

DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

TÜRKİYE LEONARDİTLERİNİN
DEĞERLENDİRİLMESİ

Vedat Taylan ENGİN

Temmuz, 2013

İZMİR

TÜRKİYE LEONARDİTLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü

Doktora Tezi

Maden Mühendisliği Bölümü, Cevher Hazırlama Ana Bilim Dalı

Vedat Taylan ENGİN

Temmuz, 2013

İZMİR

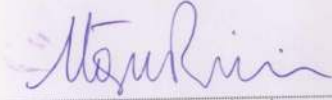
DOKTORA TEZİ SINAV SONUÇ FORMU

VEDAT TAYLAN ENGİN, tarafından **PROF. DR. İLKNUR CÖCEN** yönetiminde hazırlanan **“TÜRKİYE LEONARDİTLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ”** başlıklı tez tarafımızdan okunmuş, kapsamı ve niteliği açısından bir doktora tezi olarak kabul edilmiştir.



Prof. Dr. İlknur CÖCEN

Yönetici



Prof. Dr. Uğur İNCİ

Tez İzleme Komitesi Üyesi



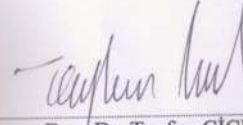
Prof. Dr. Erol KAYA

Tez İzleme Komitesi Üyesi



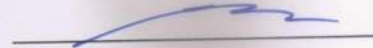
Prof. Dr. Hüseyin ÖZDAĞ

Jüri Üyesi



Doç. Dr. Tayfun ÇİÇEK

Jüri Üyesi



Prof. Dr. Ayşe OKUR

Müdür

Fen Bilimleri Enstitüsü

TEŞEKKÜR

Tez çalışmalarında bilgi ve tecrübelerini benimle paylaşan ve her zaman desteğini esirgemeyen danışman hocam Prof. Dr. İlknur Cöcen'e teşekkürlerimi sunarım.

Öncesinde olduğu gibi, tez çalışmalarım sırasında da fikir aldığım ve beni her zaman desteklemiş olan hocam Doç. Dr. Tayfun Çiçek'e teşekkür ederim.

Doktora tez çalışmalarım sırasında fikir ve bilgilerini benimle paylaşan ve katkılarını esirgemeyen tez izleme komitesi üyeleri Prof. Dr. Uğur İnci ve Prof. Dr. Erol Kaya'ya teşekkür ederim.

Bu çalışmayı 2008.KB.FEN.035 numaralı bilimsel araştırma projesi ile destekleyen Dokuz Eylül Üniversitesi Rektörlüğü'ne teşekkür ederim.

Ayrıca, doktora çalışmalarımın numune alma kısmında bana yardımlarını esirgemeyen sayın Yaşar Çetin ve Doç. Dr. Doğan Karakuş'a; minerolojik çalışmalardaki katkılarından dolayı Uzm. Dr. Hatice Yılmaz'a; deneysel çalışmalarda yardım eden Araş. Gör. Dr. Gül Akar Şen, Araş. Gör. Ebru Özpek, sayın Sezgin Ünal, sayın Tutku Akiş, sayın Emre Ersöz'e; kimyasal analizlerde yardımlarını esirgemeyen sayın M. Emin Solak, sayın Necmettin Ayçelik, sayın Fatih Turan ve sayın Ziya Çoban'a teşekkür ederim. Ayrıca, bu süreçte yardımlarını esirgemeyen eden tüm hocalarıma, Dokuz Eylül Üniversitesi Maden Mühendisliği Bölümü teknik ve idari personeline teşekkürlerimi sunmayı borç bilirim.

Son olarak, hayatım boyunca olduğu gibi doktora çalışmalarımda da bana her zaman destek olan annem Hamide Engin, babam Hakkı Engin'e, hayatı birlikte omuzladığımız biricik eşim Kevser Engin'e ve doğduğu günden bugüne sadece varlığı ile bile bana destek olan canım kızım İdil İlkyaz Engin'e sonsuz sevgi ve teşekkürlerimi sunmayı borç bilirim.

Vedat Taylan Engin

TÜRKİYE LEONARDİTLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

ÖZ

Bu çalışmada, ülkemizin Soma, Niğde ve Meriç Bölgelerindeki leonarditlerinin karakterizasyonu yapıldıktan sonra, bu numunelerden ön konsantreler elde edilmiştir. Bu konsantrelerden de leonarditin türevleri olan humik asit, fulvik asit ve hymatomelanik asit üretilmiştir. Leonarditin organik tarımda kullanılabilir olması için herhangi bir kimyasal ile zenginleştirilmemesi gerekmektedir. Ayrıca, diğer sektörlerde de zenginleştirme esnasında lenoarditin absorbe edeceği kimyasallar olumsuz etkiler yaratabilmektedir. Bu sebeple, yapılan çalışmalarda, sadece yoğunluğa göre zenginleştirme yöntemleri ile zenginleştirilebilirliği araştırılmıştır. Değişik tane aralıklarında numunelerin yıkanabilirliğini tespit etmek için yüzdürme batırma testleri yapılmıştır. Ön konsantre elde etmek için, iri fraksiyonlarda jig testleri, ince fraksiyonlarda ise sallantılı masa ve MGS testleri yapılmıştır.

Zenginleştirme işlemlerinin en uygun konsantreleri ile liç işlemi yapılarak humik asit, fulvik asit ve hymatomelanik asit ayrı olarak da kazanılmıştır. Sonuç olarak, Soma, Niğde, Meriç bölgeleri leonarditlerinden yola çıkarak, leonardit sınıflandırmasına göre kötü, orta ve iyi kalite leonarditler için hammaddeden uç ürünlerin kazanımına yönelik akım şemaları çıkartılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Leonardit, humik asit, fulvik asit, hymatomelenik asit, jig, sallantılı masa, MGS, humik asit ekstraksiyonu

THE EVALUATION OF TURKISH LEONARDITES

ABSTRACT

In this study, headsamples taken from Soma, Niğde and Meriç regions leonardites, was characterized, concentrated and from these concentrates it was obtained the derivatives of leonardite (humic acid, fulvic acid and hymatomelanic acid). The only way to use leonardites in organic farming is not treating them with any chemicals. In addition, in other industries the chemicals absorbed by leonardites during the enrichment step could be unfavorable. Therefore, only the gravitational enrichment methods were performed in the tests. With using sink/float tests, were determined washability of various size fractions of leonardite samples. Then jig tests were investigated with coarse size fractions, shaking table and MGS tests conducted with finer size fractions.

The concentrates, using with indicating best results from enrichment processes, humic, fulvic and hymatomelanic acids were recovered. Consequently, based on the results obtained from beds situated Soma Niğde and Meriç regions, process flowsheets were developed to produce end products of bad, middle and best quality leonardites.

Keywords: Leonardite, humic acid, fulvic acid, hymatomelanic acid, jig, shaking table MGS, extraktion of humic acid.

İÇİNDEKİLER

Sayfa

DOKTORA TEZİ SINAV SONUÇ FORMU	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
ÖZ	iv
ABSTRACT	v
ŞEKİLLER LİSTESİ	ix
TABLolar LİSTESİ.....	xiii

BÖLÜM BİR-GİRİŞ..... 1

BÖLÜM İKİ-LEONARDİT VE TÜREVLERİ 3

2.1 Leonarditin Tanımı ve Tarihçesi	3
2.2 Leonarditin Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri	6
2.3 Leonarditin ve Türevlerinin Kullanım Alanları	8
2.4 Türkiye’de Leonardit ve Kullanım Alanları.....	9
2.4.1 Leonarditin Tarımda Kullanımı.....	9
2.4.1.1 Katı (Granül veya Pelet) Kullanım	10
2.4.1.2 Humat Olarak (Sıvı veya Toz) Kullanım.....	10
2.4.2 Toprak Destekleyici Olarak Kullanılan Leonarditin Fiziksel, Kimyasal ve Biyolojik Etkileri	11
2.4.2.1 Leonarditin Fiziksel Etkileri	11
2.4.2.2 Leonarditin Kimyasal Etkileri.....	12
2.4.2.3 Leonarditin Biyolojik Etkileri.....	12
2.5 Humik Maddeler.....	13
2.5.1 Humik Maddelerin Genel Özellikleri ve Sınıflandırması.....	14
2.5.1.1 Humik Asit.....	15
2.5.1.2 Fulvik Asit	21
2.5.1.3 Hymatomelanik Asit	21
2.6 Humik Asit Ekstraksiyonu	21

2.6.1 Humik Asit Ekstraksiyonu Üzerine Yapılan Çalışmaların Tarihçesi	22
2.6.2 Humik Asit Ekstraksiyon Yöntemleri	23

BÖLÜM ÜÇ-DENEYSEL ÇALIŞMALAR..... 25

3.1 Amaç ve Yöntem.....	25
3.2 Karakterizasyon Çalışmaları	27
3.2.1 Soma Bölgesi Numune Karakterizasyonu	27
3.2.1.1 Soma Bölgesi Linyit Oluşumları	27
3.2.1.1.1 Deniz Bölgesi	28
3.2.1.1.2 Soma Kömür Havzası.....	30
3.2.1.2 Besleme Malı XRD, Tam Kömür ve Humik Asit Analizleri.....	30
3.2.1.3 Besleme Malı Tane Sınıflarına Göre Kül-Humik Asit Dağılımı	33
3.2.1.4 Besleme Malı Tane Sınıflarına Ayırma (Russel Elek)	36
3.2.1.5 Soma Bölgesi Numunesi Yüzdürme Batırma Testleri.....	36
3.2.1.5.1 10/5 mm Tane Aralığı Yüzdürme Batırma Testleri	36
3.2.1.5.2 5/2 mm Tane Aralığı Yüzdürme Batırma Testleri	40
3.2.1.5.3 2/0,5 mm Tane Aralığı Yüzdürme Batırma Testleri	42
3.2.1.5.4 0,5/0 mm Tane Aralığı Yüzdürme Batırma Testleri	45
3.2.2 Niğde Ulukışla Bölgesi Numune Karakterizasyonu.....	47
3.2.2.1 Niğde Ulukışla Bölgesi Linyit Oluşumları	47
3.2.2.2 Besleme Malı XRD, Tam Kömür ve Humik Asit Analizleri.....	52
3.2.2.3 Besleme Malı Tane Sınıflarına Göre Kül-Humik Asit Dağılımı	53
3.2.2.4 Niğde Ulukışla Numunesi Yüzdürme Batırma Testleri.....	56
3.2.2.4.1 9,51/4,75 mm Tane Aralığı Yüzdürme Batırma Testleri	56
3.2.2.4.2 4,75/2 mm Tane Aralığı Yüzdürme Batırma Testleri	58
3.2.2.4.3 2/0,355 mm Tane Aralığı Yüzdürme Batırma Testleri	61
3.2.2.4.4 0,355/0 mm Tane Aralığı Yüzdürme Batırma Testleri	63
3.2.3 Meriç Bölgesi Numune Karakterizasyonu.....	66
3.2.3.1 Meriç Bölgesi Linyit Oluşumları	66
3.2.3.2 Besleme Malı XRD, Tam Kömür ve Humik Asit Analizleri.....	68
3.2.3.3 Besleme Malı Tane Sınıflarına Göre Kül-Humik Asit Dağılımı	70

3.2.3.4 Meriç Numunesi Yüzdürme Batırma Testleri.....	73
3.2.3.4.1 9,51/4,75 mm Tane Aralığı Yüzdürme Batırma Testleri	73
3.2.3.4.2 4,75/2 mm Tane Aralığı Yüzdürme Batırma Testleri	76
3.2.3.4.3 2/0,710 mm Tane Aralığı Yüzdürme Batırma Testleri	78
3.2.3.4.4 0,710/0,355 mm Tane Aralığı Yüzdürme Batırma Testleri	80
3.2.3.4.5 0,355/0 mm Tane Aralığı Yüzdürme Batırma Testleri	82
3.3 Zenginleştirme Çalışmaları	85
3.3.1 Soma Bölgesi Leonarditlerinin Zenginleştirilmesi.....	85
3.3.1.1 10/5 mm Tane Aralığı Zenginleştirme İşlemleri	85
3.3.1.2 5/2 mm Tane Aralığı Zenginleştirme İşlemleri	86
3.3.1.3 2/1 mm Tane Aralığı Zenginleştirme İşlemleri	87
3.3.1.4 1/0,5 mm Tane Aralığı Zenginleştirme İşlemleri	89
3.3.1.5 0,5/0 mm Tane Aralığı Zenginleştirme İşlemleri	91
3.3.2 Niğde Ulukışla Bölgesi Leonarditlerinin Zenginleştirilmesi.....	94
3.3.2.1 9,51/4,75 mm Tane Aralığı Zenginleştirme İşlemleri	94
3.3.2.2 4,75/3,35 mm Tane Aralığı Zenginleştirme İşlemleri	94
3.3.2.3 3,35/2 mm Tane Aralığı Zenginleştirme İşlemleri	95
3.3.2.4 2/0,355 mm Tane Aralığı Zenginleştirme İşlemleri	96
3.3.2.5 0,355/0 mm MGS Testleri	97
3.3.3 Meriç/Edirne Bölgesi Leonarditlerinin Zenginleştirilmesi.....	100
3.3.3.1 9,51/4,75 mm Tane Aralığı Zenginleştirme İşlemleri	100
3.3.3.2 4,75/2 mm Tane Aralığı Zenginleştirme İşlemleri	100
3.3.3.3 2/0,710 mm Tane Aralığı Zenginleştirme İşlemleri	101
3.3.3.4 0,710/0,355 mm Tane Aralığı Zenginleştirme İşlemleri	102
3.3.3.5 0,355/0 mm Tane Aralığı MGS ile Zenginleştirme	103
3.4 Humik Asit Liçi.....	105
3.4.1 Ekstraksiyon Metodu.....	106

BÖLÜM DÖRT-SONUÇLAR 109

KAYNAKLAR 117

ŞEKİLLER LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1 Uşak bölgesi leonarditleri	7
Şekil 2.2 Humik maddelerin kimyasal özellikleri.....	15
Şekil 2.3 Humik asitin molekül yapısı	16
Şekil 2.4 Kil tabakalarının yapısı	18
Şekil 2.5 Aşırı tuzun, kil tabakalarını birbirine doğru çekmesinin engellenmesi	18
Şekil 2.6 Kil sıkıştırması	19
Şekil 2.7 Humik asitin negatif ve pozitif yüklü yüzeyleri ayırması ve su penantrasyonu	19
Şekil 2.8 Gelişmiş besin değişimi	20
Şekil 3.1 Deneysel çalışmaların genel akım şeması.....	26
Şekil 3.2 Soma Bölgesi kömür havzasının dikey ve yanal fasiyes değişimi	28
Şekil 3.3 Deniz Bölgesi (Soma) üst ve orta kömür zonları humik asit değerleri	29
Şekil 3.4 Deniz Bölgesi üst kömür zonu	29
Şekil 3.5 Soma Kömür Havzası üst ve orta kömür zonları humik asit değerleri	30
Şekil 3.6 Soma Bölgesi homojenize edilmiş besleme malı XRD analiz sonuçları....	31
Şekil 3.7 Besleme malı tane dağılım eğrileri	35
Şekil 3.8 Besleme malının tane sınıflarına göre toplamalı kül-humik asit dağılım eğrileri	35
Şekil 3.9 10/5 mm tane aralığı yüzdürme batırma testi kül yüzdelere göre Henry Reinhard eğrileri.....	37
Şekil 3.10 10/5 mm tane aralığı yüzdürme batırma testi toplam humik asit yüzdelere göre Henry Reinhard eğrileri.....	39
Şekil 3.11 5/2 mm tane aralığı yüzdürme batırma testi kül yüzdelere göre Henry Reinhard eğrileri.....	40
Şekil 3.12 5/2 mm tane aralığı yüzdürme batırma testi toplam humik asit yüzdelere göre Henry Reinhard eğrileri	41
Şekil 3.13 2/0,5 mm tane aralığı yüzdürme batırma testi kül yüzdelere göre Henry Reinhard eğrileri.....	43

