneklilik yüzdesi düşecektir. Ayrıca; grafiklerden ve tablolardan anlaşılabileceği üzere, kırmızı çamura ilave edilen atık bor yüzdelерinin aynı oranlarda olmasına rağmen, d.s.m. elek üstü atığı ile II. kademe atık ilaveli kırmızı çamur numunelerinin bulk yoğunluk değerlerinin diğer atık bor katkılı numunelere göre daha yüksek yoğunlukta olduğu ve gözenek miktarlarının da daha düşük olduğu görülmektedir. Bunun nedeni olarak d.s.m. elek üstü atığı ve II. kademe atığı içerisindeki bor yüzdelерinin yüksek olduğu ve bu nedenle içerisindeki bor minerallerinin 700 °C civarında sıvı faz oluşturduğu, bu sıvı fazın da gözenekleri doldurarak kapattığı, dolayısıyla bor atığı katkı oranı yükseldikçe bulk yoğunluk değerlerinin yükseldiği, buna karşılık ortalama gözenek miktarının azaldığı söylenebilir. Ayrıca, % 100 Kırmızı çamurda imal edilen çubuk numunelerin 900 °C 'daki porozite değerlerinin yüksek olmasını, kırmızı çamurun bu sıcaklıkta tam olarak sinterlenememesine bağlayabiliriz.

Tablo 3.5 A Grubu Numunelerin Gözenek Miktarları ve Bulk Yoğunluk Değerleri

Kırka Konsantratör Tesisi Kil Pestili Atığı	Bulk Yoğunluk (gr / cm ³)	Gözenek Miktarı (%)	ORT Bulk Yoğunluk (gr / cm ³)	ORT Gözenek Miktarı (%)
	900°C	900°C	900°C	900°C
5	1.96	38.16	1.98	38.14
	1.98	38.12		
	1.99	38.17		
	1.99	38.13		
	1.98	38.12		
10	2.13	33.16	2.11	33.42
	2.10	33.69		
	2.11	33.44		
	1.10	33.34		
	2.11	33.47		
15	2.74	29.10	2.75	29.18
	2.79	29.27		
	2.71	29.31		
	2.73	29.00		
	2.78	29.22		

Tablo 3.6 B Grubu Numunelerin Gözenek Miktarları ve Bulk Yoğunluk Değerleri

Kırka Konsantratör Tesisi Şlam Atığı (%)	Bulk Yoğunluk (gr/cm ³)	Gözenek Miktarı (%)	ORT Bulk Yoğunluk (gr / cm ³)	ORT Gözenek Miktarı (%)
	900°C	900°C	900°C	900°C
5	1.85	39.49	1.87	39.45
	1.88	39.47		
	1.87	39.43		
	1.86	39.40		
	1.89	39.46		
10	1.98	36.25	2.00	36.15
	2.10	36.00		
	2.00	36.10		
	2.00	36.25		
	1.92	36.15		
15	2.13	32.76	2.14	32.78
	2.15	32.48		
	2.15	32.94		
	2.14	32.83		
	2.13	32.89		

Tablo 3.7 C Grubu Numunelerin Gözenek Miktarları ve Bulk Yoğunluk Değerleri

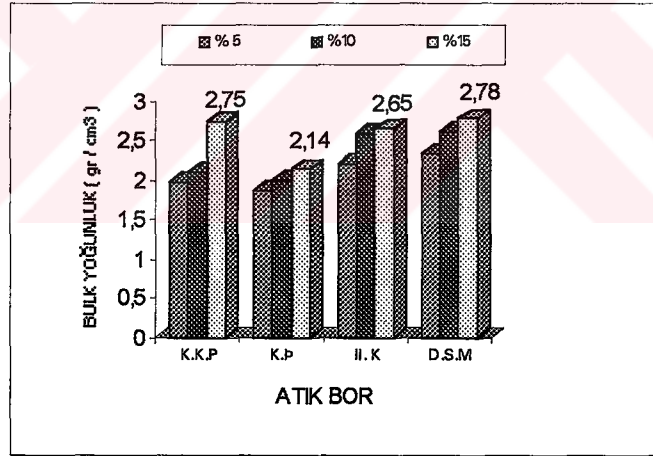
D.S.M Elek Üstü Atığı (%)	Bulk Yoğunluk ($\times 10^3 \text{ Kg/m}^3$)	Gözenek Miktarı (%)	ORT Bulk Yoğunluk ($\times 10^3 \text{ Kg/m}^3$)	ORT Gözenek Miktarı (%)
	900°C	900°C	900°C	900°C
5	2.37	18.52	2.34	18.49
	2.33	18.47		
	2.33	18.63		
	2.34	18.41		
	2.33	18.42		
10	2.59	16.84	2.61	16.83
	2.63	16.98		
	2.60	16.69		
	2.61	16.90		
	2.62	16.74		
15	2.76	15.15	2.78	15.22
	2.78	15.27		
	2.79	15.24		
	2.78	15.21		
	2.79	15.23		

Tablo 3.8 D Grup Numunelerin Gözenek Miktarları ve Bulk Yoğunluk Değerleri

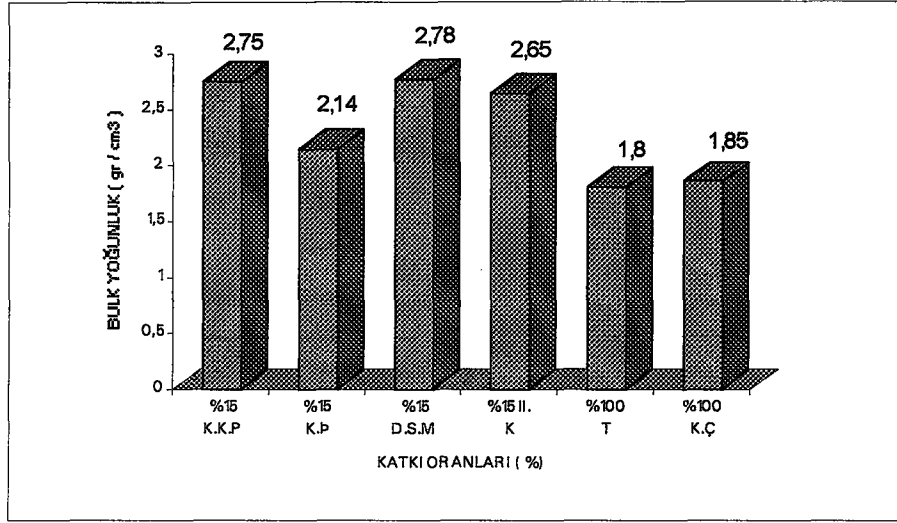
II Kademe Atığı (%)	Bulk Yoğunluk ($\times 10^3 \text{ Kg/m}^3$)	Gözenek Miktarı (%)	ORT Bulk Yoğunluk ($\times 10^3 \text{ Kg/m}^3$)	ORT Gözenek Miktarı (%)
	900°C	900°C	900°C	900°C
5	2.19	17.92	2.20	17.90
	2.19	17.96		
	2.20	17.79		
	2.22	17.88		
	2.20	17.95		
10	2.58	16.83	2.59	16.89
	2.57	16.88		
	2.61	16.96		
	2.59	16.84		
	2.60	16.94		
15	2.64	15.26	2.65	15.36
	2.67	15.43		
	2.63	15.29		
	2.65	15.40		
	2.66	15.42		

Tablo3.9 %100 Tuğla ve Kırmızı Çamur Numunelerinin Gözenek Miktarı ve Bulk Yoğunluk Değerleri

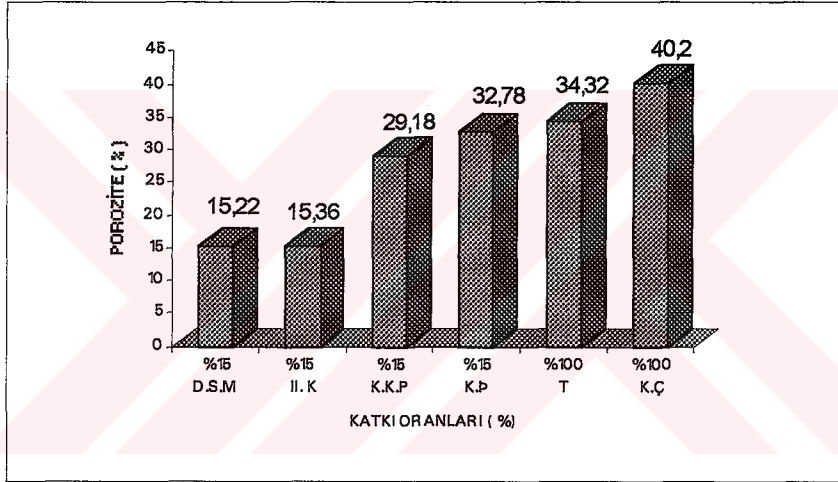
Tuğla ve K Çamur (%)Miktar	Bulk Yoğunluk ($\times 10^3 \text{ Kg/m}^3$)	Gözenek Miktarı (%)	ORT Bulk Yoğunluk ($\times 10^3 \text{ Kg/m}^3$)	ORT Gözenek Miktarı (%)
	900°C	900°C	900°C	900°C
%100Tuğla Toprağı	1.84	34.28	1.80	34.32
	1.83	34.44		
	1.79	34.47		
	1.79	34.29		
	1.75	34.12		
%100K.Ça Numunesi	1.85	39.45	1.85	40.20
	1.84	38.17		
	1.83	40.62		
	1.84	43.21		
	1.89	39.58		