Şekil 3.14 2/0,5 mm tane aralığı yüzdürme batırma testi toplam humik asit yüzdelere göre Henry Reinhard eğrileri.....	44
Şekil 3.15 -0,5 mm tane boyutu yüzdürme batırma testi kül yüzdelere göre Henry Reinhard eğrileri.....	45
Şekil 3.16 -0,5 mm tane boyutu yüzdürme batırma testi toplam humik asit yüzdelere göre Henry Reinhard eğrileri.....	46
Şekil 3.17 Numune alınan bölgenin yer bulduru haritası.....	48
Şekil 3.18 İnceleme alanına ait stratigrafik kolon kesit	51
Şekil 3.19 Niğde Ulukışla Bölgesi homojenize edilmiş besleme malı XRD analiz sonuçları	52
Şekil 3.20 Besleme malı tane dağılım eğrileri	55
Şekil 3.21 Besleme malının tane sınıflarına göre toplam kül-humik asit dağılım eğrileri	55
Şekil 3.22 9,51/4,75 mm tane aralığı yüzdürme batırma testi kül yüzdelere göre Henry Reinhard eğrileri.....	57
Şekil 3.23 9,51/4,75 mm tane aralığı yüzdürme batırma testi toplam humik asit yüzdelere göre Henry Reinhard eğrileri.....	58
Şekil 3.24 4,75/2 mm tane aralığı yüzdürme batırma testi kül yüzdelere göre Henry Reinhard eğrileri.....	59
Şekil 3.25 4,75/2 mm tane aralığı yüzdürme batırma testi toplam humik asit yüzdelere göre Henry Reinhard eğrileri.....	60
Şekil 3.26 2/0,355 mm tane aralığı yüzdürme batırma testi kül yüzdelere göre Henry Reinhard eğrileri.....	61
Şekil 3.27 2/0,355 mm tane aralığı yüzdürme batırma testi toplam humik asit yüzdelere göre Henry Reinhard eğrileri.....	63
Şekil 3.28 0,355/0 mm tane aralığı yüzdürme batırma testi yapılışı.....	64
Şekil 3.29 0,355/0 mm tane aralığı yüzdürme batırma testi kül yüzdelere göre Henry Reinhard eğrileri.....	65
Şekil 3.30 0,355/0 mm tane aralığı yüzdürme batırma testi toplam humik asit yüzdelere göre Henry Reinhard eğrileri.....	66
Şekil 3.31 Meriç Bölgesi leonarditlerinin maseral grubu dağılımlarını gösteren üçgen diyagram.....	68

Şekil 3.32 Meriç Bölgesi homojenize edilmiş besleme malı XRD analiz sonuçları	69
Şekil 3.33 Besleme malı tane dağılım eğrileri	72
Şekil 3.34 Besleme malının tane sınıflarına göre kül-humik asit dağılım eğrileri.....	72
Şekil 3.35 9,51/4,75 mm tane aralığı yüzdürme batırma testi kül yüzdelere göre Henry Reinhard eğrileri.....	74
Şekil 3.36 9,51/4,75 mm tane aralığı yüzdürme batırma testi toplam humik asit yüzdelere göre Henry Reinhard eğrileri.....	75
Şekil 3.37 4,75/2 mm tane aralığı yüzdürme batırma testi kül yüzdelere göre Henry Reinhard eğrileri.....	76
Şekil 3.38 4,75/2 mm tane aralığı yüzdürme batırma testi toplam humik asit yüzdelere göre Henry Reinhard eğrileri.....	77
Şekil 3.39 2/0,710 mm tane aralığı yüzdürme batırma testi kül yüzdelere göre Henry Reinhard eğrileri.....	78
Şekil 3.40 2/0,710 mm tane aralığı yüzdürme batırma testi toplam humik asit yüzdelere göre Henry Reinhard eğrileri.....	79
Şekil 3.41 0,710/0,355 mm tane aralığı yüzdürme batırma testi kül yüzdelere göre Henry Reinhard eğrileri.....	81
Şekil 3.42 0,710/0,355 mm tane aralığı yüzdürme batırma testi toplam humik asit yüzdelere göre Henry Reinhard eğrileri.....	82
Şekil 3.43 0,355/0 mm tane aralığı yüzdürme batırma testi kül yüzdelere göre Henry Reinhard eğrileri.....	83
Şekil 3.44 0,355/0 mm tane aralığı yüzdürme batırma testi toplam humik asit yüzdelere göre Henry Reinhard eğrileri.....	84
Şekil 3.45 Tek kompartımanlı laboratuvar jiginde tabakalaşma.....	85
Şekil 3.46 Wilfley laboratuvar tipi sallantılı masa.....	87
Şekil 3.47 MGS testi değerlendirme grafiği (%kül, tambur devri, %ağ)	92
Şekil 3.48 MGS testi değerlendirme grafiği (%THA, tambur devri, %ağ)	93
Şekil 3.49 MGS testi değerlendirme grafiği (%kül, tambur devri, %ağ)	98
Şekil 3.50 MGS testi değerlendirme grafiği (%THA, tambur devri, %ağ)	99
Şekil 3.51 MGS testi değerlendirme grafiği (%kül, tambur devri, %ağ)	104
Şekil 3.52 MGS testi değerlendirme grafiği (%THA, tambur devri, %ağ)	105

Şekil 3.53 Humik asit, fulvik asit ve hymatomelanik asit ayırma akım şeması	108
Şekil 4.1 Soma Bölgesi numuneleri ile yapılan zenginleştirme işlemi balanslı akım şeması	113
Şekil 4.2 Niğde Ulukışla Bölgesi numuneleri ile yapılan zenginleştirme işlemi balanslı akım şeması	114
Şekil 4.3 Meriç Bölgesi numuneleri ile yapılan zenginleştirme işlemi balanslı akım şeması	115

TABLÖLAR LİSTESİ

Sayfa

Tablo 2.1 Orfe Teknik LTD. ürünü Agrohum'un analiz değerleri	7
Tablo 2.2 Leonardit kalite sınıflandırması	8
Tablo 2.3 Doğal kaynakların humik ve fulvik asit içerikleri	17
Tablo 2.4 Humik maddeleri çözmede kullanılan reaktiflerden başlıcaları	23
Tablo 3.1 Besleme malı 1-2 numuneleri kömür analiz sonuçları	32
Tablo 3.2 Besleme malı toplam ve serbest humik asit değerleri.....	33
Tablo 3.3 Tane sınıflarına göre kül-humik asit dağılımı.....	34
Tablo 3.4 Besleme malı russel elek tane sınıfı kül-humik asit dağılımı	36
Tablo 3.5 10/5 mm tane aralığı kül yüzdelere göre yüzdürme batırma test sonuçları	37
Tablo 3.6 10/5 mm tane aralığı toplam humik asit yüzdelere göre yüzdürme batırma test sonuçları	39
Tablo 3.7 5/2 mm tane aralığı kül yüzdelere göre yüzdürme batırma test sonuçları	40
Tablo 3.8 5/2 mm tane aralığı toplam humik asit yüzdelere göre yüzdürme batırma test sonuçları.....	41
Tablo 3.9 2/0,5 mm tane aralığı kül yüzdelere göre yüzdürme batırma test sonuçları	43
Tablo 3.10 2/0,5 mm tane aralığı toplam humik asit yüzdelere göre yüzdürme batırma test sonuçları	44
Tablo 3.11 -0,5 mm tane boyutu kül yüzdelere göre yüzdürme batırma test sonuçları.....	46
Tablo 3.12 -0,5 mm tane iriliği toplam humik asit yüzdelere göre yüzdürme batırma test sonuçları	47
Tablo 3.13 Besleme malı kömür analiz sonuçları.....	54
Tablo 3.14 Tane sınıflarına göre kül-humik asit dağılımı.....	55
Tablo 3.15 9,51/4,75 mm tane aralığı kül yüzdelere göre yüzdürme batırma test sonuçları	57

Tablo 3.16 9,51/4,75 mm tane aralığı toplam humik asit yüzdelere göre yüzdürme batırma test sonuçları	58
Tablo 3.17 4,75/2 mm tane aralığı kül yüzdelere göre yüzdürme batırma test sonuçları	60
Tablo 3.18 4,75/2 mm tane aralığı toplam humik asit yüzdelere göre yüzdürme batırma test sonuçları	61
Tablo 3.19 2/0,355 mm tane aralığı kül yüzdelere göre yüzdürme batırma test sonuçları	62
Tablo 3.20 2/0,355 mm tane aralığı toplam humik asit yüzdelere göre yüzdürme batırma test sonuçları	64
Tablo 3.21 0,355/0 mm tane aralığı kül yüzdelere göre yüzdürme batırma test sonuçları	66
Tablo 3.22 0,355/0 mm tane aralığı toplam humik asit yüzdelere göre yüzdürme batırma test sonuçları	67
Tablo 3.23 Besleme malı kömür analiz sonuçları	71
Tablo 3.24 Tane sınıflarına göre kül-humik asit dağılımı	73
Tablo 3.25 9,51/4,75 mm tane aralığı kül yüzdelere göre yüzdürme batırma test sonuçları	75
Tablo 3.26 9,51/4,75 mm tane aralığı toplam humik asit yüzdelere göre yüzdürme batırma test sonuçları	77
Tablo 3.27 4,75/2 mm tane aralığı kül yüzdelere göre yüzdürme batırma test sonuçları	78
Tablo 3.28 4,75/2 mm tane aralığı toplam humik asit yüzdelere göre yüzdürme batırma test sonuçları	79
Tablo 3.29 2/0,710 mm tane aralığı kül yüzdelere göre yüzdürme batırma test sonuçları	80
Tablo 3.30 2/0,710 mm tane aralığı toplam humik asit yüzdelere göre yüzdürme batırma test sonuçları	81
Tablo 3.31 0,710/0,355 mm tane aralığı kül yüzdelere göre yüzdürme batırma test sonuçları	82
Tablo 3.32 0,710/0,355 mm tane aralığı toplam humik asit yüzdelere göre yüzdürme batırma test sonuçları	83

Tablo 3.33 0,355/0 mm tane aralığı kül yüzdelere göre yüzdürme batırma test sonuçları	85
Tablo 3.34 0,355/0 mm tane aralığı toplam humik asit yüzdelere göre yüzdürme batırma test sonuçları	86
Tablo 3.35 10/5 mm Jig testi değerlendirme tablosu	88
Tablo 3.36 5/2 mm Jig testi değerlendirme tablosu	88
Tablo 3.37 2/1 mm tane sınıfı 16lt/dak yıkama suyu 420 dev/dak, 3 ⁰ eğimde sallantılı masa test sonuçları	90
Tablo 3.38 2/1 mm tane sınıfı 16lt/dak yıkama suyu 520 dev/dak, 3 ⁰ eğimde sallantılı masa test sonuçları	90
Tablo 3.39 2/1 mm tane sınıfı 11lt/dak yıkama suyu 420 dev/dak, 6 ⁰ eğimde sallantılı masa test sonuçları	90
Tablo 3.40 2/1 mm tane sınıfı 11lt/dak yıkama suyu 520 dev/dak, 6 ⁰ eğimde sallantılı masa test sonuçları	90
Tablo 3.41 1/0,5 mm tane sınıfı 16 lt/dak yıkama suyu 420 dev/dak, 3 ⁰ eğimde sallantılı masa test sonuçları.....	91
Tablo 3.42 1/0,5 mm tane sınıfı 16 lt/dak yıkama suyu 520 dev/dak, 3 ⁰ eğimde sallantılı masa test sonuçları.....	92
Tablo 3.43 1/0,5 mm tane sınıfı 11 lt/dak yıkama suyu 420 dev/dak, 3 ⁰ eğimde sallantılı masa test sonuçları.....	92
Tablo 3.44 1/0,5 mm tane sınıfı 11 lt/dak yıkama suyu 520 dev/dak, 3 ⁰ eğimde sallantılı masa test sonuçları.....	92
Tablo 3.45 0,5/0 mm tane sınıfı MGS testi değerlendirmesi (%kül değerlerine göre)	93
Tablo 3.46 0,5/0 mm tane sınıfı MGS testi değerlendirmesi (%THA, SHA değerlerine göre).....	94
Tablo 3.47 Jig testi değerlendirme tablosu	95
Tablo 3.48 4,76/3,35 mm tane sınıfı sallantılı masa testi	96
Tablo 3.49 3,35/2 mm tane sınıfı sallantılı masa testi.....	97
Tablo 3.50 2/0,355 mm tane sınıfı sallantılı masa testi.....	98
Tablo 3.51 MGS testi değerlendirmesi (kül oranına göre)	99
Tablo 3.52 MGS testi değerlendirmesi (%THA, SHA değerlerine göre)	100

Tablo 3.53 Jig testi değerlendirme tablosu	101
Tablo 3.54 4,75/2 mm tane sınıfı sallantılı masa testi.....	102
Tablo 3.55 2/0,710 mm tane sınıfı sallantılı masa testi.....	103
Tablo 3.56 0,710/0,355 mm tane sınıfı sallantılı masa testi.....	104
Tablo 3.57 MGS testi değerlendirmesi (köl oranına göre)	105
Tablo 3.58 MGS testi değerlendirmesi (%THA, SHA değerlerine göre)	106
Tablo 4.1 Türkiye'nin çeşitli bölgelerinden alınmış numunelerin humik asit analiz sonuçları	116

BÖLÜM BİR

GİRİŞ

Tarımsal faaliyetlerde kullanılan kimyasal ilaçlar doğanın dengesini bozmakta ve toplum sağlığı üzerinde de olumsuz etkiler meydana getirmektedir. Azotlu ve fosforlu gübrelerin kullanımını aza indirmek amacıyla organik gübre kullanımına ağırlık verilmesinin gerektiği ortaya çıkan bir gerçektir. Popülasyona zarar vermeyen, toprakların sürdürülebilir kullanımına olanak sağlayan, çevre kirliliğinin azalmasına katkı koyan ve tamamen doğal gübrelerin kullanıldığı, organik tarıma olan talep gün geçtikçe artmaktadır. Bu bakımdan ülkemizde bulunan organik kaynaklar yeterli miktarlardadır. Bu kaynaklardan birisi de toprağın fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerini iyileştirebilecek nitelikte olan Leonardit hammaddesidir.

Leonardit linyit yatakları civarında bulunan linyitin hava atmosferinde değişmesiyle oluşmuş bir organik maddedir. Leonardit henüz kömür durumuna gelmemiş ve yumuşak kahverengi kömürden sahip olduğu yüksek oksidasyonla, kömür oluşum işleminin sonucunda yüksek humik asit içeriğiyle ayrılan organik bir maddedir. Leonarditi linyitten ayıran en önemli fark oksijen yüzdesinin fazla olması ve yakıt olarak kullanma olanağının bulunmamasıdır.

Ülkemizde birçok linyit yatağı bulunmaktadır. Bunlardan başlıcaları; Soma, Kütahya, Uşak, Muğla, Konya, Trakya Bölgesi, Bolu, Yozgat, Çanakkale bölgelerindeki linyit yataklarıdır. Bu linyit yataklarında ve burada belirtilmemiş olan linyit kömürünün olduğu her yerde, linyit olarak değerlendirilemeyecek nitelikte olan bu numunelerin leonardit olarak değerlendirilmesi ülkemiz madenciliğine, tarım sektörüne ve sanayisine önemli katkılar sağlayarak ülke ekonomisine katma değer yaratacaktır. Bu noktadan hareketle tamamen doğal gübrelerin kullanıldığı organik tarım için önemli bir yeri olan leonardit hammaddesinin Türkiye'deki karakterizasyonu ve zenginleştirilebilirliği Türk tarımı ve ekonomisi için önem arz etmektedir. Leonardit hammaddesinin ve bu hammaddeden elde edilen humik asitin, tarımdaki bu önemli kullanımının dışında, leonardit ve türevlerinin (humik asit,

fulvik asit ve hymatomelanik asit) kozmetikten ilaç sanayine, sondaj sektöründen hayvan yemi ve filtre sistemlerine kadar pek çok kullanım alanı mevcuttur. Leonarditin türevleri konusu bilim dünyasında son yıllarda çalışılmaya başlanan bir konu olduğundan, çalışmalar sonucu zamanla birlikte yeni kullanım alanları çıkmakta ve çıkacaktır.

Humik asitlerin en önemli kaynağı genellikle leonarditte bulunan yumuşak kahverengi kömürlerin çökelmiş tabakalarıdır. Humik asit gübre değildir. Fakat gübrenin çok önemli bir tamamlayıcısıdır. Humik asit besinlerin topraktan bitkiye geçmesine yardımcı olmaktadır.

BÖLÜM İKİ

LEONARDİT VE TÜREVLERİ

2.1 Leonarditin Tanımı ve Tarihçesi

Leonardit milyonlarca yıl önce tropik ve yarı-tropik bitkilerin, karasal canlı organizmaların tatlı su göllerinde çökmesi, basınç ve sıcaklık altında jeolojik aktivitelerle yataklanması sonucu oluşmuş, bitki beslenmesi için gerekli makro ve mikro besin elementlerince zengin bir çeşit düşük ranklı kömürdür. Leonardit, organik madde kaynağı olarak çok ilginç bir tarihe sahiptir. 1940 ve 1950'lerde bilim adamları toprak ve bitkilerden doğal olarak meydana gelen katı hümik asitin yararlarını araştırırken, bazı bilim adamları da kömür madenciliği endüstrisinde yüksek oksidasyonlu linyitin hümik asitçe zengin olduğunu ortaya çıkartmışlardır. Devam eden araştırmalar sonucunda Kuzey Dakota Jeolojik Araştırma Merkezi'nin ilk başkanı olan yerbilimci Dr. A.G. Leonard, partikül formasyonda yüksek oksidasyondaki linyit kömürünü leonardit olarak adlandırmıştır (Olivella, del Rio, Palacios, ve Vairavamurthy, 2002; Olivella, Sole, Gorchs, Lao, De Las Heras, 2011).

Ancak leonardit yakıt olarak kullanılmamakla beraber, kömür madenciliğinin artık ürünü olarak kabul edilmiştir. 'Bureau of Mines' ile beraber araştırmacılar leonarditi tarımsal topraklarda yani tarımda kullanmaya başladıklarında ise, ekinlerin dönümünde %20 verim artışı sağlanmıştır (Leonardit, 2007).

Bunun üzerine çeşitli üniversitelerde ve araştırma kuruluşlarında leonarditin temel toprak ıslahı ve gübre olarak kullanımı üzerine çalışmalar yapılmıştır. Güney Karolayna Araştırma Merkezi öncelikle Meksika'daki ürünleri kullanarak deneyler yapmış ve ürün gelişiminde artış olduğunu ispatlamışlardır. (Toprak İyileştirme, 2007).

Leonardit, kömürleşme sürecini tamamlamadan yüksek oksidasyon şartlarına maruz kalmış ve dolayısıyla da yüksek humik asit içeriğine ulaşmıştır. Leonardit ve linyit arasındaki en büyük farklar leonarditin yapısındaki yüksek oksijen içeriği ve

yakıt olarak kullanılma imkânının bulunmamasıdır (Engin, Cöcen ve İnci, 2012; Kalaitzidis, Papazisimou, Giannouli, Bouzinos, ve Christanis, 2003).

Bitkisel ve hayvansal kalıntılar toprağa karıştırıldığında belirli bir süre sonunda organik maddede biyolojik ve fizikokimyasal olayların etkisiyle bozunma daha sonra da parçalanma meydana gelir. Bu dokuların organik kısımlarının bozunup parçalanmasına humifikasyon, inorganik kısımlarının bozunup parçalanmasına mineralizasyon denir. Organik maddelerin humifikasyona girmesi topraktaki mikroorganizmalar tarafından sağlanır. Mikroorganizmaların en büyük besin kaynağı C (Karbon) gruplarıdır. Bu olayların devamı sonucunda ortaya çıkan ürün humik asittir. Humik asitler uzun ömürlü organik maddelerdir. Katyon değişim kapasitelerinin bütün organik gübrelerden yüksek olması sebebiyle, besin maddelerini en yüksek düzeyde absorbe ederek; makro, mikro (izelementler) ve vitaminler, aminoasitler gibi yaşamsal besin maddelerini, doğal ve organik bir yolla bitkiler ile toprağa sağlamanın en mükemmel bir yoludur. Humik asitler toprakta, hayvan gübresinde, torf yataklarında, denizlerde, linyitte, leonarditte bulunur. En önemli kaynak leonardittir (Olivella ve diğer. 2002).

Leonardit, bitki beslenmesi için gerekli makro ve mikro besin elementlerince zengin durumdadır. Konvansiyonel tarımda ve organik tarımda kullanımı sonucu hem toprak iyileştirici ve kök geliştirici hem de bitki besin elementleri takviyesi yönünden oldukça yararlı sonuçlar alınmıştır. %1'lik KOH solüsyonunda ekstraksiyon prosesiyle sıvı formda konsantre hümik asit, sıvı ekstraktın (özütün) tambur kurutma veya sprey kurutma sistemleriyle kristalleştirilmesiyle granül formda kuru hümik asit (%85–95 içerikte) elde edilmektedir. Leonarditin doğrudan toprağa karıştırılarak organik toprak kondisyonlayıcı olarak kullanılması ve hem sıvı hem de granül formda konsantre hümik asit türevlerinin sprey ve damla sulama sistemleriyle kullanılması sebeplerinden dolayı leonardit ve türevlerinin kullanımı bir çok ülkede her geçen gün yaygınlaşmaktadır.

Leonardit, toprak sınıflandırma sistemlerinde, organik topraklar ordosunda ele alınmaktadır. Çeşitli alt tip ve varyetelere ayrılmaktadır. Çamurumsu yapıda, gri, gri-

kahverengiden siyahımsıya kadar değişen renklerde, besin maddesi, oksijen ve sularda yaşayan organizmalarca zengin, çeşitli miktarlarda organik madde içeren, alg kapsayan tabakalarda bitkilerin fazla ayrışmaları sonucu oluşa bir çeşit toprak olarak düşünülmektedir.

Leonardit materyali bitki besin elementleri bakımından toprakla kıyaslandığında, fosfor (P_2O_5) yönünden yüksek, potasyum (K) bakımından fakirdir, kalsiyum karbonat içerikleri çok yüksek, toprak reaksiyonları (pH) nötr civarındadır. Mikro elementlerden bitki tarafından alınabilir Fe, Mn, Cu, Zn analizleri yapılmış ve bu mikro elementlerin yeter düzeyde olduğu saptanmıştır. Leonardit materyalinin bitki gelişimini engelleyecek düzeyde bor içermediği saptanmıştır (Olivella ve diğer. 2002).

Bitki besin elementleri içermesi, toksik element içeriğinin düşük olması ve humik asit içeriğinin yüksek olması nedeniyle bugüne kadar yapılan araştırmaların büyük bir kısmında leonarditin toprak destekleyici olarak kullanım potansiyeli üzerinde özellikle durulmuştur. Bitki verimine etkisi, toprak destekleyici olarak fonksiyonu, organik madde içeriği ve humik madde içeriği konularında araştırmalar yapılmıştır.

Humik maddelerin kök gelişimini, sürgün gelişimine göre arttırdığı, makro besin elementlerinin alınmasında etkili oldukları, metal katyonları ile kompleks oluşturdukları, bazılarının alımını arttırıcı, bazılarının da alımını azaltıcı etkide bulundukları yapılan araştırmalarla ortaya konulmuştur. Humik maddelerin uygun mineral besin maddelerinin bulunduğu ortamlarda toprakların biyolojik özellikleri üzerine olumlu etkilerde bulunduğu birçok araştırmayla ifade edilmiştir (Humik Maddeler, 2007).

Doğada çok nadir bulunan ve çok ince damarlar şeklinde oluşan bazen de linyit damarlarının üst tabakalarında rastlanan ince leonardit damarları konvansiyonel madencilik yöntemleriyle üretilmektedir. Ocaktan üretilen tüvenan maden %30–40 nem içermektedir. Leonardit madeni tesiste doğal ortamda oda sıcaklığında havada kurutulmaya bırakılmaktadır. 60 °C üzerinde sıcaklıkta mekanik kurutma, hümik

asitlerin zincir ve halka yapılarını bozacağından tercih edilmemektedir. Havada kurutma, eleme ve kırma işleminden sonra oksidasyon, gravite seperasyon, aşındırıcı öğütme ve homojenizasyon işlemlerinden geçirilerek torbalanmaktadır.

2.2 Leonarditin Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri

Leonarditin hümik asit içeriği metamorfizma ve hümifikasyon derecesine bağlı olarak %20–80 arasında değişmektedir. %25–40 nem içermektedir. PH değeri 3–5 arasındadır. Kurutularak nemi %15–20 seviyelerine düşürülebilmektedir. 0–3 mm boyutlarında öğütülmüş olarak kullanımı önerilmektedir (Leonardit ve Özellikleri, 2012).

Siyah-kahverengi görümlü, elle kolaylıkla ufalanabilecek sertliktedir. Orijinal bazda %30–40 nem içermektedir. Kurutma işlemi sonucu nem oranı %15–20 seviyelerine düşürülebilmektedir. Yoğunluğu 0,75–0,85 gr/cm³'dür. pH değeri 3–5, %1 lik KOH solüsyonunda çözünürlüğü yüksek, suda çözünürlüğü ise düşüktür. Çözeltisi siyah parlak renkte, köpüksü, kolloidal ve yağsı görünümündedir. pH değeri 8–9 olan toprakla hazırlanan satürasyon çamurunda kolay çözünmektedir (Leonardit ve Özellikleri, 2012).

“TÜBİTAK/ Enstrümantal Analiz Laboratuvarında yapılan Organik madde elementel analiz değerleri ile American Colloid Company deney standardı çözünebilir hümik asit miktarı tayini ve kimyasal analiz değerleri Tablo 2.1’de yer almaktadır (Humik Maddeler, 2007).

Tablo 2.1 Orfe Teknik Ltd. ürünü Agrohum'un analiz değerleri (Humik Maddeler, 2007).

Karbon (C)	% 30,7	Hümk asitler	% 65-85
Hidrojen (H)	% 2,4	Nem	% 15-20
Azot (N)	% 1,7	Toplam Organik Madde	% 86
Kükürt (S)	% 1,5	Kalsiyum (Ca)	% 1,2
Oksijen (O)	% 34	Magnezyum (Mg)	% 0,12
C/N	18,3	Fosfat (P)	% 0,05
		Potasyum (K)	% 0,76
		Demir (Fe)	% 1,85



Şekil 2.1 Uşak Bölgesi leonarditleri

Leonardit ile ilgili bilimsel çalışmalar çok yeni olması dolayısıyla teknik olarak çok net bir sınıflandırma bulunmamaktadır. Tablo 2.2’de leonardit kalite sınıflandırması verilmiştir.

Tablo 2.2 Leonardit kalite sınıflandırması (Humik Asit, 2007)

Kompozisyon	Düşük Kalite	Orta Kalite	Yüksek Kalite
Hümik asit içeriği %	20–50	50–65	65–85
Organik madde miktarı %	Minimum 35	Minimum 50	Minimum 65
pH değeri	6,5±1	5,5±1	4±1
C/N	21±1	19±1	17±1
Özgül ağırlık(gr/cm ³)	1,4±0,1	1,2±0,1	0,8±0,1
Bazık solüsyonda çözünürlük	Düşük	Orta	Yüksek

2.3 Leonardit ve Türevlerinin Kullanım Alanları

Leonardit, humik asit konsantresi (humat) üretiminde ana hammaddedir. Ayrıca organik tarımda toprak kondisyonlayıcısı olarak kullanılmaktadır. Leonarditin ve türevlerinin diğer kullanım alanları şunlardır:

- Derin sondajlarda, sondaj çamuru katkı maddesi olarak (viskozite kontrolünde yayıcı-itici)
- Sanayi artıklarının kirlettiği toprağın ve bunların oluşturduğu bataklıkların tümüyle temizlenmesi ve ıslah edilmesinde, buralardaki kötü kokuların giderilmesi amacıyla
- Zengin organik kolloidal mineraller içermesi nedeniyle, hayvan yemi katkı maddesi olarak
- Hava ve su filtre sistemlerinde
- Denizlerdeki petrol kirlenmeleri ile sulardaki radyoaktif kirlenmelerin temizlenmesinde
- İnsanlar için üretilen vitamin hapları ile ilaçlarda
- Kozmetik sektöründe

Yukarıda belirtilen kullanım alanlarının dışında, özellikle kozmetik ve ilaç sektörü başta olmak üzere leonardit ve türevlerinin yeni kullanım alanlarının bulunması yönünde araştırmalar sürmektedir.

2.4 Türkiye’de Leonardit ve Kullanım Alanları

Önemli bir humik ve fulvik asit kaynağı olan leonardit alternatif tarımın ürettiği toprak düzenleyicilerde kullanılan diğer organik madde kaynağıdır. Üretimde kullanılan leonarditin organik madde düzeyi %50 üzerinde olup %40 düzeyinde humik asit içermesi önemli bir avantaj sağlamaktadır. Ayrıca uygun pH (%6.5) düzeyi ve tuzsuz olması leonarditin tarımsal açıdan kullanımında büyük yararlar sağlamaktadır (Leonardit, 2007).

Tamamen organik kökenli olan ve oluşumu yüzbinlerce yıl alan leonardit, toprağa organik madde dışında humik ve fulvik asit sağlayarak toprağın kimyasal ve fiziksel kalitesini olumlu yönde geliştirmektedir. Leonardit özellikle Türkiye gibi toprakları kireççe zengin ortamlarda sağladığı organik asitlerle bitki besin maddelerinin alımını arttırmaktadır. Başka bir ifadeyle topraklarımızda yıllardır yanlış gübreleme sonucu birikmiş olan fosfor, potasyum gibi besin elementlerini çözerek bu besin elementlerinin alımını sağlamaktadır. Leonardit yüksek su tutma kapasitesi nedeniyle sulama suyunun topraktan hemen uzaklaşmasını engelleyerek düşük su tüketimini sağlamaktadır (Leonardit, 2007).

2.4.1 Leonarditin Tarımda Kullanımı

Leonarditler genç kömürler olduklarından ve bu nedenle de bünyelerinde karbonil, karboksil ve eter grupları halinde fazla miktarda oksijen bulundurdıkları için, bu tür kömürlerden bitümlü kömürlere kıyasla organik gübre üretimi daha kolay olmaktadır.

Linyit kömürü yatakları üzerinde yanmayan, kömürleşmesini tamamlayamamış gri-siyah renkteki toprak katmanının ihtiva ettiği karbon ve hüminler topraktaki mikro organizmalar tarafından humusa dönüştürülerek doğal bir şelatlama maddesi haline gelirler. Leonarditle toprak yapısında fiziki iyileşmenin yanı sıra kimyasal ve biyolojik iyileşme de sağlanır.

Günümüzde leonardit kayaçlarından elde edilen sıvı, toz, granül formlardaki hümik asitler, leonarditin özü olup, hem bitki gelişim düzenleyicisi hem de toprak ıslah maddesi olarak ticari boyutta pazarlanmaktadır. Hümik asitler toprağın çabuk ısınmasını, su tutma kapasitesinin, içerdiği mikroorganizma sayısının artmasını ve topraktaki bitkinin alamayacağı formdaki bitki besin maddelerinin bitki tarafından alınmasını sağlarlar. Ayrıca bitki bünyesinde de yararları vardır.

Leonarditin tarımda kullanımı, katı (granül ya da pelet) veya leonarditin ekstraksiyonu ile elde edilen humatları (sıvı veya toz) olmak üzere iki şekilde olmaktadır.

2.4.1.1 Katı (Granül veya Pelet) Kullanım

Leonardit, kırılması, öğütülmesi, elenmesi, içerisindeki yabancı maddelerin temizlenmesi ve kurutulup suyunun alınması için, çeşitli işlemlerden geçirilir. Homojenizasyon işleminden de geçirildikten sonra torbalanıp tarlaya iletilen leonardit (toprağın, bitkinin ve leonarditin türü ve özelliklerine göre değişen oranlarda) toprakla karıştırılır.

2.4.1.2 Humat Olarak (Sıvı veya Toz) Kullanım

Leonardit, potasyum hidroksit ile reaktör adı verilen makinelerde kimyasal işleme sokularak ham sıvı hümik asit elde edilir. Homojenizasyon ve filtrasyon işlemlerinden geçirilen sıvı hümik asit ya şişelenip satılır ya da konsantre işlemine tabi tutularak kurutulup toz haline getirilerek paketlenip satışa sunulur.

Sıvı ya da toz hümik asitler (toz humatlar suda tamamen eriyebilme özelliğine sahiptir) sulama suyuna karıştırılarak kullanılabileceği gibi, yapraktan da uygulanabilir. Katı leonardit veya humatları tarımda tek başına kullanılacağı gibi doğal veya kimyevi gübreler ile karıştırılarak da kullanılırlar.

2.4.2 Toprak Destekleyici Olarak Kullanılan Leonarditin Fiziksel, Kimyasal ve Biyolojik Etkileri

Tarımda toprak destekleyici olarak kullanılan leonarditin toprak üzerinde çeşitli fiziksel, kimyasal ve biyolojik etkileri bulunmaktadır.

2.4.2.1 Leonarditin Fiziksel Etkileri

Leonarditin toprağa fiziksel etkileri şunlardır:

- Ağır bünyeli killi topraklarda uygun bir havadar bitki kök bölgesi meydana getirerek gevşek ve geçirgen bir toprak yapısının oluşması sonucunda gerekli miktardaki suyun toprak tarafından tutulup fazlasının akıp gitmesini ve toprak işlemlerini kolaylaştırır.
- Hafif bünyeli kumlu, milli-kumlu topraklarda su tutma kapasitesini artırır, gıdaların yıkanıp yitmesini önler.
- Ağır bünyeli marnlı (killi ve kireçli) topraklarda toprağı kabartır ve havalandırır.
- Toprağın parçalanmasını ve havalanmasını sağlar.
- Toprağın çatlamasını ve erozyonu önler.
- Su tutma kapasitesini artırarak kuraklığı önler.
- Siyah rengi ve yapısı nedeniyle güneş enerjisinin emilmesini ve bitki besin maddelerinin, bitki tarafından alınımını sağlar.
- Güneş ışınlarını emerek ısı enerjisine çevrilmesi, mikroorganizma faaliyetlerinin artması nedeniyle pestisid, herbisit, fungusit gibi zararlı ve zehirli maddelerden temizlenmesini sağlayarak etkisini azaltır (Leonarditin Fiziksel, Kimyasal ve Biyolojik Etkileri, 2007).