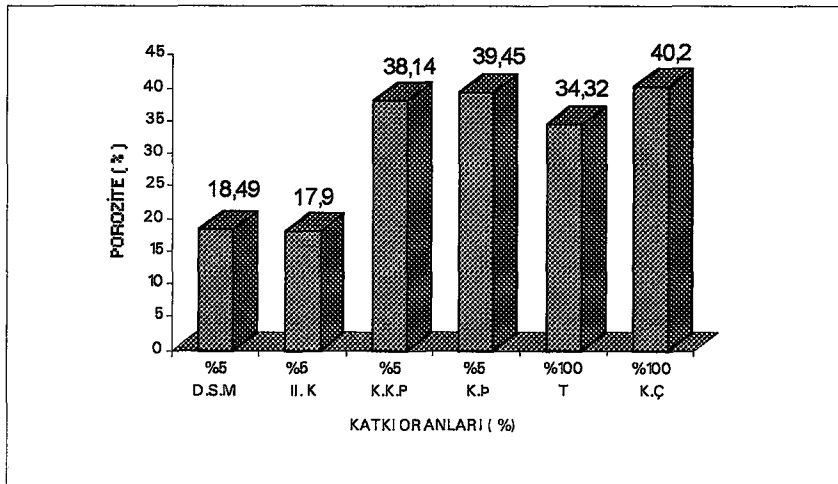
Şekil 3.11 900 °C İçin A-B-C-D Grup Numunelerin Bulk Yoğunluk Mukayesesi



Şekil 3.12 900°C İçin En Yüksek Bulk Yoğunluk Değerlerini Alan A-3 B-3 C-3 D-3 Grup Numunelerin %100 Tuğla ve Kırmızı Çamur İle Mukayesesi.



Şekil 3.13 900°C En Düşük Porozite Değerlerini Alan A 3-B 3-C 3-D 3 Grup Numunelerin % 100 Tuğla ve Kırmızı Çamurun Porozite Değerleri İle Mukayesesi



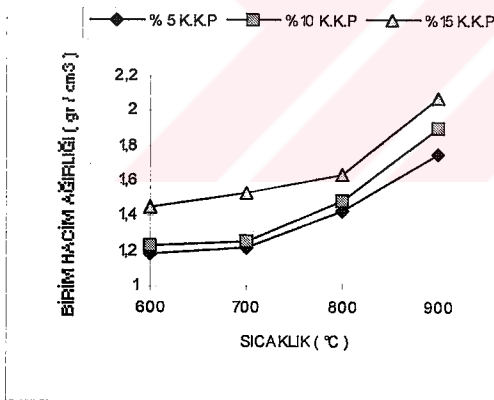
Şekil 3.14 900°C İçin En Yüksek Poroziteye sahip A-1 B-1 C-1 D-1 Grup Numunelerin %100 Tuğla ve Kırmızı Çamur Numuneleri İle Mukayesesi.

3.1.3. Birim Hacim Ağırlığının Belirlenmesi

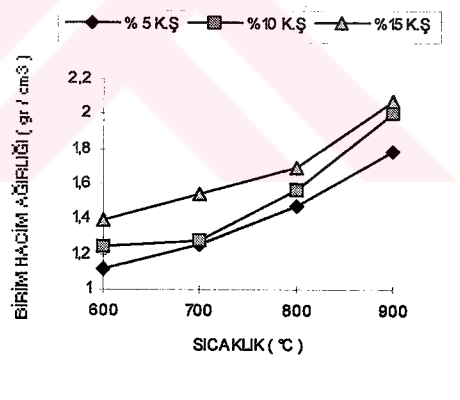
Bor atıkları katkılı kırmızı çamur ve % 100 tuğla - kırmızı çamur numunelerinin 2. bölüm 2.4.6 'da bahsedildiği şekilde birim hacim ağırlıkları hesaplanmıştır. Deneylerde her grup için birim hacim ağırlığı değerleri ayrı ayrı dört değişik sıcaklık da bulunmuş ve sonuçlar incelenmiştir. Yukarıda anlatılanlar doğrultusunda aşağıdaki tablolardan da anlaşılacağı üzere bor atık katkı oranı ve sıcaklık yükseldikçe birim hacim ağırlığı değerinin arttığı görülmektedir. Bu artışın nedeni olarak bor atık miktarının artması dolayısıyla ortamdaki sıvı fazın arttığı ve oluşan gözenekleri doldurarak daha yoğun malzeme elde edilmesi gösterilebilir. Ayrıca kırmızı çamuru oluşturan tane boyut aralığı ile d.s.m. elek üstü ve II.kademe atıklarını oluşturan tanelerin farklı boyut aralığında olmaları, bu nedenle farklı fraksiyondaki malzemelerin bir araya gelerek daha yüksek birim hacim ağırlığına sahip bir malzeme oluşturduğu söylenebilir.

Tablo 3.10 A - B Grup Numunelerin Birim Hacim Ağırlık Değerleri.

Karışım Oranı%	Kırka Konsantratör Tesisi Kil Pestili Atığı (gr/cm^3)				Kırka Konsantratör Tesisi Şlam Atığı (gr/cm^3)			
	600°C	700°C	800°C	900°C	600°C	700°C	800°C	900°C
5	1.18	1.22	1.43	1.75	1.11	1.25	1.47	1.79
10	1.23	1.25	1.49	1.90	1.24	1.28	1.56	2.00
15	1.45	1.53	1.64	2.07	1.39	1.54	1.69	2.17



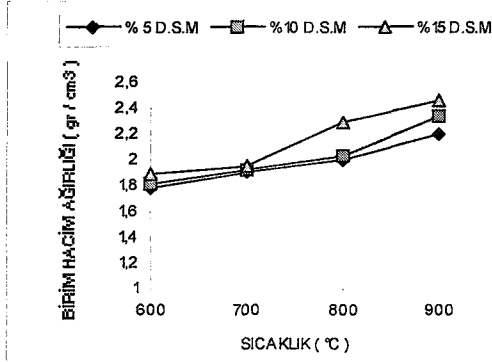
Şekil 3.15 A Grubu Numunelerin Sıcaklık-Birim Hacim Ağırlığı İlişkisi



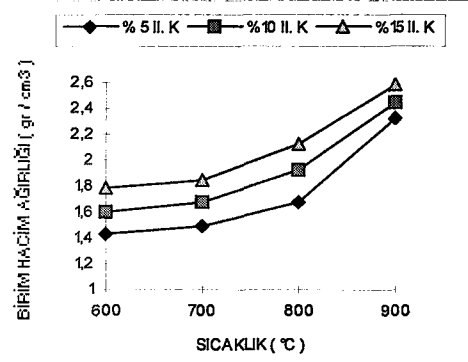
Şekil 3.16 B Grubu Numunelerin Sıcaklık-Birim Hacim Ağırlığı

Tablo 3.11 C - D Grup Numunelerin Birim Hacim Ağırlık Değerleri

Karışım Oranı%	D.S.M.Elek Üstü Atığı (gr/cm^3)				II.Kademe Atığı (gr/cm^3)			
	600°C	700°C	800°C	900°C	600°C	700°C	800°C	900°C
5	1.79	1.91	2.00	2.20	1.43	1.50	1.67	2.32
10	1.82	1.93	2.03	2.34	1.60	1.68	1.92	2.45
15	1.89	1.96	2.29	2.46	1.78	1.85	2.13	2.59



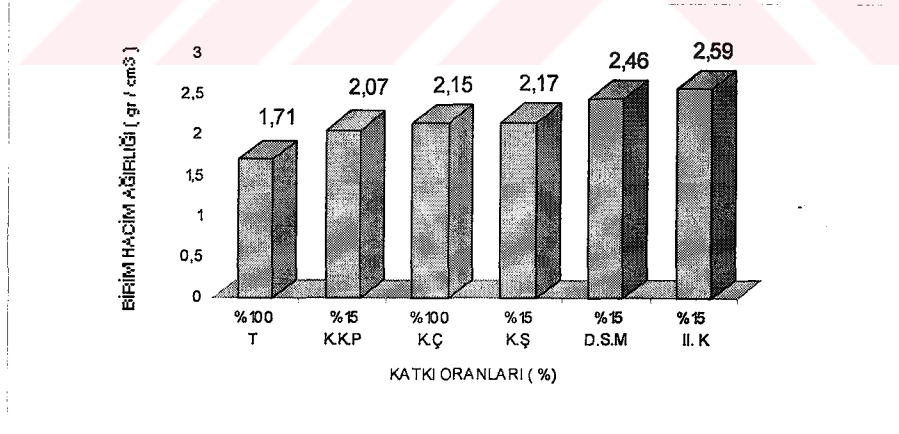
Şekil 3.17 C Grubu Numunenin Sıcaklık- Birim Hacim Ağırlığı İlişkisi