2.4.2.2 Leonarditin Kimyasal Etkileri

Leonarditin toprağa kimyasal etkileri şunlardır:

- Topraktaki makro ve mikro elementlerin bitki kök bölgesinden uzaklaşmasını engeller. Yarayışlı hale getirirerek doğal şelatlama yapar.
- Toprağa uygulanan bitki besin maddelerinin (N, P, K, Mg, Ca, Zn, Fe, Cu, Mn, B vb.) alınabilir şekle dönüştürerek alınımını en yüksek düzeye çıkartır
- Toprağın pH'sını düzenleyerek asidik ve bazik toprakları nötr seviyesine getirir.
- Topraktaki antagonistik etkileri mümkün mertebe azaltarak gıdaların alınabilirliğini sağlar.
- Toprağa uygulanan azotun yitip gitmesini engelleyerek bitkiye kademeli bir şekilde verir.
- Katyon değişim kapasitesine sahiptir.
- Suda erimeyen kalsiyum karbonatı (Kireci) parçalayıp suda erir forma yani kalsiyum bikarbonat haline dönüştürür. Açığa çıkan karbondioksiti de fotosentezde kullanır.
- Topraktaki demirin alınabilir hale getirerek doğal şelatlama yapar (Leonarditin Fiziksel, Kimyasal ve Biyolojik Etkileri, 2007).

2.4.2.3 Leonarditin Biyolojik Etkileri

Leonarditin bitkiye olan biyolojik ve fizyolojik etkileri şunlardır:

- Klorofili ve fotosentezi artırır.
- Bitkideki enzimleri uyarır.
- Bitkideki hormon faaliyetlerini etkileyen azotun uygun bir forma dönüştürmesi neticesinde sitokin hormonlarının faaliyete geçmesini teşvik ederek kök ve çiçeklenmeyi artırır. Ayrıca bitki fizyolojisinde dengeyi bozan diğer hormonları baskı altına alır.

- Topraktaki mikro floranın sağlanması nedeniyle faydalı mikro organizmaların artmasına yardımcı olarak bitki hastalıklarına antagonist etki yaparak hastalıklarının çoğalmasını baskı altına alır.
- Topraktaki zararlı zehirli maddelerin engellenmesi nedeniyle toprağa uygulanan faydalı sporların artmasına yardımcı olur. Kök bölgesindeki salgıları teşvik ederek bu gibi sporların beslenmesine yardımcı olur ve çoğalmasını sağlar.
- Bitkide köklenmeyi artırır. Kök salgısının ihtiyacı olan karbonu sağlar.
- Aminoasitlerin oluşmasını teşvik ederek meyvede kuru madde oranını artırır.
- Gıdaların alımını arttırdığı için bitkideki kloroza sebep olan demirin alımını arttırarak filiz patlaması sağlar. Demir, hareketsiz bir element olması ve merkez atomu olması nedeniyle problemlili bir elementtir.
- Fidelerin daha hızlı büyümesini sağlayarak, hücre bölünmesini artırır.
- Ürünlerin pazar değerlerini artırır (Leonarditin Fiziksel, Kimyasal ve Biyolojik Etkileri, 2007).

2.5 Humik Maddeler

Leonarditten elde edilen humik maddeler; humin, humik asit, fulvik asit ve hymatomelanik asittir. Hümin, humik maddelerin asit ya da alkali her hangi bir pH değerinde suda çözünemeyen bir bölümüdür. Moleküler yapıları çok büyüktür. Hümik maddeler içinde parçalanmaya en dayanıklı olandır. Humik asitler; topraktan elde edilen ana bileşiklerdir. Koyu kahve-siyah renklidirler. Doğal olarak oluşan humik asit moleküllerine bağlı 60'ı aşan farklı iz element çeşitli canlı organizmaların kullanımına hazır olarak bulunmaktadır. Fulvik asitler; tüm PH koşulları altında suda çözünür formda olan humik maddelerin bir bölümüdür. Fülvik asitlerin renkleri açık sarı-sarı kahverengidir. Ulmik asitler ise; humik fraksiyonunun alkolle çözünen kısmı ise ulmik asit veya hematomelanik asit olarak isimlendirilmektedir (Stevenson, 1982).

Humik asit eldesi konusundaki ilk çalışmalar, 1786 yılında turbanın alkali ile ekstraksiyonu ile elde edilmiş ekstraktın asit ile muamelesi sonucu, Achard

tarafından yapılmıştır. Achard, ekstraktın asit ile muamelesi sonucu çok miktarda humik asitin dibe çöktüğünü gözlemlemiştir (Stevenson, 1982).

Saussure 1786 yılında, topraktaki koyu renkli bu organik materyali toprağın Latincesi olan humus terimi ile adlandırmıştır. Saussure humusu, zengin C elementi, daha fakir H ve O elementi içeren türetilmiş bitki malzemesi olarak tanımlamıştır (Stevenson, 1982).

1822 yılında Döbereiner, topraktaki bu organik materyali “Humussäure” veya “humus asit” olarak adlandırmıştır. Bu terim daha sonra Waksman tarafından “humik asid” olarak adlandırılmıştır (Stevenson, 1982).

Humik içerikler hakkında ilk kapsamlı çalışma Sprengel tarafından yapılmıştır. Sprengel humik asit eldesi hakkında genel olarak kabul görmüş pek çok prosedür geliştirmiştir. Bu çalışmalar genellikle alkali ekstraksiyonları üzerine olmuştur. Daha sonra İsveçli bilim insanı Brezilus ve Rus araştırmacı German, humik asit yapısı üzerine detaylı çalışmalar yapmışlardır (Stevenson, 1982).

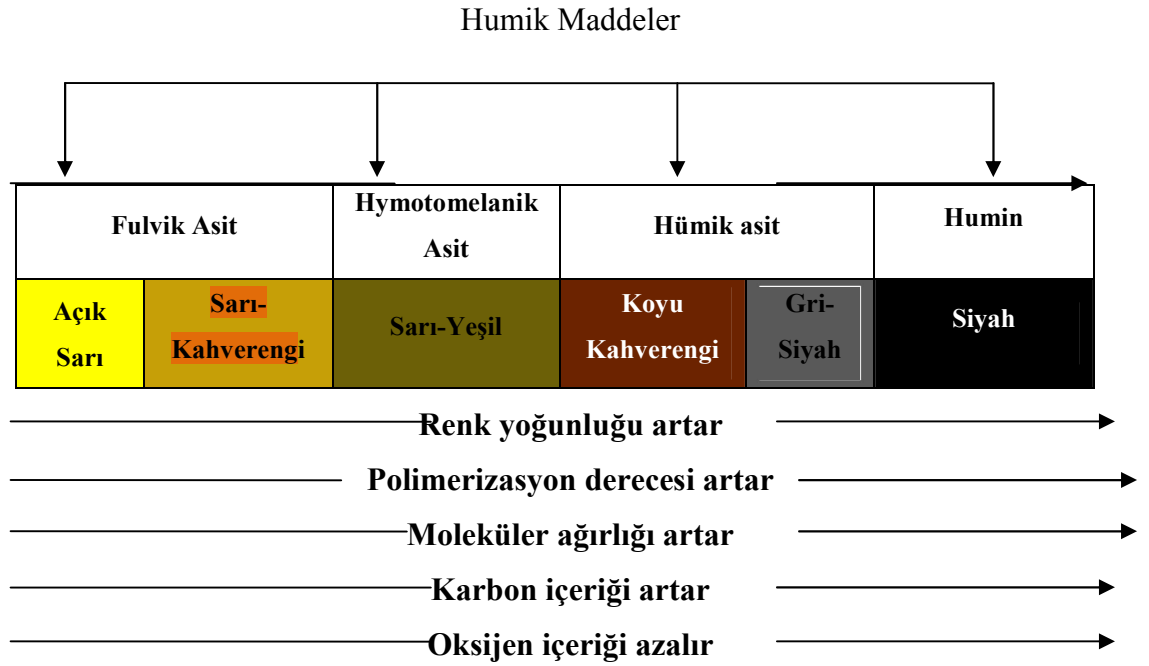
1900-1940 yılları arasında, Odeon humik içerikleri; humus coal, humik asit, hymotomelanik asit (ulmik asit) ve fulvik asit olarak sınıflandırmıştır (Stevenson, 1982).

Son yıllarda ise, humik asit sınıflandırmaları üzerine detaylı çalışmalar yapılmaktadır. Humik maddelerin çeşitli kullanım alanları araştırılmakta ve bu konulardaki çalışmalar sürdürülmektedir.

2.5.1 Humik Maddelerin Genel Özellikleri ve Sınıflandırması

Toprak organik maddesi; canlı, cansız ya da çürümüş (dekompoze) olan tüm organik maddeleri içeren bir terimdir. Tamamen çürümüş olan organik yapılar humus olarak adlandırılmaktadır. En iyi humus kaynağı dekompoze olmuş bitki ya da kompost materyallerdir. Yüksek humik asit içeriğine sahip humatlar da uzun süreli

ve iyi bir humus kaynağıdır. Şekil 2.2’de humik maddeler ve kimyasal özellikleri verilmiştir.

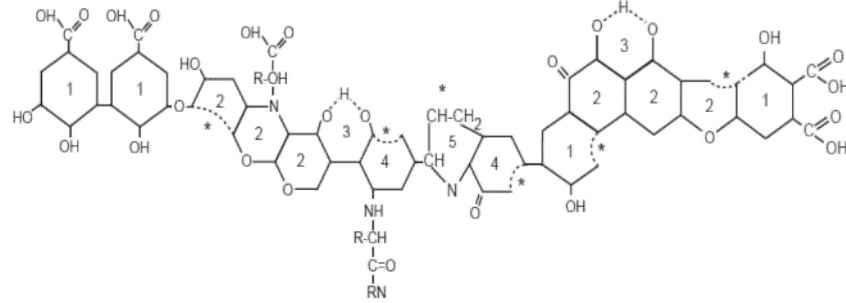


Şekil 2.2 Humik maddelerin kimyasal özellikleri (Stevenson, 1982).

2.5.1.1 Humik Asit

Hümik maddesi, bitkilerin ve hayvansal maddelerin mikroorganizmalarının biyolojik aktiviteleri ile hümikleşmesi ile oluşmaktadır. Doğal bir hümik maddesinin biyolojik merkezi ve ana (damıtık) maddesi, hümik asit ve fulvik asit içeren hümik asitlerdir. Hümik asitler bitkilere ve toprağa gerekli olan yüksek dozlarda doğal ve organik besinli gıda ve vitamin vermenin mükemmel bir yoludur. Doğal olarak toprakta, taze sulara ve turbada bulunan karmaşık moleküllerdir. Hümik asitlerin en iyi kaynağı genellikle leonarditte bulunan yumuşak kahverengi kömürün çökelmiş tabakalarıdır. Bu tabakalarda hümik asitler yoğun olarak bulunmaktadır. Leonardit henüz kömür durumuna erişmemiş ve yumuşak kahverengi kömürden sahip olduğu yüksek oksidasyonla, kömür oluşum işleminin (turba>linyit>taşkömürü) sonucunda yüksek hümik asit içeriğiyle ve yüksek karboksil grupları ile ayrılan organik bir maddedir.

Humik asit, seyreltik alkali çözeltide çözünür fakat alkalın ekstaktin asitleştirilmesi ile çökmektedir. Humik asitin moleküler yapısı Şekil 2.3’de verilmiştir.



Şekil 2.3 Humik asitin molekül yapısı (Stevenson, 1982).

Hümik asitler koloidal yapıdadır. Partikül büyüklüğü 20-70 nanometredir. Hidrofilik özellik göstermesi nedeniyle iyi bir su tutucudur. Ayrıca köpürme özelliğine sahiptir. Yüzey gerilimi de yüksektir. Hammadde kaynağına ve elde etme yöntemine bağlı olarak molekül ağırlığı 300-90000 arasında değişmektedir. Tarımda küçük molekül ağırlıklı olanlar tercih edilmektedir. Kimyasal formülü $\text{CHO}(\text{OCH})\text{COOH}(\text{OH})\text{C}=\text{NRCOOH}$ olarak verilmektedir. Sodyum potasyum gibi alkali elementlerle yaptığı bileşik suda çözünür. Kalsiyum, baryum gibi toprak alkali bileşikleri ise çözünmezler. Geçiş elementleriyle ise şelat oluştururlar. Bu özellikleri nedeniyle tarımda yaygın kullanım alanı bulmuştur (Stevenson, 1982).

Hümik asit gübre değildir. Fakat gübrenin çok önemli bir tamamlayıcısıdır. Gübre bitkiler için besleyici bir kaynaktır. Hümik asit besinlerin topraktan bitkiye gitmesine yardımcı olmaktadır (Stevenson, 1982).

Organik gübrelerle karşılaştırıldığında, leonardit hümik asit içeriği açısından oldukça zengindir. Leonardit, 70 milyon yılda tamamlanan humifikasyon işleminin sonunda ortaya bir üründür, turbanın oluşum süresi ise yalnızca birkaç yılda tamamlanmaktadır. Leonardit’in moleküler yapısı nedeniyle aşırı derecede bioaktif olması leonardit ile hümik asidin diğer kaynakları arasındaki farktır. Bu biyolojik

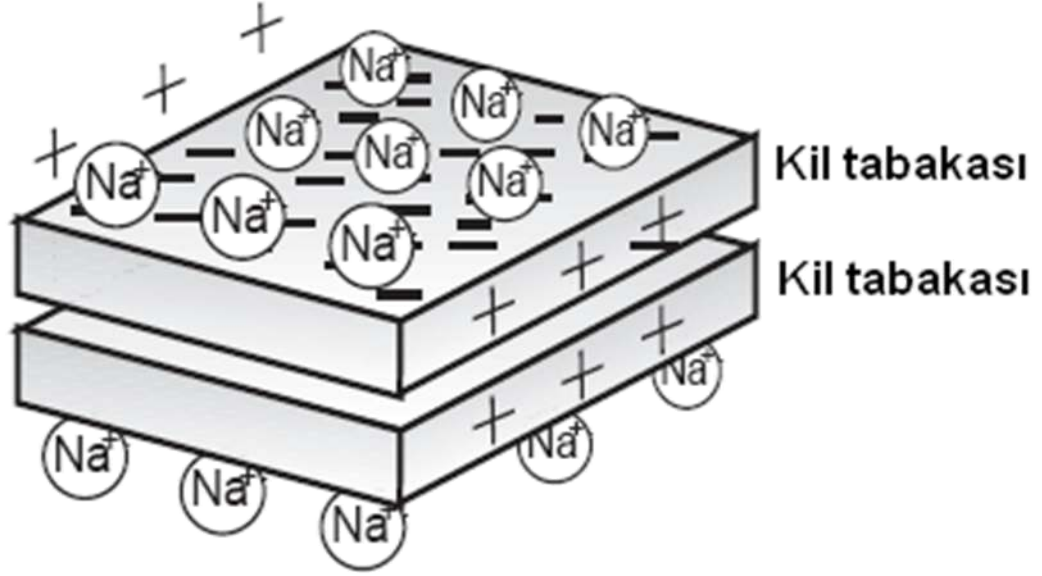
aktivite diğer hümik maddelerden 5 kat daha fazladır. Örnek olarak bir kilogram leonardit diğer organik kaynaklı hümik asitlerin 5 kilogramına tekabül etmektedir.

Tablo 2.3 Doğal kaynakların hümik ve fulvik asit içerikleri (Humik Maddeler, 2007).

Doğal Kaynaklar	Hümik ve Fulvik Asit İçerikleri (%)
Leonardit/Humus	40–85
Siyah Turba	10–40
Çürük Balçık Kömürü (Sapropel)	10–20
Kahverengi Kömür	10–30
Hayvan Gübresi	5–15
Bileşik	2–5
Katı	1–5
Sulu Çamur	1–5
Sert Kömür	0–1

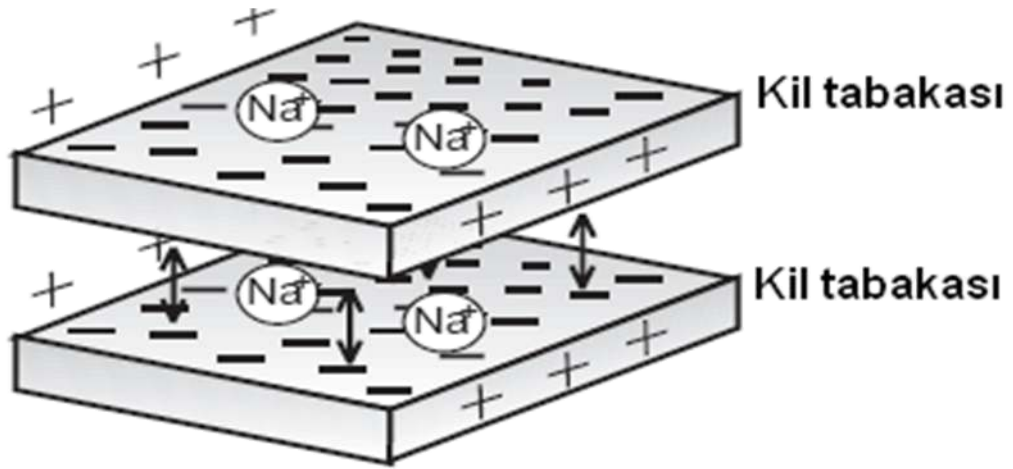
Leonardit, dolayısıyla da humik asit gübre değildir. Toprak için koşullandırıcı ve bitkiler için biyokatalizör ve biyo-uyarıcı görevi görmektedir. Diğer organik ürünlerle karşılaştırıldığında, leonardit bitki gelişim (özellikle hacmini) verimliliğini arttırmaktadır. Leonarditin bir diğer avantajı humik asitin uzun süreli etkisidir. Hayvan gübreleri, çürümüş yaprak v.b. ile karışık gübreler ve turbalar gibi kolayca tükenmemektedir. Humik asit, tamamen ayrıştığından, bitkilerle nitrojen gibi besleyici yarışına girmez. Tam olarak ayrışmayan gübreler için durum farklıdır çünkü bu durumda topraktaki organik maddeler mikroorganizmalar tarafından düzenli olarak tüketilecektir. Leonardit tabanlı ürünler toprağın değerini 5 yıl boyunca artırır (Humik Asit, 2007).