Şekil 3.18 D Grubu Numunenin Sıcaklık- Birim Hacim Ağırlığı İlişkisi

Tablo 3.12 %100 Tuğla ve Kırmızı Çamur Numunelerinin Birim Hacim Ağırlık Değerleri

Karışım Oranı%	Kırmızı Çamur (gr/cm³)				Tuğla Toprağı (gr/cm³)			
	600°C	700°C	800°C	900°C	600°C	700°C	800°C	900°C
%100	1.73	1.79	1.92	2.15	1.50	1.53	1.68	1.71



Şekil 3.19 900°C İçin En Yüksek Birim Hacim Ağırlığına Sahip A-3 B-3 C-3 D-3 Grup Nolu Numunelerin %100 Tuğla ve Kırmızı Çamur İle Mukayesesi

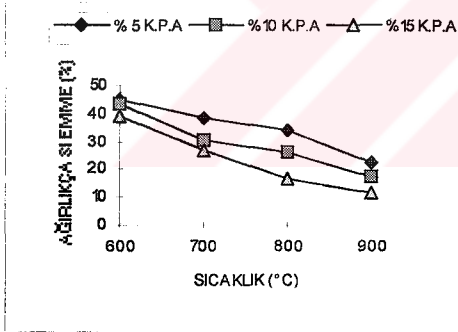
3.1.4. Ağırlıkça Su Emme

Bor Atıkları katkılı kırmızı çamur numunelerinin bölüm 2 'de 2.4.7 'de anlatıldığı gibi ağırlıkça su emme testleri yapılmış ve değerler aşağıdaki tablo 3.13, 3.14, 3.15 'de verilmiştir.

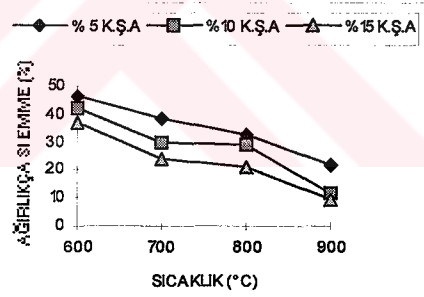
Tablolardan ve grafiklerden anlaşılabacağı gibi sıcaklık ve bor atık %' si arttıkça gözenek miktarında azalma olduğu buna paralel olarak da su emme % 'de sinin düştüğü görülmektedir. Bu olay gerek sıcaklık ve gerek bor atığı miktarının artması sonucu bir kısım gözeneklerin bor tarafından doldurulduğunu veya atık bor miktarına paralel olarak borun malzemenin sinterlenmesi esnasında eriyerek numune yüzeyini sardığı veya kapladığı, bu olaya bağlı olarakda porların kapandığı sonuçta da su emme yüzdesinin atık bor katkısı arttıkça düştüğü söylenebilir.

Tablo 3.13 A - B Grubu Numunelerinin Ağırlıkça Su Emme Miktarları

Karışım Oranı%	Kırka Konsantratör Tesisi Kil Pestili Atığı (%)				Kırka Konsantratör Tesisi Şlam Atığı (%)			
	600°C	700°C	800°C	900°C	600°C	700°C	800°C	900°C
5	45.25	38.13	33.88	22.65	46.45	38.56	32.64	21.47
10	43.22	30.31	26.13	17.40	41.90	29.43	29.25	11.81
15	39.17	27.15	16.41	11.56	37.10	23.70	21.06	9.16



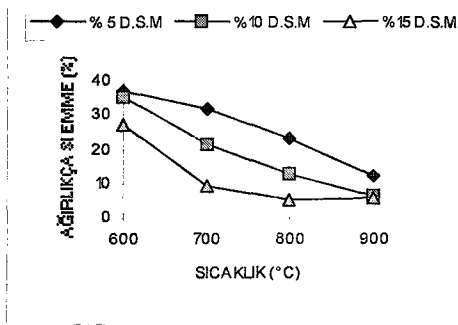
Şekil 3.20 A Grubu Numunelerin Sıcaklık-Ağırlıkça Su Emme İlişkisi



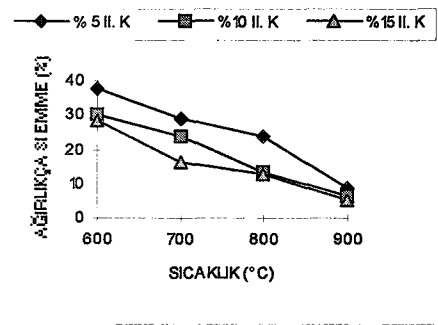
Şekil 3.21 B Grubu Numunelerin Sıcaklık-Ağırlıkça Su Emme İlişkisi

Tablo 3.14 C - D Grup Nolu Numunelerinin Ağırlıkça Su Emme Miktarları

Karışım Oranı%	D.S.M.Elek Üstü (%)				II Kademe (%)			
	600°C	700°C	800°C	900°C	600°C	700°C	800°C	900°C
5	37.30	31.80	23.01	12.37	36.70	29.17	23.59	8.61
10	35.50	21.65	12.66	6.51	30.00	23.82	13.51	6.13
15	27.16	9.16	5.45	5.81	28.40	16.40	12.92	5.15



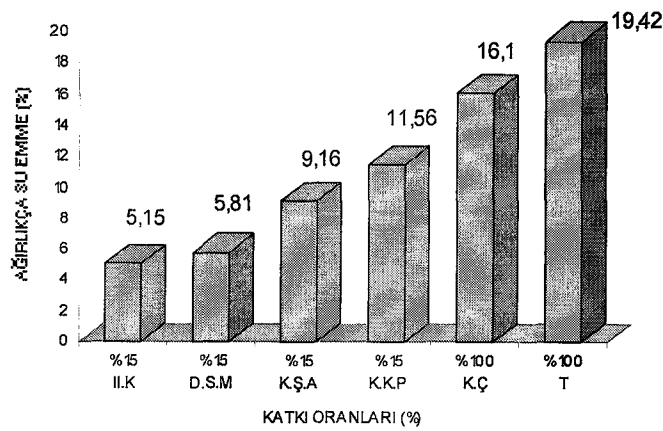
Şekil 3.22 C Grubu Numunelerin Sıcaklık-Ağırlıkça Su Emme İlişkisi



Şekil 3.23 D Grubu Numunelerin Sıcaklık-Ağırlıkça Su Emme İlişkisi

Tablo 3.15 %100 Tuğla-Kırmızı Çamur Numunelerinin Ağırlıkça Su Emme Değerleri

Karışım Oranı %	Kırmızı Çamur (%)				Tuğla Toprağı (%)			
	600°C	700°C	800°C	900°C	600°C	700°C	800°C	900°C
%100	38.10	29.55	21.33	16.10	47.50	39.83	27.10	19.42



Şekil 3.24 900°C İçin A-3 B-3 C-3 D-3 Grubu Numunelerin Ağırlıkça Su Emme Yüzdelерinin %100 Tuğla-K.Ç Değerleriyle Mukayesesi.

3.1.5. Üç Nokta Eğilme Mukavemeti

5 cm x 0.78 cm x 1.2 cm ebatlarında değişik bor atığı katkı oranlarında karıştırılarak preste şekillendirilmiş numuneler 2.4.8 'de anlatıldığı gibi üç nokta eğme mukavemeti testine tabi tutulmuştur.

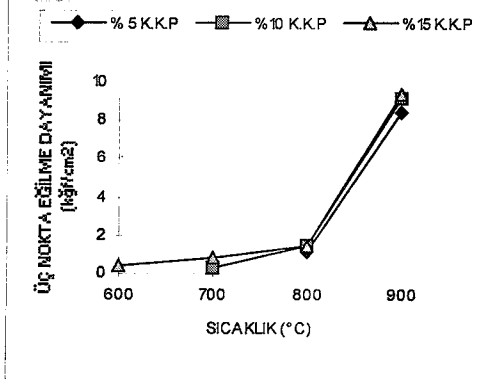
Değişik bor atığı katkı oranlarında hazırlanan örnekler sıcaklığında etkisini görmek amacıyla 600, 700, 800, 900 °C lerde pişirilmiştir. Pişirilen numunelerin bir kısmı pres basıncı almadan dağıldığından bunlara ait değerler tesbit edilememiş, dolayısıyla tablolarda bu numunelere ait kısımlar boş bırakılmıştır.

Tablo 3.16, 3.17, 3.18, 3.19, 3.20 'de verilen değerler incelendiğinde ; Bor atığı katkı % 'si arttıkça üç nokta eğme mukavemeti değerlerinin arttığı görülmektedir. Ayrıca, sıcaklık arttıkçada üç nokta eğme mukavemeti yükselmiştir. Bunun nedeni olarak bor atık % 'sine ve sıcaklığa bağlı sıvı faz % sinin arttığı ve gözenekleri daha fazla doldurmasından kaynaklanabilir. Birde, önemli bir özellik olarak kırmızı çamura ilave edilen atık bor, flaks özelliğinden dolayı kırmızı çamurun sinterlenme sıcaklığını düşürmüş ve düşük sıcaklıklarda (900 °C 'de) daha yüksek eğilme mukavemeti kazanmasını sağlamıştır.

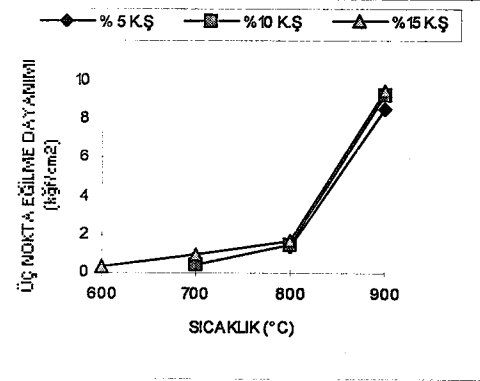
Yukarıda sıralanan değerlendirmelere ilave olarak 900 °C 'de en iyi üç nokta eğilme mukavemetini veren % 15 d.s.m. elek üstü atık katkılı çubuk numunenin bu yüksek mukavemet değerini kazanmasının nedeni olarak farklı fraksiyonda tane içermesi ve içeriğinde yüksek bor bulundurması gösterilebilir.

Tablo 3.16 A Grubu Numunelerin Üç Nokta Eğme Mukavemeti Değerleri

Kırka Konsantratör Tesisli Kül Pestili Atığı (%)	Üç Nokta Eğilme Mukavemeti (Kg/cm ²)				ORT Üç Nokta Eğilme Mukavemeti (Kg/cm ²)			
	600°C	700°C	800°C	900°C	600°C	700°C	800°C	900°C
5	---	---	1.150	8.610	---	---	1.155	8.400
	---	---	1.215	8.415				
	---	---	1.250	8.320				
	---	---	1.050	8.540				
	---	---	1.110	8.115				
10	---	---	1.350	9.150	---	0.290	1.450	9.175
	---	0.750	1.200	9.200				
	---	---	1.450	9.400				
	---	0.700	1.650	9.100				
	---	---	1.600	9.025				
15	0.700	0.900	1.450	9.400	0.410	0.850	1.445	9.425
	0.650	0.800	1.225	9.550				
	---	0.750	1.650	9.450				
	---	0.950	1.460	9.225				
	0.700	0.850	1.440	9.500				



Şekil 3.25 A Grubu Numunelerinin Sıcaklık- Üç Nokta Eğilme Dayanımı



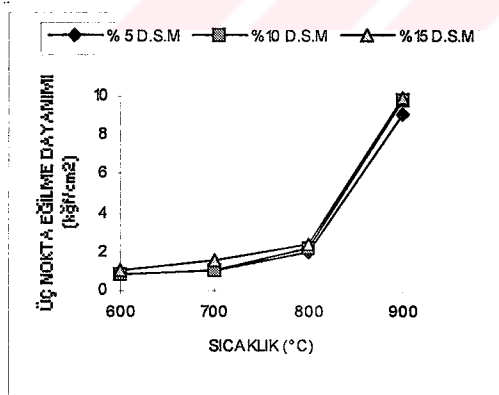
Şekil 3.26 B Grubu Numunelerinin Sıcaklık- Üç Nokta Eğilme Dayanımı

Tablo 3.17 B Grup Numunelerinin Üç Nokta Eğilme Mukavemeti Değerleri

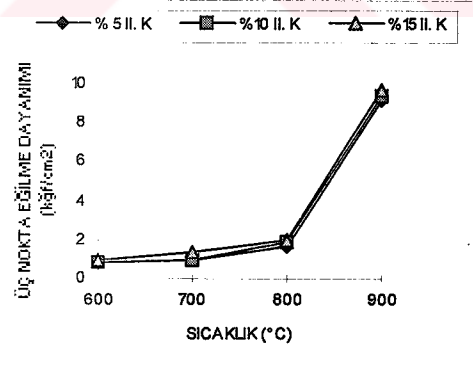
Kırka Konsantrator Tesisi Şlam Atığı (%)	Üç Nokta Eğilme Mukavemeti (Kgf/cm ²)				ORT Üç Nokta Eğilme Mukavemeti (Kgf/cm ²)			
	600°C	700°C	800°C	900°C	600°C	700°C	800°C	900°C
5	---	---	1.250	8.100	---	---	1.400	8.590
	---	---	1.175	8.605				
	---	---	1.450	8.420				
	---	---	1.600	8.550				
	---	---	1.525	9.275				
10	---	0.750	1.325	9.250	---	0.450	1.500	9.230
	---	0.800	1.250	9.100				
	---	---	1.750	9.340				
	---	0.700	1.850	9.100				
	---	---	1.325	9.360				
15	---	0.850	1.450	9.250	0.300	0.910	1.650	9.475
	0.800	0.950	1.500	9.320				
	---	1.050	1.725	9.470				
	0.700	0.840	1.825	9.700				
	---	0.860	1.750	9.635				

Tablo 3.18 C Grup Nolu Numunelerin Üç Nokta Eğme Mukavemeti Değerleri

D.S.M Eleğ Üstü Miktarları (%)	Üç Nokta Eğilme Mukavemeti (Kgf/cm ²)				ORT Üç Nokta Eğilme Mukavemeti (Kgf/cm ²)			
	600°C	700°C	800°C	900°C	600°C	700°C	800°C	900°C
5	0.850	0.800	1.950	9.150	0.800	1.000	2.000	9.050
	0.750	0.850	1.850	9.050				
	0.800	1.300	2.250	8.800				
	0.850	0.900	2.100	9.150				
	0.750	1.150	1.850	9.100				
10	0.900	1.150	2.450	9.675	0.850	1.050	2.150	9.825
	0.850	0.950	2.100	10.050				
	0.800	0.900	1.950	9.600				
	0.850	1.100	1.850	10.100				
	0.850	1.150	2.400	9.700				
15	0.900	1.350	2.100	10.200	1.050	1.525	2.350	9.900
	0.950	1.245	2.450	9.820				
	1.100	1.750	2.600	9.710				
	1.150	1.625	1.950	10.100				
	1.150	1.655	2.650	9.670				



Şekil 3.27 C Grubu Numunelerinin Sıcaklık- Üç Nokta Eğilme Dayanımı



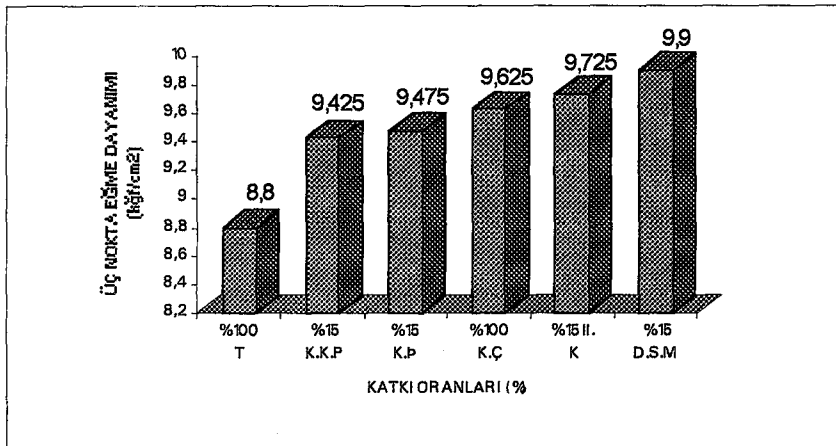
Şekil 3.28 D Grubu Numunelerinin Sıcaklık- Üç Nokta Eğilme Dayanımı

Tablo 3.19 D Grubu Numunelerin Üç Nokta Eğme Mukavemeti Değerleri

Kırka Boraks Tesisi II. Kademe Miktarları (%)	Üç Nokta Eğilme Mukavemeti (Kgf/cm ²)				ORT Üç Nokta Eğilme Mukavemeti (Kgf/cm ²)			
	600°C	700°C	800°C	900°C	600°C	700°C	800°C	900°C
5	0.750	0.950	1.650	8.950	0.800	0.900	1.700	9.160
	0.900	0.950	1.500	8.800				
	0.850	1.000	1.850	9.250				
	0.800	0.850	1.900	9.150				
	0.700	0.750	1.600	9.650				
10	0.850	1.050	2.150	9.875	0.850	0.950	1.925	9.400
	0.950	0.850	1.700	9.250				
	0.900	0.900	1.850	9.000				
	0.800	1.100	1.900	9.350				
	0.750	0.850	2.025	9.525				
15	0.750	1.350	2.050	9.650	0.900	1.400	1.975	9.725
	0.950	1.600	2.100	9.800				
	0.850	1.225	1.650	9.500				
	1.050	1.450	1.825	9.425				
	0.900	1.375	2.250	10.250				