Hümik asit bitki gelişimini farklı yollarla sağlamaktadır. Topraktaki kil tabakaları Şekil 2.4'teki gibi kat kat sıralanmaktadırlar. Yüksek kil içerikli topraklar çok yoğun ve sıkı olmaktadır. Bu nedenle bitkilerin kök salması çok zor olmaktadır (Humik Asit, 2007).



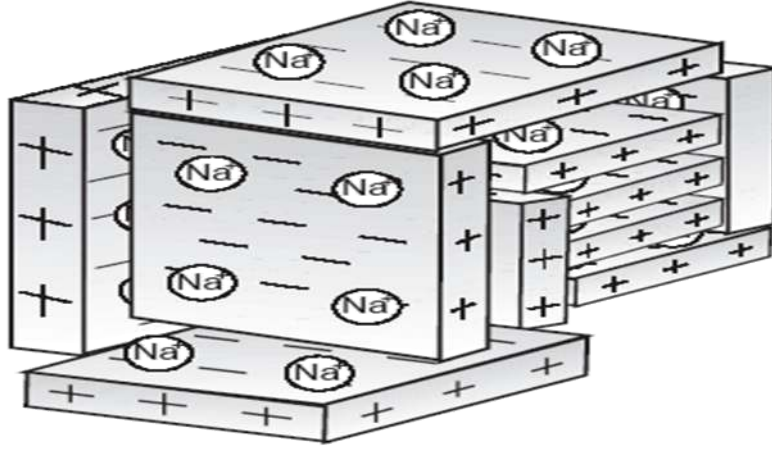
Şekil 2.4 Kil tabakalarının yapısı (Humik Asit, 2007).

Zemindeki tuz parçacıkları kil parçacıklarını geri püskürterek negatif elektrik yükünü Şekil 2.5'teki gibi nötralize etmekte bitkinin gelişimini sağlamaktadırlar.



Şekil 2.5 Aşırı tuzun, kil tabakalarını birbirine doğru çekmesinin engellenmesi (Humik Asit, 2007).

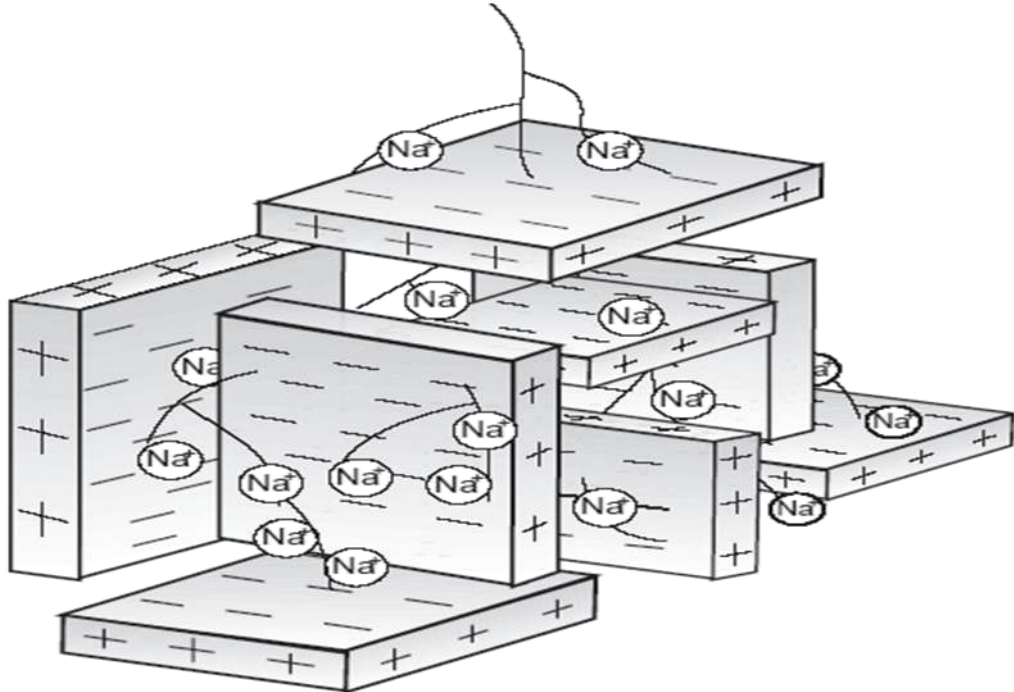
Kil tabakasının kenarındaki pozitif yüklerle diğer tabakanın kenarındaki negatif yükleri Şekil 2.6'daki gibi birleştirmektedir



Şekil 2.6 Kil sıkıştırması (Humik Asit, 2007)

Hümik asit kil parçacıklarının sonda durmasını sağlayarak su penantrasyonuna izin vermektedir. Bunu iki yolla yapmaktadır.

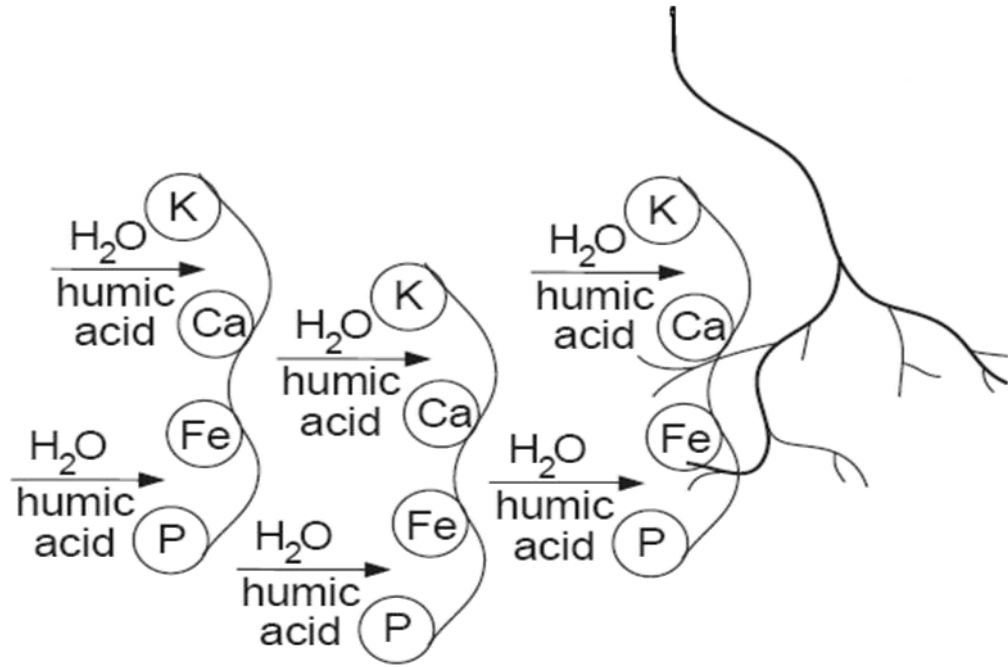
- Tuzları ayırır ve kil parçalarının yüzeyinden uzaklaştırır.
- Hümik asit içindeki karbon molekülleri pozitif yük parçacıklarının kenarıyla bağlanır bu sayede parçacıkta oluşan negatif ve pozitif yük yüzeylerini Şekil 2.7'deki gibi birbirinden ayırmaktadır.



Şekil 2.7 Hümik asitin negatif ve pozitif yüklü yüzeyleri ayırması ve su penantrasyonu (Humik Asit, 2007)

Bu olay koruyucu gevşek toprak olarak adlandırılmaktadır ve köklerin killi zeminlerde daha fazla asit etkisinin penantre olmasını sağlamaktadır. Yüksek killi topraklarda toprağın fark edilebilir bir gelişme göstermesi için 6 ay veya daha fazla zaman gerekebilir (Humik Asit, 2007).

Hümik asit, katyon olarak adlandırılan pozitif iyonları bir koşul altında elde edebilir ve koşullar değiştiği zaman iyonlar serbest kalmaktadır. Serbest kalma özelliği de katyon değişim kapasitesi olarak adlandırılmaktadır. Hümik asit katyonları taşıyarak bitkilerin köklerinde ve dolaşım sistemlerinde absorbe olmalarını Şekil 2.8'deki gibi sağlayabilmektedir (Humik Asit, 2007).



Şekil 2.8 Gelişmiş besin değişimi (Humik Asit, 2007)

Besin transfer mekanizması tam olarak anlaşılmamasına rağmen, toprak bilimcileri bitkilerin suyu tutmasının ve hümik asitlerin kök sistemine taşınmasının besin transferi olayı ile ilgili olduğunu ortaya çıkarmışlardır (Humik Asit, 2007).

Hümik asit köke yakın hareket ettiğinde ve kökün negatif yükü asitin negatif yükünü geçtiği zaman kök sistemi negatif yüklü olmaktadır. Besinler, hümik asit

moleküllerinden ayrılmakta ve kökün zarından içeri girmektedirler(Humik Asit, 2007).

2.5.1.2 Fulvik Asit

Fulvik asitler, düşük moleküler ağırlıkları ve yüksek asitlikleri sayesinde humik asitten daha fazla çözünebilirler. Ayrıca herbisit taşınmasında da önemli bir rol üstlenirler. Öncelikle toprak ve sudaki bazı pestisitlerin taşınmasında ajan rolü oynarlar. İkinci olarak fulvik asitler, reaksiyon yetenekleri en fazla olan yüksek fonksiyonel grup içerikleri nedeniyle herbisitlerin kimyasal bozunmalarında katalizör görevi görürler (Stevenson, 1982).

Humik asit gibi alkali çözeltide çözünmekte ancak alkalın ekstraktın asitleştirilmesi sonunda çözeltide kalmaktadır (çökmemektedir). Yani hem seyreltik alkali hem de asit çözeltilerinde çözünebilir haldedir (Stevenson, 1982).

2.5.1.3 Hymatomelanik (Ulmik) Asit

Humik asitin alkolde çözünebilen fakat suda çözünmeyen kısmı hymatomelanik asit olarak adlandırılır. Rengi kır renginden (sarımtırak yeşil) griye doğru değişir (Stevenson, 1982).

2.6 Humik Asit Ekstraksiyonu

Humik asit ekstraksiyonu üzerine yapılan çalışmalar başlangıçtan bugüne kadar inorganik bileşiklerden organik bileşikleri ayırma temeline dayanmaktadır. Bu çalışmalarda en yaygın olarak kullanılan alkali 0.1-0.5 N NaOH'tir (Stevenson, 1982).

2.6.1 Humik Asit Ekstraksiyonu Üzerine Yapılan Çalışmaların Tarihçesi

Humik asit eldesi konusundaki ilk çalışmalar, 1786 yılında turbanın alkali ile ekstraksiyonu ile elde edilmiş ekstraktın asit ile muamelesi sonucu, Achard tarafından yapılmıştır. Achard, ekstraktın asit ile muamelesi sonucu çok miktarda humik asitin dibe çöktüğünü gözlemlemiştir (Stevenson, 1982).

Saussure 1786 yılında, topraktaki koyu renkli bu organik materyali toprağın Latincesi olan humus terimi ile adlandırmıştır. Saussure humusu, zengin C elementi, daha fakir H ve O elementi içeren türetilmiş bitki malzemesi olarak tanımlamıştır (Stevenson, 1982).

1822 yılında Döbereiner, topraktaki bu organik materyali “Humussäure” veya “humus asit” olarak adlandırmıştır. Bu terim daha sonra Waksman tarafından “humik asit” olarak adlandırılmıştır (Stevenson, 1982).

Humik içerikler hakkında ilk kapsamlı çalışma Sprengel tarafından yapılmıştır. Sprengel humik asit eldesi hakkında genel olarak kabul görmüş pek çok prosedür geliştirmiştir. Bu çalışmalar genellikle alkali ekstraksiyonları üzerine olmuştur. Daha sonra İsveçli bilim insanı Brezilus ve Rus araştırmacı German, humik asit yapısı üzerine detaylı çalışmalar yapmışlardır (Stevenson, 1982).

1900-1940 yılları arasında, Odeon humik içerikleri; humus coal, humik asit, hymotomelanik asit (ulmik asit) ve fulvik asit olarak sınıflandırmıştır (Stevenson, 1982).

Son yıllarda ise, humik asit sınıflandırmaları üzerine detaylı çalışmalar yapılmaktadır. Humik maddelerin çeşitli kullanım alanları araştırılmakta ve bu konulardaki çalışmalar sürdürülmektedir (Stevenson, 1982).

2.6.2 Humik Asit Ekstraksiyon Yöntemleri

Organik maddeleri kazanmada ekstraksiyonu yapılacak hammaddenin özelliklerine göre birçok değişik yöntem kullanılmaktadır. Örneğin; polar olmayan bileşikler için (yağ, parafin ve reçine gibi) hexan, eter, karbon tetraklorid, alkol benzen karışımları gibi çeşitli çözücüler kullanılmaktadır. Humik maddeleri kazanmada kullanılan yöntemlerin özeti Tablo 2.4'te verilmiştir (Stevenson, 1982).

Tablo 2.4 Humik maddeleri çözmede kullanılan reaktiflerden başlıcaları (Stevenson, 1982).

Humik maddeler	Ekstraktant	Ekstraksiyon Verimi %
	Kuvvetli bazlar	
	NaOH	80'e kadar
	Na ₂ CO ₃	30'a kadar
	Doğal tuzlar	
	Na ₄ P ₂ O ₇ , NaF	30'a kadar
	Organik asit tuzları	30'a kadar
	Organik şelatlar	
	Asetilaseton	30'a kadar
	Cupferron	30'a kadar
	8-hydroxiquinolin	30'a kadar
	Formik asit (HCOOH)	55'e kadar
	Aseton-H ₂ O-HCl çözücüsü	20'ye kadar

İdeal bir ekstraksiyon metodunda olması gereken özellikler şunlardır:

1. Metod, altere olmamış malzemenin izolasyonunu sağlamalıdır.
2. Ekstarkte olmuş humik maddelerin, kil ve çok değerlikli katyonlar gibi inorganik safsızlıklardan arınmış olması gerekir.
3. Ekstraksiyon sonunda, humik asit türevleri gerçek moleküler ağırlıklarında olmalıdır.
4. Metod genel olarak uygulanabilir olmalıdır.

Organik maddeleri kazanmada, genel olarak, NaOH ve Na₂CO₃ solüsyonlarının 0.1-0.5 N'lik sulu çözeltileri 1:2-1:5 g/ml ekstarktant oranında katı çözeltiliye uygulanır. Maksimum ekstraksiyon verimi elde etmek için ardışık ekstraksiyonlar gereklidir. Humik maddelerin alkalideki çözünabilirliği, asidik bileşenlerin iyonlara dönüşmesi ve oluşacak çözeltideki iki ve üç değerlikli katyonların çözünmemesi gerekir. Katı maddenin seyreltilmiş HCl ile liç işlemine tabi tutulması, kalsiyum ve diğer çok değerlikli katyonları katı maddeden söktüğü için, ekstraksiyon verimini arttırmaktadır. Genel olarak, 0.1-0.5 N NaOH ekstraksiyonlarında ekstraksiyon verimi yaklaşık %70 civarındadır (Stevenson, 1982).

Alkali ekstraksiyonlarındaki istenmeyen özellikleri organik maddenin yapısında aşağıdaki değişiklikleri meydana getirir (Stevenson, 1982):

1. Alkali çözeltiler mineral maddedeki silikatları da çözerek ekstraksiyon çözeltilisine alır.
2. Alkali çözeltiler, organik dokudan protoplazmik ve yapısal bileşiklerini çözerek humifikasyona uğramış organik maddelerle karışmasına neden olur.
3. Alkali şartlarda, ekstraksiyonda havayla temasın etkisiyle bazı organik yapılarda oksidasyon meydana gelir.
4. Kahverengileşme reaksiyonu esnasında, aminoasitler ve aromatik aldehyt ve kinonların arasındaki C=O gruplarının yoğunlaşmasıyla alkali solüsyonda kimyasal değişiklikler meydana gelerek humik tip bileşikler meydana gelir.