Tablo 3.20 %100 Tuğla-K.Ç Numunelerin Üç Nokta Eğme Mukavemeti Değerleri

Karışım Oranı%	Tuğla Toprağı (Kgf/cm ²)				Kırmızı Çamur (Kgf/cm ²)			
	600°C	700°C	800°C	900°C	600°C	700°C	800°C	900°C
%100	—	0.750	1.150	8.800	0.100	1.450	2.525	9.625



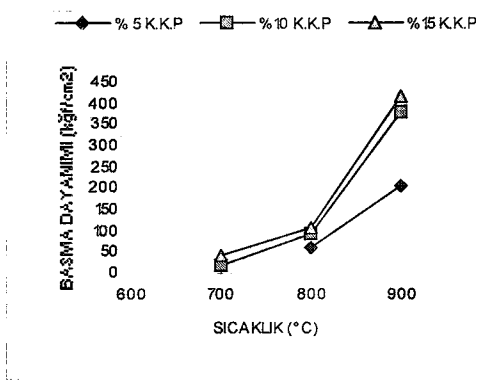
Şekil 3.29 900 °C İçin En İyi Üç Nokta Eğme Dayanımını Veren A3, B3, C3, D3 Değerlerinin %100 K.Ç. ve %100 Tuğla Değerleriyle Mukayesesi

3.1.6. Basma Dayanımı

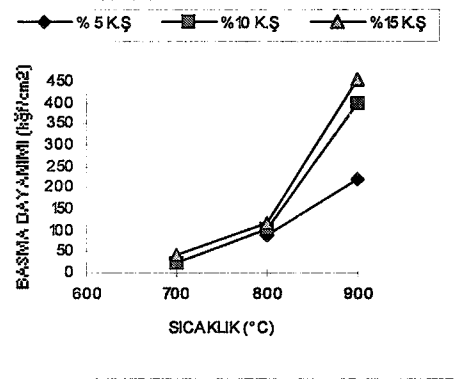
5 cm x 0.7 cm x 1.2 cm boyutlarında değişik bor atığı katkı oranları karıştırılarak şekillendirilen çubuk numuneler bölüm 2.4.9 'da anlatıldığı üzere test edilmiş ve sonuçlar aşağıdaki tablolara aktarılmıştır. Tablolarda verilen değerler 600, 700, 800, 900 °C gibi dört ayrı sıcaklıkta pişirilmiş çubuk numunelere aittir. Pişirilen numuneler ilk olarak üç nokta eğme dayanımı testine tabi tutulmuş daha sonra elde edilen iki yarım numuneler seçilerek basma dayanımı deneyine alınmıştır. Basma dayanımı öncesi üç nokta eğilme mukavemetinde değer vermeyen numuneler basma dayanımı testinde alınamamıştır. Aşağıdaki tablo 3.21, 3.22, 3.23, 3.24 ve 3.25 de verilen değerlerdende anlaşılacağı üzere bor atık katkı oranı ile sıcaklık değerleri arttıkça basma dayanımı değerlerinde artış görülmektedir. Bunun nedeni olarak borun flaks özelliğinden dolayı kırmızı çamurun sinterlenme sıcaklığı aşağı çekilmiş ve oluşan sıvı faz dolayısıyla açık porlar dolarak daha mukavim bir yapı kazanmıştır. İlave olarak pişirme işlemleri tamamlanan çubuk numuneler son sıcaklık değerlerinde iki saat bekletilmiş ve oda sıcaklığına kadar fırın içerisinde soğutulmuştur. Bu olay bize yavaş soğumadan dolayı oluşan sıvı faz soğurken daha küçük kristallenerek sağlam bir yapı vermektedir diyebiliriz. Basma dayanımı sonucunda elde edilen değerler üç nokta basma dayanımı değerleriyle doğal olarak paralellik göstermektedir. Alınan sonuçlar grafikler yardımıyla aşağıda sunulmuştur.

Tablo 3.21 A Grubu Numunelerinin Basma Dayanımı Mukavemeti Değerleri

Kırka Konsantrator Tesisi Kıl Pestili Atığı (%)	σ Basma Mukavemeti (Kg/cm ²)				σ_{ORT} Basma Mukavemeti (Kg/cm ²)			
	600°C	700°C	800°C	900°C	600°C	700°C	800°C	900°C
5	---	---	55	203	---	---	60	205
			68	196				
			62	214				
			53	225				
			62	187				
10	---	---	81	324	---	21	95	382
		50	106	389				
		---	94	501				
		---	92	315				
		55	102	381				
15	---	38	98	385	---	44	110	415
		45	117	492				
		49	103	500				
		50	90	373				
		38	142	325				



Şekil 3.30 A Grubu Numunenin Sıcaklık-Basma Dayanımı İlişkisi



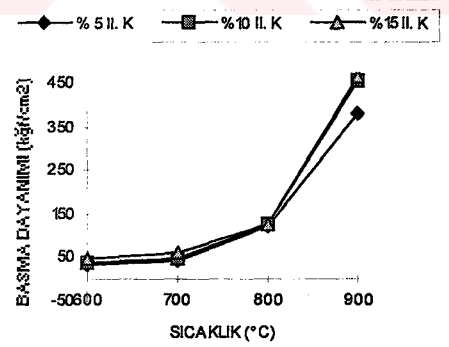
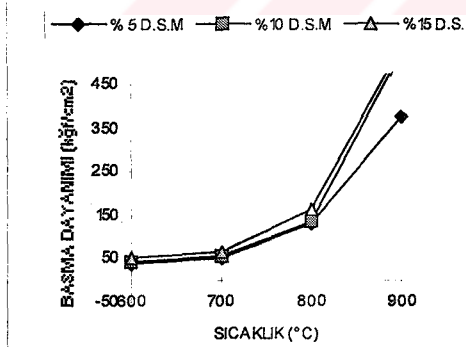
Şekil 3.31 B Grubu Numunelerin Sıcaklık-Basma Dayanımı İlişkisi

Tablo 3.22 B Grubu Numunelerinin Basma Dayanımı Mukavemeti Değerleri

Kırka Konsantrator Tesisi Slam Atığı (%)	σ Basma Mukavemeti (Kg/cm ²)				σ_{ORT} Basma Mukavemeti (Kg/cm ²)			
	600°C	700°C	800°C	900°C	600°C	700°C	800°C	900°C
5	---	---	73	195	---	---	89	218
	---	---	101	217				
	---	---	87	201				
	---	---	95	199				
	---	---	89	278				
10	---	---	95	360	---	23	105	397
	---	35	109	347				
	---	30	117	390				
	---	---	116	448				
	---	50	88	440				
15	---	39	157	468	---	41	118	453
	---	47	109	459				
	---	46	122	439				
	---	35	104	406				
	---	38	98	498				

Tablo 3.23 C Grubu Numunelerinin Basma Dayanımı Mukavemeti Değerleri

D.S.M.Elek Üstü Miktarları (%)	σ Basma Mukavemeti (Kg/cm ²)				σ_{ORT} Basma Mukavemeti (Kg/cm ²)			
	600°C	700°C	800°C	900°C	600°C	700°C	800°C	900°C
5	36	59	105	365	40	52	129	375
	39	49	145	382				
	47	57	154	396				
	41	50	109	347				
	37	45	132	385				
10	40	64	125	497	42	56	137	522
	37	49	146	503				
	40	45	140	559				
	39	54	104	485				
	54	68	170	566				
15	56	59	140	618	50	67	162	539
	49	64	158	545				
	47	69	174	492				
	54	54	192	476				
	44	89	146	564				

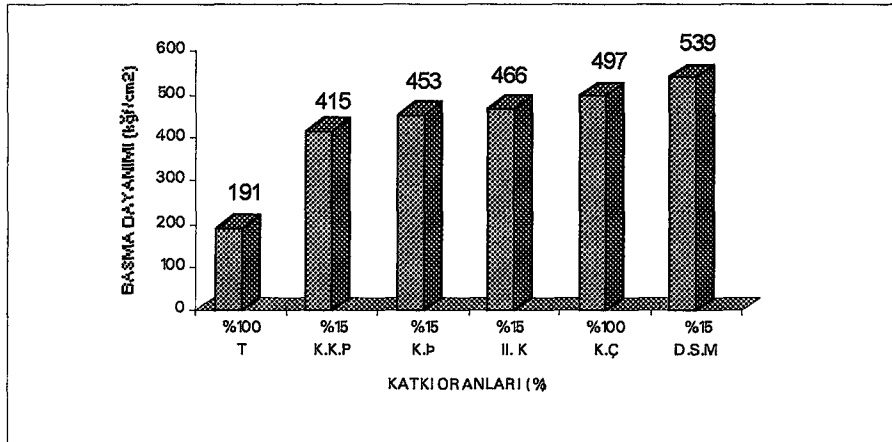


Tablo 3.24 D Grubu Numunelerinin Basma Dayanımı Mukavemeti Değerleri

II Kademe Miktarları (%)	σ Basma Mukavemeti (Kg/cm ²)				σ_{ORT} Basma Mukavemeti (Kg/cm ²)			
	600°C	700°C	800°C	900°C	600°C	700°C	800°C	900°C
5	36	51	104	375	34	43	123	380
	44	35	108	399				
	28	49	160	405				
	32	43	137	360				
	30	37	106	361				
10	39	33	180	405	37	45	125	455
	40	40	100	385				
	28	66	110	494				
	38	39	103	509				
	40	47	132	482				
15	45	64	109	513	46	61	128	466
	49	55	126	384				
	47	57	149	404				
	43	69	142	566				
	46	60	114	463				