Son yıllarda güçlü alkaliler ile klasik ekstraksiyonlar yerine daha zayıf ve daha seçici alkaliler ile ekstraksiyonlar daha fazla tercih edilmektedir. Bunlara örnek olarak, sulu ortamda bileşik yapıcı tuzlar (Na₄P₂O₇ ve EDTA), sulu ortamda organik bileşik yapıcı maddeler (asetilaseton), HF içeren seyreltik asit karışımları ve çeşitli tiplerde organik çözücüler verilebilir. Organik maddede daha az alterasyonun sonucu olarak, bu ekstraktantlar organik maddelerin uzaklaştırılmasında alkali hidroksitlerden çok daha az etkilidirler. Alkali ekstraksiyon yapılması durumunda, ön işlem olarak katı maddenin seyreltik (HCL-HF karışımı) asit ile muamelesiyle, karbonat ve silikatları uzaklaştırmak mümkün olacaktır (Stevenson, 1982).

BÖLÜM ÜÇ

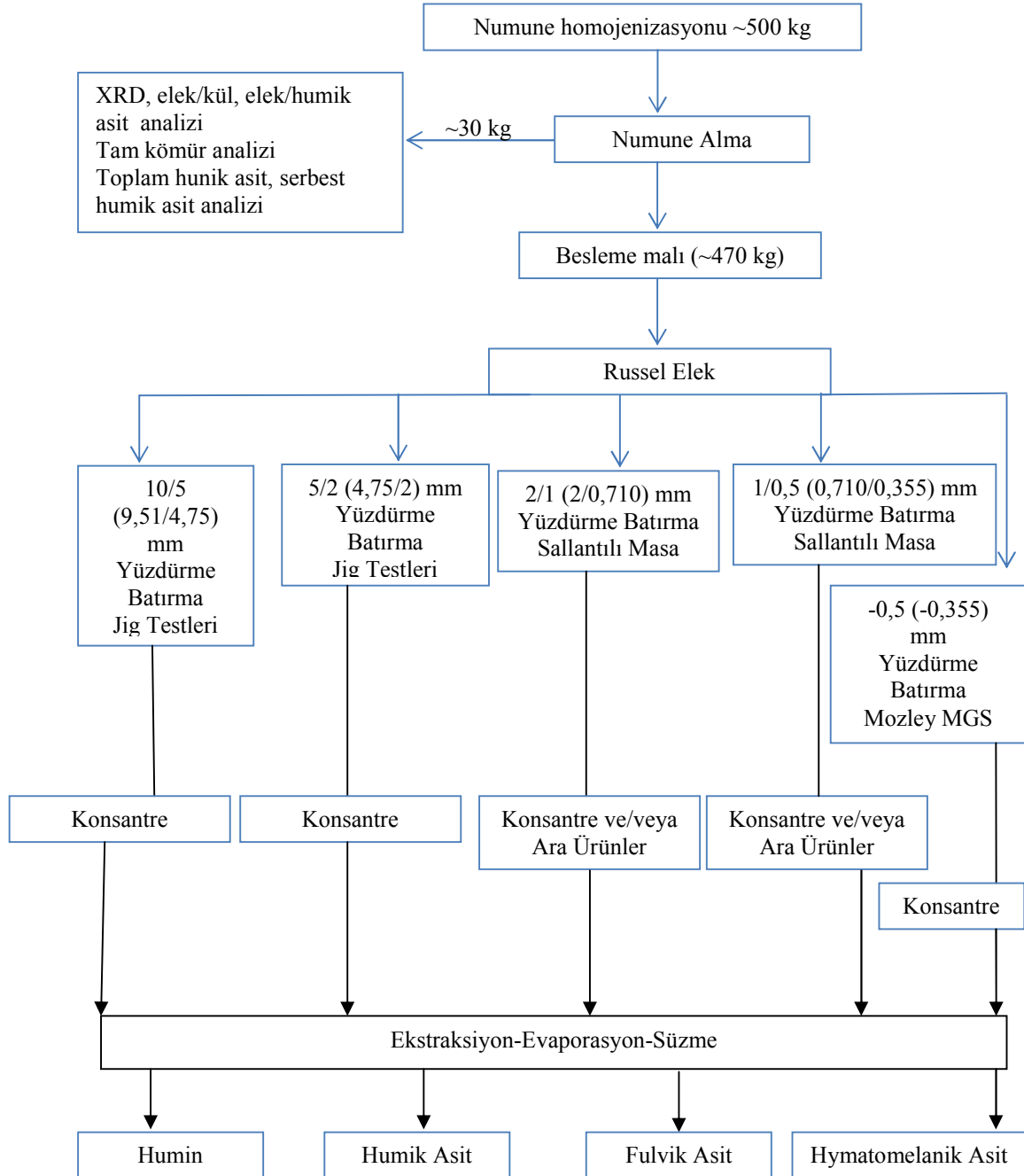
DENEYSEL ÇALIŞMALAR

3.1 Amaç ve Yöntem

Leonardit oluşumunu kısaca özetlemek gerekirse; linyit yataklarının üst kısımlarında linyitin okside olması sonucu oluşmuş bir organik madde olduğu söylenebilir. Ülkemizde bulunan linyit yataklarının çok fazla olduğu göz önüne alındığında ve her linyit yatağının potansiyel bir leonardit kaynağı olma ihtimali bulunduğu için bu yataklarda leonardit araştırması yapmak ülke madenciliği ve ekonomisi için büyük önem arz etmektedir. Türkiye leonarditlerinin değerlendirilmesi kapsamında yapılan deneysel çalışmalarda ana amaç; Soma, Niğde ve Meriç bölgesi leonarditleri baz alınarak, ülkemiz leonarditlerinin, kaynağından türevlerinin üretimine kadar genel bir akım şeması oluşturmaktır. Zira, bu akım şemasının çeşitli kademelerindeki konsantreler de endüstride kullanım alanı bulmaktadır.

Deneysel çalışmalarda izlenen yöntem çeşitli kademelerden oluşmaktadır. Numune alma kademesi olan birinci kademedede, o bölgeyi temsil edecek ve bölgenin çeşitli noktalarından en az 500 kg olacak şekilde tekniğine uygun numuneler alınmıştır. İkinci kademe, karakterizasyon işlemlerinden oluşmaktadır. Karakterizasyon çalışmalarında, numunenin fiziksel ve kimyasal özellikleri araştırılmış, tam kömür analizleri yapılmak suretiyle numunenin linyit veya leonardit olarak değerlendirilebilirliği irdelenmiştir. Bu kademe çalışmalarda yapılan yüzdürme batırma testleri sayesinde, numunenin teorik olarak konsantrasyonu araştırılmış ve irdelenmiştir. Üçüncü kademe çalışmalarda ise; her bölgeden alınan numune, zenginleştirme işlemleri ve ana malzemeye göre ağırlık yüzdeleri göz önüne alınarak sınıflandırılmış ve uygun zenginleştirme işlemleri ile konsantereler üretilmiştir. Zenginleştirme işlemlerinde konsantrelerin tarımda kullanılabilirliği düşünülerek, kimyasal madde kullanılmayan, yoğunluk farkına göre zenginleştirme yöntemleri seçilmiştir. Dördüncü ve son kademe çalışmalarında, bu konsantrelerden ekstraksiyon-evaporasyon-süzme prosesiyle, leonarditin türevleri üretilmiştir. Ekstraksiyon-evaporasyon-süzme prosesi öncesi yapılan zenginleştirme işlemleri

büyük önem taşımaktadır. Zira, Stevenson (1982)'nin vurguladığı gibi besleme malı içerisindeki mineral maddeler ekstraksiyon prosesinde büyük engel teşkil etmektedir. Bu çalışmalarda uygulanan genel akım şeması Şekil 3.1'de verilmiştir.



Şekil 3.1 Deneysel çalışmaların genel akım şeması

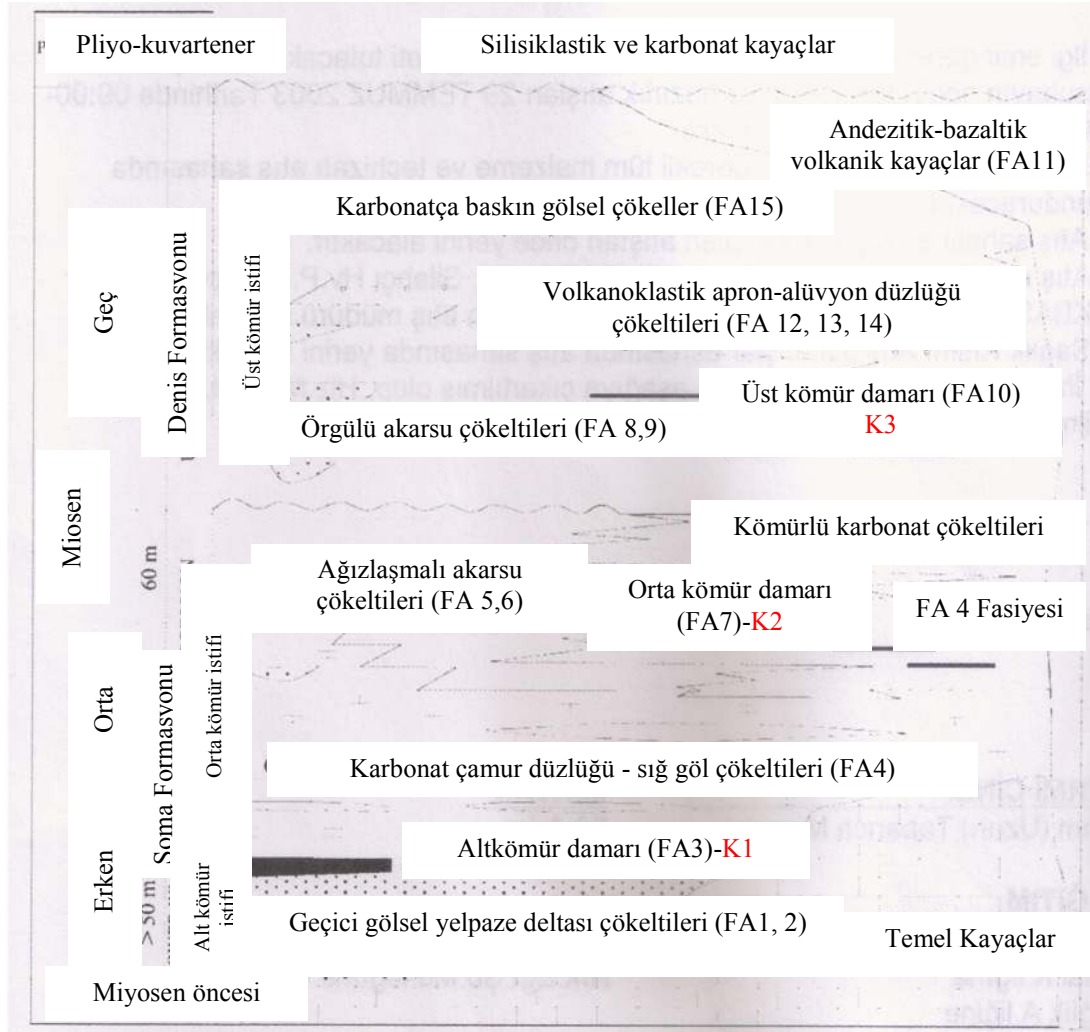
3.2 Karakterizasyon Çalışmaları

3.2.1 Soma Bölgesi Numune Karakterizasyonu

3.2.1.1 Soma Bölgesi Linyit Oluşumları

Batı Anadolu Soma Kömür havzasındaki miyosen alüvyal, flüvyal ve göl rezervleri alt, orta ve üst kömür zonları olmak üzere 3 bölgeden meydana gelir. İstifin toplam kalınlığı yaklaşık 900 m'dir. Bu kömürlü tortul istif birçok litofasiyes altında (FA1'den FA15'e) toplanmıştır. En alt bölüm (FA1'den FA3'e kadar), ortalama kalınlığı 20 m olan ve subbitümlü kömürlerden alüvyal gölsel ortam bataklık sisteminde oluşmuştur. Karbonatlı tatlı su ortamında oluşan orta kömür zonu (FA4'ten FA7'ye), göl, gölcük ve nadiren de orman bataklık sistemiyle oluşmuş karbonatlı kısımları da içine alan kömür yatağıdır. Volkanik fasiyeslerin bol olduğu (FA8'den FA15'e kadar) akarsu sistemine bağlı bataklık ortamlarında birikmiş allohton kömür yatağıdır (İnci, 2002).

Soma bölgesi kömür havzasının tortul fasiyes ilişkilerini gösteren stratigrafik kesit Şekil 3.2'de verilmiştir (İnci, 2002).



Şekil 3.2 Soma Bölgesi kömür havzasının dikey ve yanal fasiyes değişimi (İnci, 2002).

Soma Bölgesi ülkemizin en geniş linyit havzalarından olması sebebiyle karakterizasyon çalışmaları bu bölgede daha detaylı olarak yapılmıştır. Bölge, Deniz Bölgesi ve Soma Havzası olmak üzere 2 bölüme ayrılmış ve bu bölümlerden ikşer kez numune alınmıştır.

3.2.1.1.1 Deniz Bölgesi. Deniz Bölgesi karakterizasyon çalışmalarında, bölgedeki kömür havzası 5'e bölünerek numuneler alınmış ve humik asit analizleri yapılmıştır. Şekil 3.3'te verilmiş olan humik asit değerlerine göre üst kömür zonunun en üst bölgesi ile orta kömür zonunun en alt bölgesi leonardit oluşumunun sınırları olarak gözükmemektedir. Bu sınırlarda humifikasyon gerçekleşmiştir. Leonarditin en belirgin özelliğinin toplam humik asit oranı olduğu göz önüne alınırsa bu bölgedeki

oluşumlara leonardit deme olanağı bulunmaktadır. Şekil 3.4'te Deniş Bölgesi üst kömür zonunun fotoğrafı verilmiştir.

Deniş 2A THA=%18,45 SHA=%17,90
Deniş 2 B1 THA=%39,95 SHA=%37,86
Deniş 2 B2 THA=%38,84 SHA=%37,86
Deniş 2 C1 THA=%41,24 SHA=%31,39
Deniş 2 C2 THA=%21,07 SHA=%18,46

Şekil 3.3 Deniş Bölgesi (Soma) üst ve orta kömür zonları hüyük asit değeri



Şekil 3.4 Deniş Bölgesi üst kömür zonu

Şekil 3.4'te Deniş Bölgesi üst kömür zonunun fotoğrafı görülmektedir. Şekilde leonardit damarları kireç tabakalarının arasında bulunmaktadır. Bu leonarditlerin humik asit oranı yaklaşık %40'tır.

3.2.1.1.2 *Soma Kömür Havzası*. Soma Kömür Havzası'ndan alınan numunelerin humik asit analiz sonuçları Şekil 3.5'te verilmiştir.

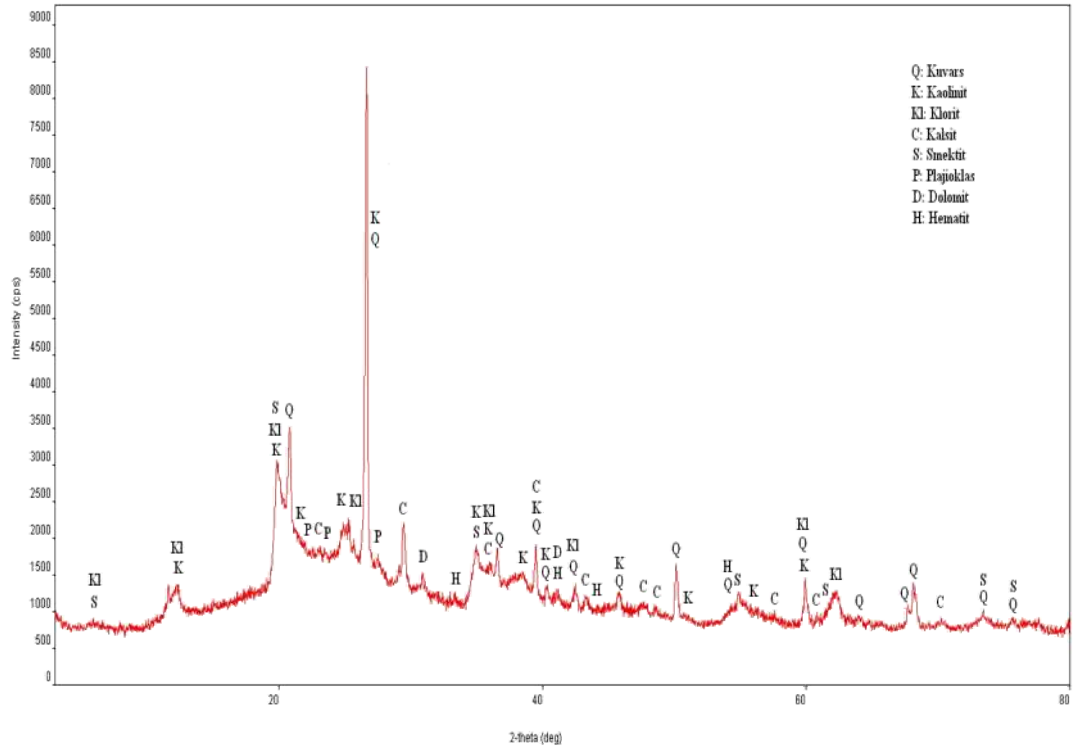
Soma K1 üst bölge geçiş zonu THA=%18,45 SHA=%17.90
Soma K1 üst bölüm (K2-1) THA=%32,25 SHA=%31,56
Soma K2 (K2-2) THA=%29,64 SHA=%27.14
Soma K3 THA=%18,30 SHA=%15,45

Şekil 3.5 Soma Kömür Havzası üst ve orta kömür zonları humik asit değerleri

Deniş Bölgesi numunelerinde olduğu gibi ortadaki zonlar daha yüksek humik asit değerlerine ulaşmaktadır. Bölge numunelerinin karakterizasyonu yapıldıktan sonra, numune alınan bölgeleri temsil edecek şekilde homojen bir besleme malı oluşturulmuştur.

3.2.1.2 *Besleme Malı XRD, Tam Kömür ve Humik Asit Analizleri*

Karakterizasyon çalışmaları kapsamında besleme malına XRD, kömür analizleri (nem, kül, kalori, toplam kükürt, külde kükürt, uçucu madde) ve toplam humik asit, serbest humik asit analizleri yapılmıştır.



Şekil 3.6 Soma Bölgesi homojenize edilmiş besleme malı XRD analiz sonuçları (Dokuz Eylül Üniversitesi Maden Mühendisliği Bölümü Laboratuvarı)

Besleme malı numunesi (okside olmuş linyit) amorf olduğundan dolayı XRD’de pik vermemektedir. Şekil 3.6’da verilen XRD sonuçlarına göre numunenin yan taşları belirlenmiş olup en çok kuvars, kaolinit görülmektedir. Kuvars ve kaolinitten sonra snektit minerali ve daha sonra da klorit ve hematittir. Besleme malında görülen kil minerallerinin varlığı zenginleştirme işlemleri ve ekstraksiyon açısından önemli olup muhakkak uzaklaştırılmaları gerekmektedir.

Soma Kömür Havzası çok geniş bir havza olduğundan, homojenizasyon işlemlerinin kontrolü amacıyla, besleme malı toplam, serbest humik asit ve toplam kömür analizleri yapılırken alınan numune kontrol amacıyla iki eşit parçaya ayrılmıştır. Besleme malı 1 ve 2 olarak etiketlenmiş olan bu numunelerin tam kömür analiz sonuçları Tablo 3.1’de verilmiştir.

Tablo 3.1 Besleme malı 1-2 numuneleri kömür analiz sonuçları

Besleme Malı 1					Besleme Malı 2				
	Orijinal Baz	Havada Kuru Baz	Kuru Baz	Saf Kömür	Besleme Malı 2	Orijinal Baz	Havada Kuru Baz	Kuru Baz	Saf Kömür
Nem %	7,87	6,66	-		Nem %	7,85	6,64	-	
Kül %	55,61	56,33	60,36		Kül %	55,72	56,45	60,47	
Uçucu Madde %	23,62	23,93	25,64	64,67	Uçucu Madde %	23,63	23,94	25,64	64,86
Sabit Karbon %	12,90	13,07	14,00		Sabit Karbon %	12,80	12,97	13,89	
Toplam	100,00	100,00	100,00		Toplam	100,00	100,00	100,00	
Yanar Kükürt %	0,34	0,35	0,37		Yanar Kükürt %	0,37	0,37	0,40	
Külde Kükürt %	0,88	0,89	0,96		Külde Kükürt %	0,84	0,85	0,91	
Toplam Kükürt %	1,22	1,24	1,33		Toplam Kükürt %	1,20	1,22	1,31	
Alt Isı Değeri kCal/kg	1385	1411	1554	3920	Alt Isı Değeri kCal/kg	1424	1450	1596	4037
Üst Isı Değeri kCal/kg	1527	1547	1659	4184	Üst Isı Değeri kCal/kg	1565	1586	1700	4301

Tablo 3.1’de besleme malı 1 ve besleme malı 2 değerlerinin birbirlerine çok yakın çıkması numune alma işleminin homojen olduğunu göstermektedir. Buna göre havada kuru bazda besleme malı külü % 56.39, toplam kükürdü % 1.23, alt ısı değeri ise 1430 kcal/kg’dır. Bu değerler numunenin kömür olarak kullanılamayacağını göstermektedir. Numunenin toplam humik asit (THA) ve serbest humik asit (SHA) değerleri Tablo 3.2’de verilmiştir. Tablo 3.2’deki toplam ve serbest humik asit analiz değerlerinin aritmetik ortalaması alınarak, Soma bölgesi numunesi besleme malı toplam humik asit değeri % 14.25, serbest humik asit değeri ise % 12.07 olarak belirlenmiştir.

Tablo 3.2 Besleme malı toplam ve serbest humik asit değerleri

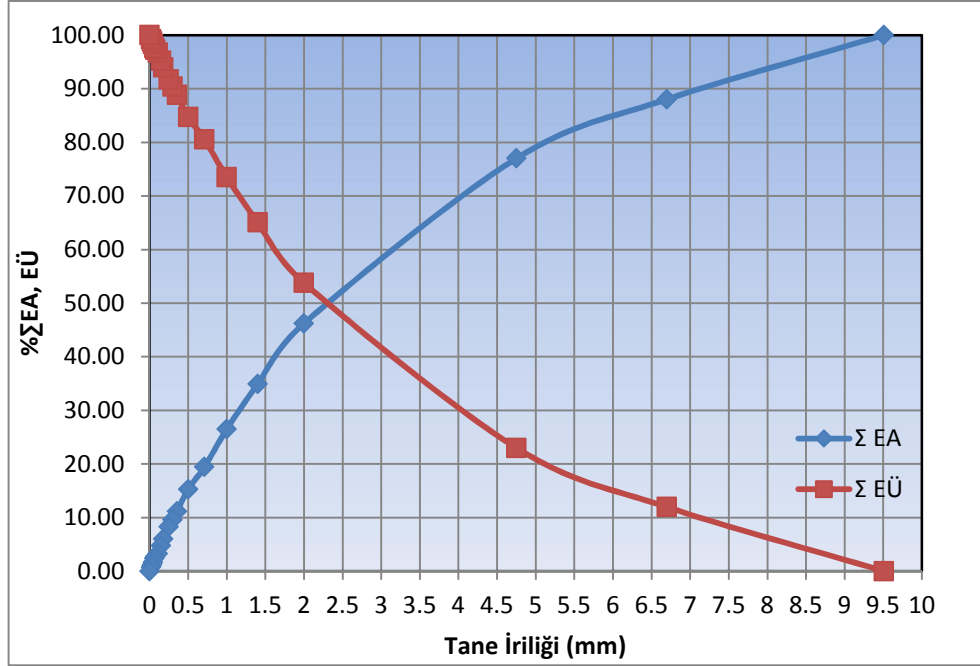
Besleme Malı 1		Besleme Malı 2	
THA	SHA	THA	SHA
14,83	12,56	13,67	11,58

3.2.1.3 Besleme Malı Tane Sınıflarına Göre Kül-Humik Asit Dağılımı

Homojenize edilmiş numuneye tane sınıflarına göre yapılmış olan kül-humik asit analiz sonuçları Tablo 3.3’te verilmiştir.

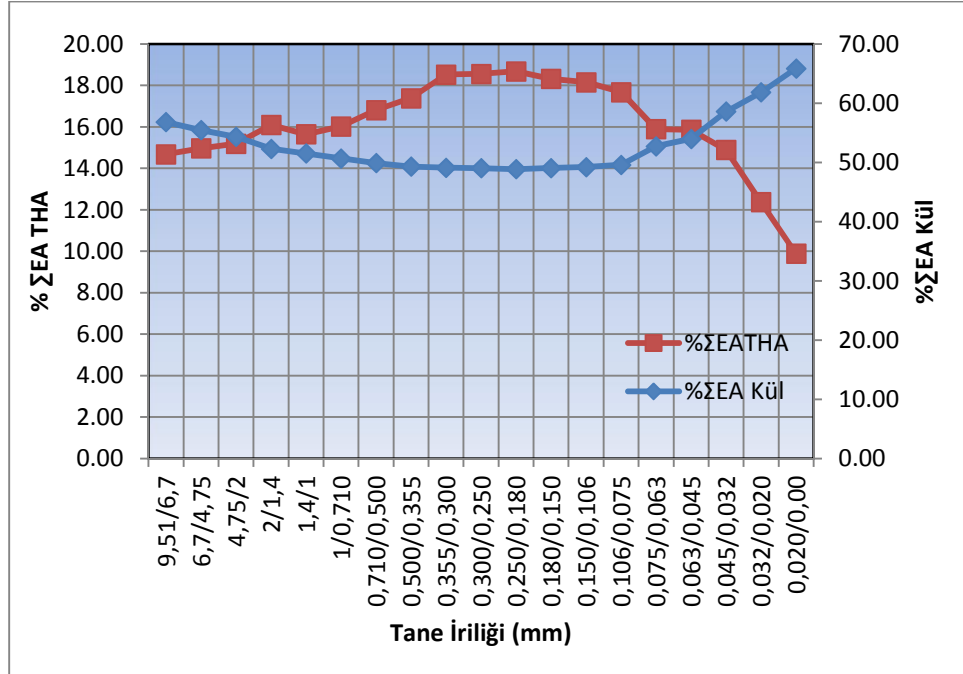
Tablo 3.3 Tane sınıflarına göre kül-humik asit dağılımı

Tane İriliği (mm)	Ağırlık (%)	Σ EA (%)	Σ EÜ (%)	Kül %	THA (%)	SHA (%)	Dağılım THA (%)	Dağılım SHA (%)	Dağılım Kül (%)	Σ Dağılım Kül (%)	Σ Dağılım THA (%)	ΣEA Kül (%)	ΣEATHA (%)
9,51/6,7	11,97	100,00	11,97	66,85	12,54	11,61	10,23	10,34	14,09	100,00	100,00	56,81	14,67
6,7/4,75	11,03	88,03	23,00	63,26	13,39	12,11	10,07	9,93	12,28	85,91	89,77	55,44	14,96
4,75/2	30,77	77,00	53,77	57,37	13,84	13,63	29,02	31,19	31,07	73,63	79,70	54,32	15,19
2/1,4	11,33	46,23	65,10	54,73	17,46	16,43	13,48	13,84	10,91	42,55	50,68	52,29	16,09
1,4/1	8,41	34,90	73,51	54,13	14,45	11,06	8,28	6,92	8,01	31,64	37,21	51,50	15,64
1/0,710	7,05	26,49	80,56	52,80	13,84	12,11	6,65	6,35	6,56	23,63	28,92	50,66	16,02
0,710/0,500	4,18	19,44	84,74	52,11	14,74	12,10	4,20	3,76	3,83	17,07	22,27	49,89	16,81
0,500/0,355	4,13	15,26	88,87	49,78	14,29	11,71	4,02	3,59	3,62	13,24	18,07	49,28	17,38
0,355/0,300	1,55	11,13	90,42	49,61	18,33	16,54	1,93	1,90	1,35	9,62	14,05	49,09	18,52
0,300/0,250	1,27	9,58	91,68	49,96	17,78	15,56	1,54	1,47	1,12	8,27	12,12	49,01	18,55
0,250/0,180	2,29	8,32	93,98	48,40	19,61	18,82	3,06	3,21	1,95	7,15	10,58	48,87	18,67
0,180/0,150	1,24	6,02	95,21	48,40	18,97	17,45	1,60	1,60	1,05	5,20	7,52	49,04	18,32
0,150/0,106	1,51	4,79	96,73	48,37	19,17	18,62	1,98	2,10	1,29	4,15	5,92	49,21	18,15
0,106/0,075	0,55	3,27	97,28	34,14	26,55	25,84	0,99	1,05	0,33	2,86	3,94	49,60	17,67
0,075/0,063	0,34	2,72	97,61	43,75	16,11	16,00	0,37	0,40	0,26	2,53	2,95	52,71	15,89
0,063/0,045	0,70	2,39	98,31	42,90	18,18	16,44	0,87	0,86	0,53	2,27	2,58	53,97	15,86
0,045/0,032	0,49	1,69	98,81	50,68	21,02	17,09	0,70	0,62	0,44	1,74	1,71	58,59	14,89
0,032/0,020	0,44	1,19	99,25	54,95	16,64	15,01	0,50	0,49	0,43	1,30	1,01	61,83	12,37
0,020/0,00	0,75	0,75	100,00	65,85	9,88	6,43	0,51	0,36	0,87	0,87	0,51	65,85	9,88
Toplam	100,00			56,81	14,67	13,45	100,00	100,00					



Şekil 3.7 Besleme malı tane dağılım eğrileri

Besleme malının %100'ü 9,51 mm altı olup, yaklaşık %80'i 5,2 mm altındadır. Ortalama tane iriliği ise (d_{50}) 2,3 mm civarındadır



Şekil 3.8 Besleme malının tane sınıflarına göre toplamalı kül-humik asit dağılım eğrileri

Besleme malı toplamalı toplam humik asit değerinin 0,5/0,075 mm tane aralığında %20'ye yaklaştığı, 0,075 mm altında hızlı bir düşüşle %10'un altına düştüğü gözlenmektedir. Kül değeri ise, 0,075 mm altında hızlı bir çıkışla %70'lere yaklaşmaktadır. Bu değerlerden 0,075 mm altında mineral maddelerin biriktiği, deneysel çalışmalardaki gözlemlerle desteklendiğinde ise bu aralıkta kil minerallerinin fazla miktarda olduğu söylenebilir.

3.2.1.4 Besleme Malı Tane Sınıflarına Ayırma (Russel Elek)

Numune (yaklaşık 500 kg), besleme malı tane dağılım eğrisindeki tane sınıfına göre dağılım yüzdeleri ve yapılacak zenginleştirme işlemine göre 10/5, 5/2, 2/1, 1/0,5 ve -0,5 mm tane aralıklarında Russel elek ile sınıflandırılmıştır. Russel elek dağılımı ve kül- humik asit değerleri sonuçları Tablo 3.4'te verilmiştir.

Tablo 3.4 Besleme malı russel elek tane sınıfı kül-humik asit dağılımı

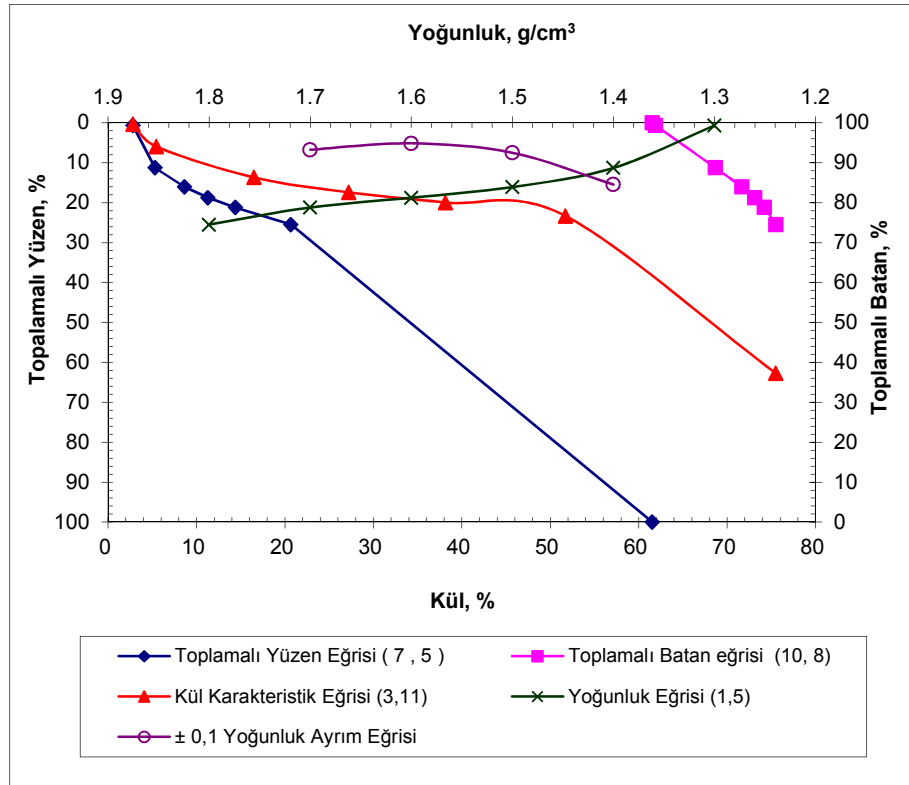
Tane İriliği	Ağırlık	Ağırlık	Kül	THA	SHA	Dağılım		
(mm)	(gr)	(%)	(%)	(%)	(%)	Kül (%)	THA (%)	SHA (%)
10/5	123,32	28,23	64,05	10,46	9,14	32,02	19,63	18,78
5/2	119,28	27,30	55,90	12,40	12,10	27,03	22,50	24,05
2/1	74,08	16,96	53,61	19,24	17,38	16,10	21,69	21,45
1/0.5	48,50	11,10	52,51	18,44	16,56	10,33	13,61	13,38
-0.5	71,68	16,41	49,95	20,70	18,70	14,52	22,58	22,33
Toplam	436,86	100,00	56,46	15,04	13,74	100,00	100,00	100,00

3.2.1.5 Soma Bölgesi Numunesi Yüzdürme Batırma Testleri

3.2.1.5.1 10/5 mm Tane Aralığı Yüzdürme Batırma Testleri. Yüzdürme batırma testlerinde, numune 1,3-1,8 gr/cm³ yoğunluklu sıvılardan geçirilerek yüzen ve batan kısımlar yıkandıktan sonra tartılmış, kül ve humik asit analizleri yapılarak Henry-Reinhard grafikleri çizilerek değerlendirilmiştir. 10/5 mm tane aralığındaki malzemenin yüzdürme batırma test sonuçları kül yüzdelerine göre Tablo 3.5 ve Şekil 3.9'da; toplam humik asit yüzdelerine göre ise Tablo 3.6 ve Şekil 3.10'da verilmiştir.