Tablo 3.25 %100 Tuğla-K.Ç Numunelerinin Basma Dayanımı Mukavemeti Değerleri

Karışım Oranı%	Kırmızı Çamur (%)				Tuğla Toprağı (%)			
	600°C	700°C	800°C	900°C	600°C	700°C	800°C	900°C
%100	---	85	162	497	---	82	105	191



Şekil 3.34. 900 °C İçin En İyi Basma Dayanımı Değerini Veren A3, B3, C3 ve D3 Grup Numaralı Numunelerin % 100 Tuğla ve % 100 K.Ç değerleriyle Mukayesesi

3.1.7. Donma Mukavemeti

Yapılan donma testi sonucunda, numunelerde çatlama, kopma, pullanma veya kavlama gibi hasarlara rastlanılmamıştır. Sadece presleme sonucu oluşan küçük çaplı deformasyonların bir sonucu olarak, çok az sayıdaki numunelerde, deney sonrası birtakım hasarlar gözlenmiştir.

3.1.8. Pamuklaşma Deneyi

Numunelerde pamuklaşma testi sonrası yapılan incelemeler sonucunda, pamuklaşmanın genel olarak % 10' u aşmadığı ve bor atık miktarına paralel olarak pamuklaşmada azda olsa bir artış gözlemlendiği tesbit edilmiştir. Ayrıca pamuklaşma testi sonucunun gözle değerlendirildiği bu nedenle, numuneler arasında net bir ayırımın (pamuklaşma açısından) yapılamadığı belirtilebilir.



BÖLÜM 4.

4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

4.1. Sonuçlar

1. Çalışma esnasında çubuk numuneler preslenirken numunenin kalıp içerisinde sıkışmaması için kalıbın her beş numune presledikten sonra yağlanması gerekmektedir.

2. Preslenen çubuk numuneler pişirilmeden önce kurutulmalı ve sinterleme esnasında termal şoka maruz bırakılmamalıdır. İmal edilen çubuk numuneler termel şoka maruz bırakılmamalarına rağmen elde edilen çubuk numunelerin seramik bir malzeme olduğu ve seramik malzemelerin termal şoka maruz kalmaları sonucunda bünyelerinde hasarların oluşabileceği unutulmamalıdır.

3. Kurutma, pişirme ve kızdırma kaybı testleri sonucunda elde edilen değerler % 100 kırmızı çamur ve tuğla toprağından yapılan çubuk numuneler ile kıyaslandığında kabul edilebilir sınırlar içerisinde kaldığı düşünülebilir.

4. Gözenek miktarları ve bulk yoğunluk testleri sonucunda en iyi değerleri veren numuneler, d.s.m. elek üstü atık bor katkısı % 15 olan numunelerdir. Ayrıca diğer numuneler incelendiğinde bor atık miktarı arttıkça gözenek miktarı azalmakta ve daha yoğun malzeme elde edilmektedir.

5. Birim hacim ağırlığının belirlenmesi deneylerinde bor atık ilavesi ve sıcaklık arttıkça birim hacim ağırlığı artmaktadır. Bu bor atıklarının sıvı faz oluşturarak gözenekleri doldurmasından ve sıcaklığa paralel olarak yapının daha iyi sinterlenmesinden kaynaklandığı sanılmaktadır.

6. Ağırlıkça su emme deneylerinde de yine bor atık miktarının artması su emme yüzdesini düşürmektedir. Bu olay da Kırka atıkları içerisinde bulunan bor'un

sıcaklıkla eriyerek bünyenin çevresini kapladığı ve bu şekilde gözenekleri tıkayarak su emme miktarını azalttığı düşünülebilir.

7. Basma dayanımı ve üç nokta eğme mukavemeti deneyleri sonucunda en iyi mukavemet değerlerini % 15 d.s.m. elek üstü atık ilaveli kırmızı çamur numunelerinin verdiği görülmüştür. Ayrıca kırmızı çamurun sinterlenme sıcaklığı 1100 °C civarında olmasına rağmen atık bor ilavesi sonucunda kırmızı çamurun sinterlenme sıcaklığı 900 °C 'ye çekilmiş ve mukavim bir yapı kazandırılmıştır. Bunun nedeni olarak borun flaks özelliğinin bulunması gösterilebilir.

8. Sonuç olarak bu çalışma sonucunda Seydişehir atık kırmızı çamuruna Kırka bor türevleri tesisi atıklarından d.s.m. elek üstü atığı ilave edilerek kaliteli yapı malzemesi elde edilmiş ve yapılan deneyler ve testler sonucunda da tek başına kırmızı çamur ve tuğla toprağı kullanılarak imal edilen diğer çubuk numunelere göre daha üstün özellikler kazandırıldığı görülmüştür.

4.2. Öneriler

1. Bu çalışma ile yeni bir ürün elde edilmiş ve yapılan deneyler sonucunda inşaat sektöründe iç ve dış dekorasyonlarda kullanılabileceği düşünülebilmektedir. Ayrıca dekoratif bir renginin olması nedeniyle bazı bölgelerde dış sıvaya ihtiyaç bulunmadan kullanılabileceği sonucuna varılmıştır.

2. Bu çalışmada kullanılan malzemelerin her ikisinde atık malzeme olduğundan hem maliyet açısından uygundur, hemde çevrenin daha fazla kirletilmesi atıkların kullanılır hale getirilmesi sayesinde mümkün olmaktadır. Ancak iki atığın birbirlerine uzak noktalarda bulunması tesis imkanını zorlaştırıyor gibi görünsede bor atıklarının kırmızı çamura göre daha az yüzdelerde kullanılmasından dolayı bu sorunun ortadan kalkabileceği düşünülmektedir.

3. Son olarak bu çalışmanın bu noktadan daha ileri götürülerek aşındırıcı malzeme üretiminde kullanılabileceği, elde edilen (900°C' da pişirilmiş % 85 kırmızı çamur + % 15 d.s.m. elek üstü atık karışımı) çubuk numunelerden birkaçının yüzeylerinin parlatılması esnasında zımparayı fazla miktarda aşındırmalarından dolayı düşünülmüştür.

ÖZGEÇMİŞ

1965 yılında Mardin’de doğdum. İlk öğrenimini 1971-76 yılları arasında Konya’da, orta öğrenimini 1976-79 yılları arasında Mersin’in Anamur ilçesinde ve lise tahsilimi 1979-1982 yılları arasında yine Konya’da tamamladım. Yüksek öğrenimime 1983 yılında Anadolu Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Maden Mühendisliği Bölümünde başladım ve Maden Mühendisi olarak mezun oldum. Bir süre Mermercilik Sektöründe çalıştım, daha sonra Etibank Şark Kromları İşletmesinde ocak mühendisi olarak göreve başladım ve 1993 yılına kadar bu işletmede çalıştım.

1994 yılında Afyon Kocatepe Üniversitesine Uzman olarak atandım ve daha sonra aynı Üniversitede Meslek Yüksek Okulunun Seramik Programında Öğretim görevlisi olarak çalışmaya başladım. Askerlik görevimi kısa dönem olarak tamamladım ve Yüksek okuldaki görevime geri döndüm. Halen aynı Üniversitede Seramik Programında Öğretim Görevlisi olarak çalışmaktayım.

KAYNAKLAR

- [1] **SÖNMEZ, E.** Kırka Tinkal Cevheri ve Konsantresinin Zenginleştirme Olanaklarının Araştırılması. Doktora Tezi (1991) D.E.Ü. İZMİR s1-28
- [2] **BOR TUZU YATAKLARININ OLUŞUMU**, Etibank Yayınları ANKARA s 26-30
- [3] **ETİBANK YAYINLARI**, Kırka Raporu. KIRKA s 41-43
- [4] **WILL, R.--MORI, S.--WILLHALM, R.** Pazar Araştırma Raporu 1995 (Çeviri: İPEK, H.)
- [5] **I. ALÜMİNYUM SEMPOZYUMU**, T.M.M.O.B. Metalurji Mühendisleri Odası. Kasım 1994 SEYDİŞEHİR s 10-11, 36-42, 45-46
- [6] **ETİBANK YAYINLARI**, Seydişehir Alüminyum İşletmesi Tanıtım Kataloğu 1992 SEYDİŞEHİR. s 3-6
- [7] **DÜNYA VE TÜRKİYE'DE ALÜMİNYUM**, Türkiye Alüminyum Sanayicileri Derneği (TALSAD) 1971 ANKARA s 6-7, 11-13
- [8] **EMRULLAHOĞLU, Ö. F. ve KARA, M.** Seydişehir Kırmızı Çamurunun Yapı Malzemesi Olarak Değerlendirilmesi. II. Uluslar Arası Seramik Kongresi Ekim 1994. İSTANBUL s 182-188

- [9] **TÜBİTAK MAM**, Atık Maddelerin (Termik Santral Uçucu Küllerinin) Seramik Hammaddesi Olarak Değerlendirilmesi KOCAELİ s 10-14
- [10] **T.S. 705**, Tuğla Standartları.



EKLER

Ek 1. Kırmızı Çamurun X.R.D. Analiz Grafiği.

Ek 2. Konsantratör Tesisi Kil Pestili Atığı X.R.D. Analiz Grafiği

Ek 3. Konsantratör Tesisi Kil Pestili Atığı D.T.A Grafiği

Ek 4. Konsantratör Tesisi Şlam Atığı X.R.D. Analiz Grafiği

Ek 5. Konsantratör Tesisi Şlam Atığı D.T.A Grafiği

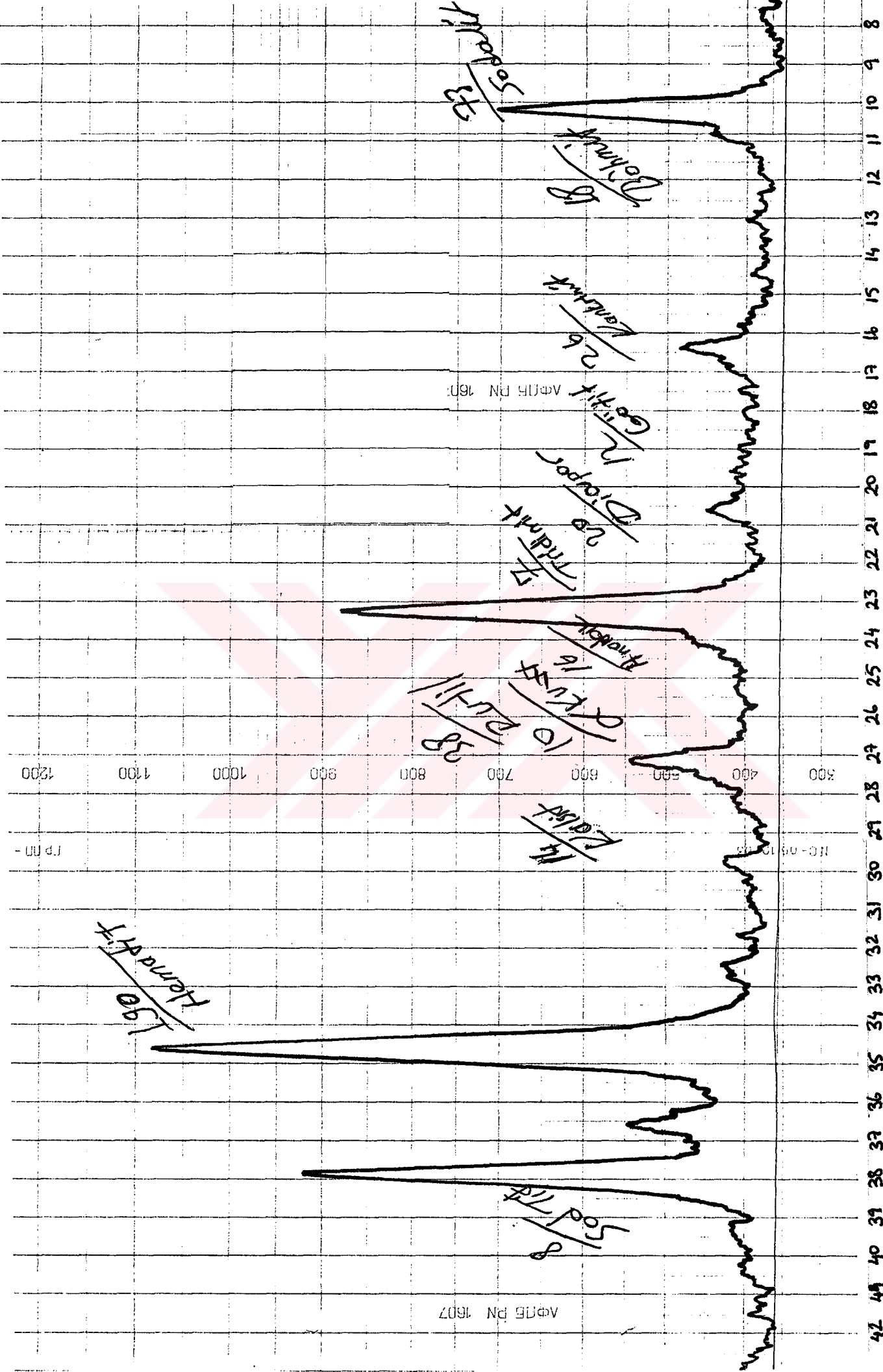
Ek 6. Bor Türevleri Tesisi D.S.M. Elek Üstü Atığının X.R.D. Analiz Grafiği

Ek 7. Bor Türevleri Tesisi D.S.M. Elek Üstü Atığının D.T.A Grafiği

Ek 8. Bor Türevleri Tesisi II. Kademe Atığının X.R.D. Analiz Grafiği

Ek 9. Bor Türevleri Tesisi II. Kademe Atığının D.T.A Grafiği

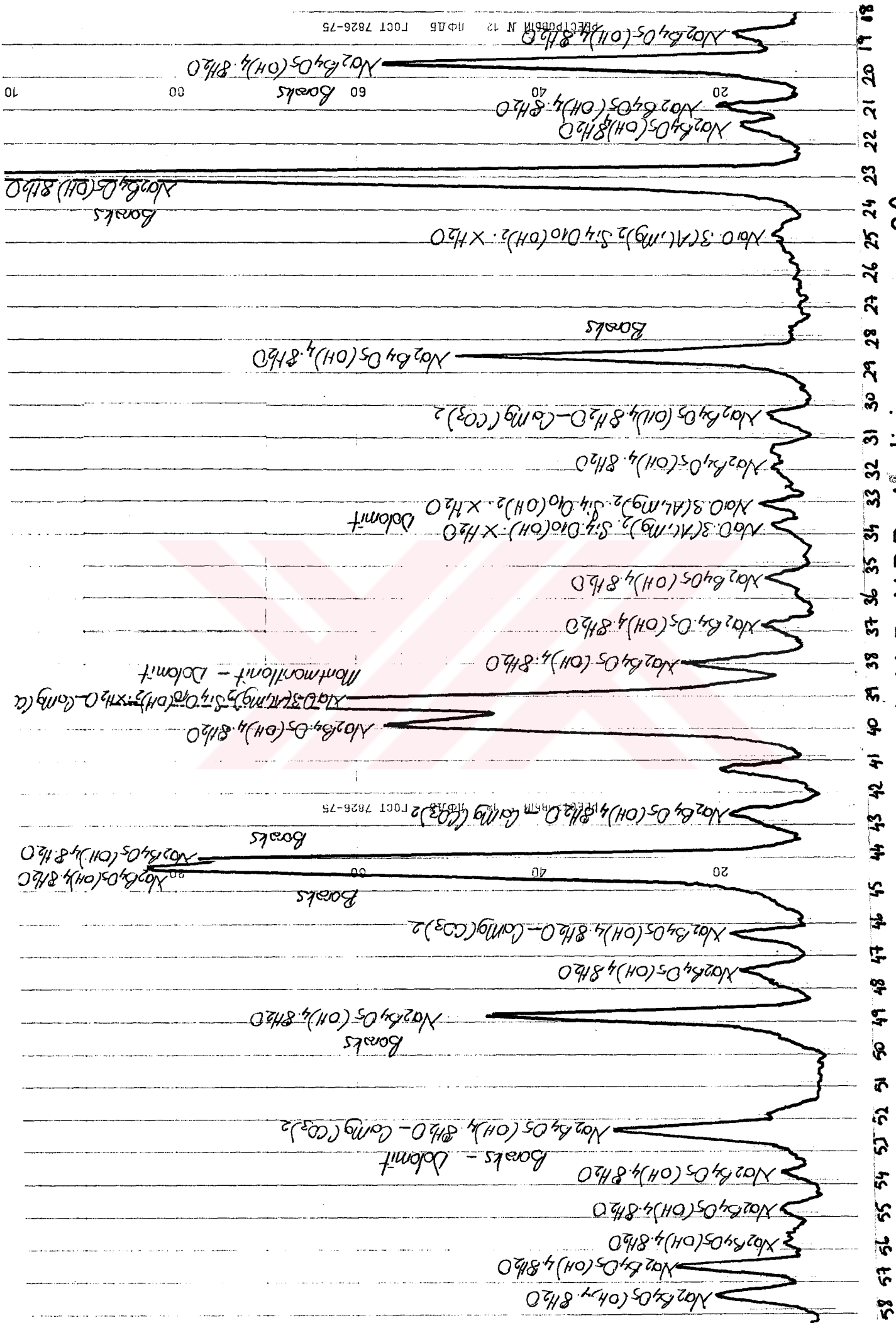
Ek 10. İmal Edilen Yapı Tuğlalarına Ait Fotoğraflar



Ek. Şek. 1. Kırmızı Çamur X.R.D. Analizi → 2θ

Ek.Sek. 2.Kil Pestili Atığı X.R.D. Analizi

→ 2θ



AĞIRLIK KAYIPI EĞRİSİ (KARA)
Tc1 (125 mg)

AĞIRLIK KAYIPI EĞRİSİ (HABİTUS)

Tc2 (12.5 mg)

Ağırlık kaybı başlangıcı (80°C)

TÜREV EĞRİSİ

DDTA (0.2 mV)

DTA (0.2 mV)

REAKSİYON EĞRİSİ

REAKSİYON EĞRİSİ

REAKSİYON EĞRİSİ

REAKSİYON EĞRİSİ

REAKSİYON EĞRİSİ

REAKSİYON EĞRİSİ

REAKSİYON EĞRİSİ

REAKSİYON EĞRİSİ

REAKSİYON EĞRİSİ

REAKSİYON EĞRİSİ

REAKSİYON EĞRİSİ

REAKSİYON EĞRİSİ

REAKSİYON EĞRİSİ

REAKSİYON EĞRİSİ

REAKSİYON EĞRİSİ

REAKSİYON EĞRİSİ

REAKSİYON EĞRİSİ

REAKSİYON EĞRİSİ

REAKSİYON EĞRİSİ

REAKSİYON EĞRİSİ

REAKSİYON EĞRİSİ

REAKSİYON EĞRİSİ

REAKSİYON EĞRİSİ

REAKSİYON EĞRİSİ

REAKSİYON EĞRİSİ

Tanıtıcı: Konsantre katı

No = 3

Ağırlığı: 60 mg

Kalibrasyonu: 20° - 1400°C

2. transiyon sistemi: Pt 100 - Pt

Kabli: Bakelit korozyon

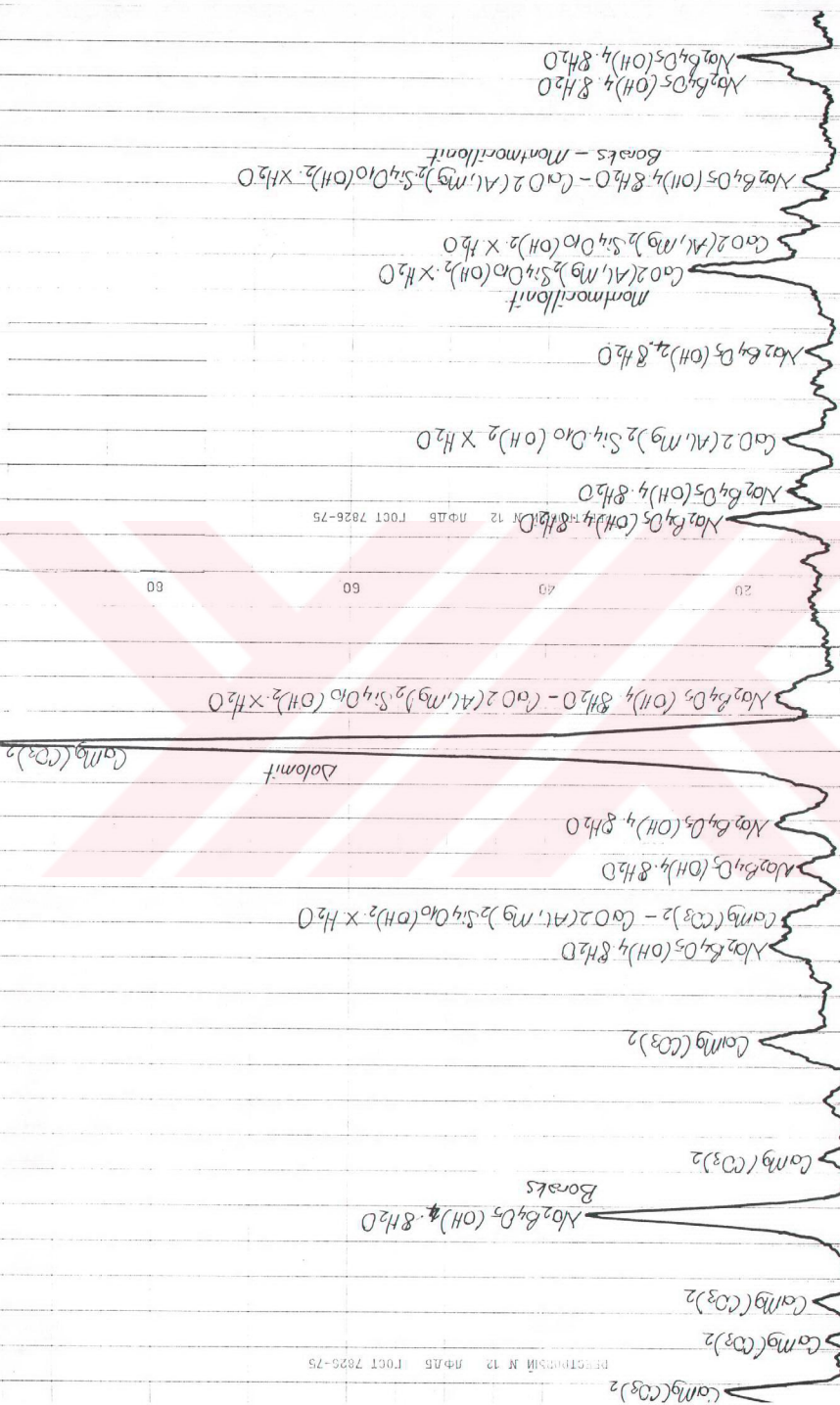
modelleri: 15 m/s korozyon

hızı: 10°C/dak

NETZSCH Gerätebau GmbH Salzb
Bestell-Nr. 348 472 5

NETZSCH Gerätebau GmbH Salzb
Bestell-Nr. 348 472 5

Ek Şek. 3. Kil Pesti Atığı D.T.A.



20
↑

Ek. Sek. 4. Slam Atiqi X.R.D. Analizi

AĞIRLIK KAYBI EĞRİSİ (KABA)

TG1 (12.5 mg)

AĞIRLIK KAYBI EĞRİSİ (HASSAS)

TG2 (12.5 mg)

NETZSCH Gerätebau GmbH S&B

Bestell-Nr. 310 472 b

NETZSCH Gerätebau GmbH S&B

Bestell-Nr. 543 422 b

Nümunə Təvəzi: Konsantrə Sıvı

No = 2

Nümunə Ağırlığı: 60 mg

Sıcaklıq aralığı: 20°C - 1400°C

Nümunə kəbi : Boksit kəne

Nümunə tətayiləci sistəm : Pt-10Rh-Pt

Fi-H maddə: Pismiş kaolın

İsılma sür : 10°C/dak.

TÜRKÜYƏN EŞƏN
DÜT-A (0.2 mV)

DTA (0.2 mV)
REAKSİYON EĞRİSİ

800°C-də ağırlıq kəpəni başlıyır

670°C
ekstremum

600°C
ekstremum

600°C
ekstremum

600°C
ekstremum

600°C
ekstremum

600°C
ekstremum

600°C
ekstremum

600°C
ekstremum

600°C
ekstremum

600°C
ekstremum

600°C
ekstremum

600°C
ekstremum

600°C
ekstremum

600°C
ekstremum

600°C
ekstremum

600°C
ekstremum

600°C
ekstremum

600°C
ekstremum

600°C
ekstremum

600°C
ekstremum

600°C
ekstremum

600°C
ekstremum

600°C
ekstremum

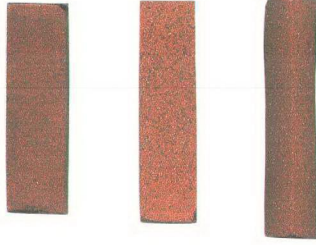
600°C
ekstremum

600°C
ekstremum

Ek. Şek. 5. Şlam Atığı D.T.A.

Ek . Şek 8. II.Kademe Atığı X.R.D. Analizi → 20





900°C’de İmal Edilen Pres Tuğla Resimleri



900°C’de İmal Edilen Pres Tuğla Resimleri

Ek Şekil 10. İmal Edilen Pres Tuğlalara Ait Resimler