Tablo 3.5 10/5 mm tane aralığı kül yüzdelere göre yüzdürme batırma test sonuçları

Yoğunluk g/cm ³	Yüzen Mal			Toplamalı Yüzen			Toplamalı Batan			y=a ₀ +a ₁ /2
	% Ağ	%Kül	İçerik	% Ağ	İçerik	% Kül	% Ağ	İçerik	% Kül	
Yüzen 1,3	0,65	2,82	1,83	0,65	1,83	2,82	100,00	6153,85	61,54	0,33
1,3 - 1,4	10,62	5,48	58,20	11,27	60,03	5,33	99,35	6152,01	61,92	5,96
1,4 - 1,5	4,80	16,50	79,20	16,07	139,23	8,66	88,73	6093,82	68,68	13,67
1,5 - 1,6	2,67	27,23	72,70	18,74	211,93	11,31	83,93	6014,62	71,66	17,41
1,6 - 1,7	2,45	38,16	93,49	21,19	305,43	14,41	81,26	5941,91	73,12	19,97
1,7 - 1,8	4,28	51,73	221,40	25,47	526,83	20,68	78,81	5848,42	74,21	23,33
Batan 1,8	74,53	75,50	5627,02	100,00	6153,85	61,54	74,53	5627,02	75,50	62,74
Toplam	100,00	61,54	6153,85							



Şekil 3.9 10/5 mm tane aralığı yüzdürme batırma testi kül yüzdelere göre Henry-Reinhard eğrileri

±0.1 yoğunluk eğrisinden numunenin belirli yoğunlukta yıkanabilme zorluk dereceleri saptanabilir. Yıkama işleminin 1,5, 1.6 ve 1.7 gr/cm³ yoğunluklarda kolay ve daha aşağı yoğunluklara doğru gidildikçe zenginleştirme işleminin çok zor ve hatta imkansız olduğu görülebilir. 1,7 gr/cm³ yoğunlukta %21 ağırlık oranında %14 küllü konsantre elde edilebilmektedir. Batan %79'luk kısmın külü ise %74'tür.

Kömür yıkanabilme özelliğini en iyi karakterize eden eğri kül karakteristik eğrisidir. Bu eğri kömür içinde mineral madde dağılımının nasıl olduğunu gösterir. Şayet tüm kömür taneleri aynı kül oranına sahip olsaydı, bu eğri yukarıdan aşağıya dik inen bir doğru olması gerekirdi. Testleri yapılan numune için kül karakteristik eğrisine dayanarak kömürün içinde yoğunluğu yüksek malzeme olduğu söylenebilir. Kömürün büyük bir kısmı yüksek küllü ve ara ürün miktarı da fazladır. Nitekim 1,8 batan kısımda ağırlıkça malzemenin yaklaşık %76'sının kaldığı görülmektedir. Buradan da artık miktarının çok fazla olduğu sonucuna varılabilir.

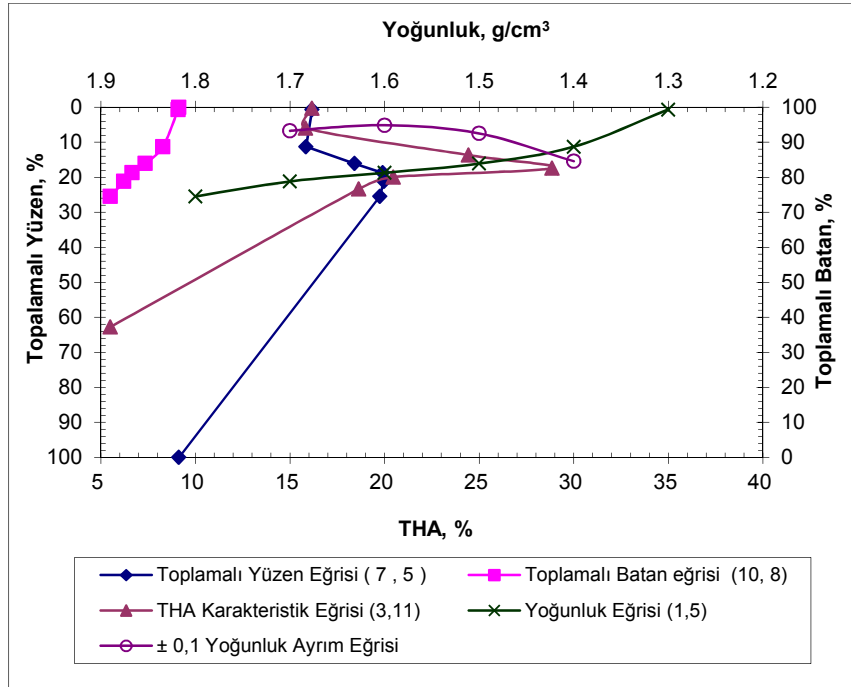
Toplamalı yüzen ve toplamalı batan eğrileri de kömürün yıkanabilme özelliği hakkında önemli bilgiler verirler. İyi yıkanma özelliği olan kömürlerde bu eğriler yukarıdan aşağıya dike yakın inerler. Testi yapılan numunede yıkama yüksek yoğunluklarda mümkündür. Dolayısıyla numunede, yüksek yoğunluklu ve ağırlık yüzdesi olarak fazla miktarda mineral madde olduğu söylenebilir.

Yoğunluk eğrisi ise, genellikle, eğrinin yatay kısmı ile dikey kısmı arasındaki açı dikleştikçe yıkanabilirliğin arttığını ifade eder. Yoğunluk eğrisine göre ise numune çok iyi yıkanabilir özellikte değildir.

Yüzdürme batırma testi genellikle kömürlerde uygulanan bir testtir. Ancak bu çalışmada humik asit açısından yüzdürme batırma testi yapılmış ve müspet sonuçlar alınmıştır. İnorganik maddeler uzaklaştırıldıktan sonra kalan organik kısmın içeriğinde humik maddeler olduğuna göre leonarditte de bu test uygulanabilir. Leonardit, kömüre göre daha düşük yoğunlukludur. Yantaşları ile arasındaki yoğunluk farkı kömüre göre daha fazladır. Dolayısıyla temiz leonardit ve artık ayrımı daha net yapılmaktadır. Numuneye göre değişmekle beraber temiz leonardit verimleri daha yüksek olmaktadır.

Tablo 3.6 10/5 mm tane aralığı toplam humik asit yüzdelere göre yüzdürme batırma test sonuçları

Yoğunluk g/cm ³	Yüzen Mal			Toplamalı Yüzen			Toplamalı Batan			y=a ₀ +a ₁ /2
	% Ağ	%THA	İçerik	% Ağ	İçerik	%THA	% Ağ	İçerik	%THA	
Yüzen 1,3	0,65	16,17	10,51	0,65	10,51	16,17	100,00	913,56	9,14	0,33
1,3 - 1,4	10,62	15,83	168,11	11,27	178,63	15,85	99,35	903,05	9,09	5,96
1,4 - 1,5	4,80	24,44	117,31	16,07	295,94	18,42	88,73	734,93	8,28	13,67
1,5 - 1,6	2,67	28,85	77,03	18,74	372,97	19,90	83,93	617,62	7,36	17,41
1,6 - 1,7	2,45	20,47	50,15	21,19	423,12	19,97	81,26	540,59	6,65	19,97
1,7 - 1,8	4,28	18,64	79,78	25,47	502,90	19,74	78,81	490,44	6,22	23,33
Batan 1,8	74,53	5,51	410,66	100,00	913,56	9,14	74,53	410,66	5,51	62,74
Toplam	100,00	9,14	913,56							



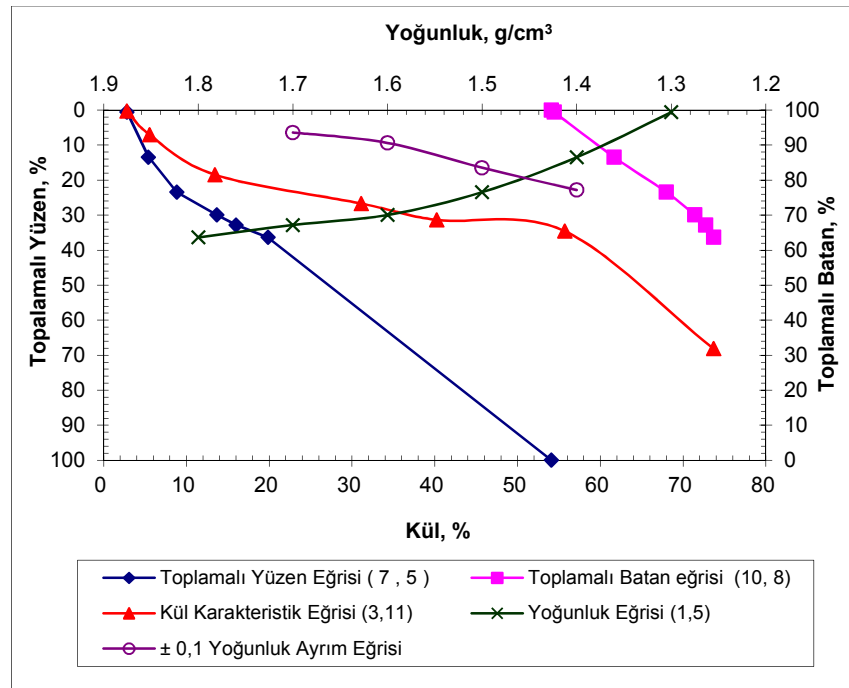
Şekil 3.10 10/5 mm tane aralığı yüzdürme batırma testi toplam humik asit yüzdelere göre Henry-Reinhard eğrileri

Yıkama işleminin 1,7, 1,6 ve 1,5 gr/cm³ yoğunluklarda kolay ve daha aşağı yoğunluklara doğru gidildikçe zenginleştirme işleminin çok zor olduğu görülebilmektedir. 1,7 gr/cm³ yoğunlukta %21 ağırlık oranında yaklaşık %20 toplam humik asit değerinde konsantre elde edilebilmektedir. Batan %79'luk kısmın toplam humik asit değeri ise yaklaşık %6'dır.

3.2.1.5.2. 5/2 mm Tane Aralığı Yüzdürme Batırma Testleri. 5/2 mm tane aralığındaki malzemenin yüzdürme batırma test sonuçları kül yüzdelere göre Tablo 3.7 ve Şekil 3.11’de; toplam humik asit yüzdelere göre ise Tablo 3.8 ve Şekil 3.12’de verilmiştir.

Tablo 3.7 5/2 mm tane aralığı kül yüzdelere göre yüzdürme batırma test sonuçları

Yoğunluk g/cm ³	Yüzen Mal			Toplamalı Yüzen			Toplamalı Batan			y=a ₀ +a ₁ /2
	% Ağ	%Kül	İçerik	% Ağ	İçerik	% Kül	% Ağ	İçerik	% Kül	
Yüzen 1,3	0,63	2,83	1,78	0,63	1,78	2,83	100,00	5411,38	54,11	0,32
1,3 - 1,4	12,85	5,56	71,45	13,48	73,23	5,43	99,37	5409,59	54,44	7,06
1,4 - 1,5	9,98	13,45	134,23	23,46	207,46	8,84	86,52	5338,15	61,70	18,47
1,5 - 1,6	6,50	31,14	202,41	29,96	409,87	13,68	76,54	5203,92	67,99	26,71
1,6 - 1,7	2,88	40,25	115,92	32,84	525,79	16,01	70,04	5001,51	71,41	31,40
1,7 - 1,8	3,53	55,72	196,69	36,37	722,48	19,86	67,16	4885,59	72,75	34,61
Batan 1,8	63,63	73,69	4688,89	100,00	5411,38	54,11	63,63	4688,89	73,69	68,19
Toplam	100,00	54,11	5411,38							



Şekil 3.11 5/2 mm tane aralığı yüzdürme batırma testi kül yüzdelere göre Henry-Reinhard eğrileri

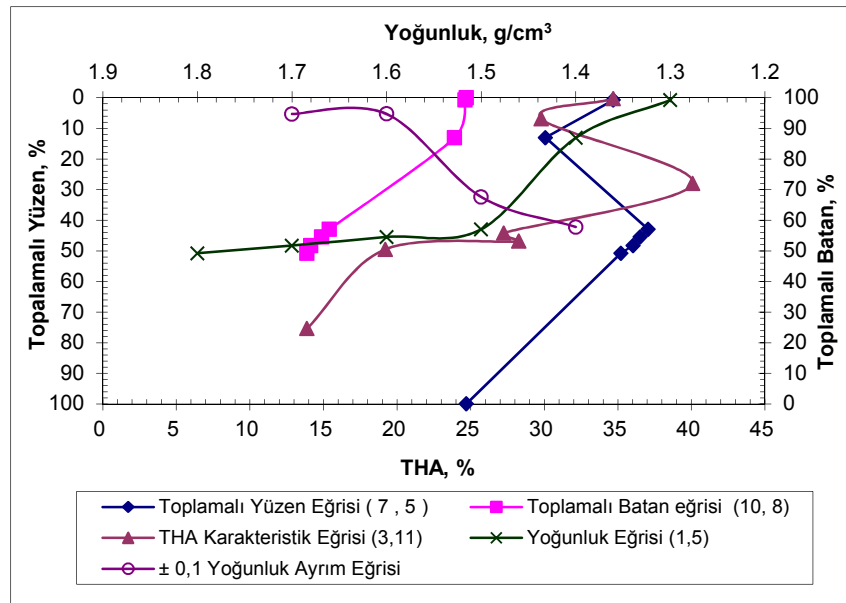
±0.1 yoğunluk eğrisinden yıkama işleminin 1,7 gr/cm³ ve 1,6gr/cm³ yoğunluklarda kolay ve daha aşağı yoğunluklara doğru gidildikçe zenginleştirme

işleminin çok zor olduğu görülebilir. 1,6 gr/cm³ yoğunlukta yaklaşık %30 ağırlık oranında %14 küllü kömür elde edilebilmektedir. Batan %70'lik kısmın külü ise yaklaşık %71'dir.

Kül karakteristik eğrisine göre, kömürün içinde fazla miktarda yüksek küllü malzeme olduğu söylenebilir. Bu da mineral madde miktarının fazla olduğunu gösterir. Nitekim 1,8 batan kısımda ağırlıkça malzemenin %64'ünün %74 küllü olduğu görülmektedir.

Tablo 3.8 5/2 mm tane aralığı toplam humik asit yüzdelere göre yüzdürme batırma test sonuçları

Yoğunluk g/cm ³	Yüzen Mal			Toplamalı Yüzen			Toplamalı Batan			y=a ₀ +a ₁ /2
	% Ağ	%THA	İçerik	% Ağ	İçerik	%THA	% Ağ	İçerik	%THA	
				0						
Yüzen 1,3	0,63	23,79	14,99	0,63	14,99	23,79	100,00	1210,74	12,11	0,32
1,3 - 1,4	12,85	22,19	285,14	13,48	300,13	22,26	99,37	1195,75	12,03	7,06
1,4 - 1,5	9,98	30,12	300,60	23,46	600,73	25,61	86,52	910,61	10,52	18,47
1,5 - 1,6	6,50	33,56	218,14	29,96	818,87	27,33	76,54	610,01	7,97	26,71
1,6 - 1,7	2,88	18,09	52,10	32,84	870,97	26,52	70,04	391,87	5,59	31,40
1,7 - 1,8	3,53	10,09	35,62	36,37	906,58	24,93	67,16	339,77	5,06	34,61
Batan 1,8	63,63	4,78	304,15	100,00	1210,74	12,11	63,63	304,15	4,78	68,19
Toplam	100,00	12,11	1210,74							



Şekil 3.12 5/2 mm tane aralığı yüzdürme batırma testi toplam humik asit yüzdelere göre Henry-Reinhard eğrileri

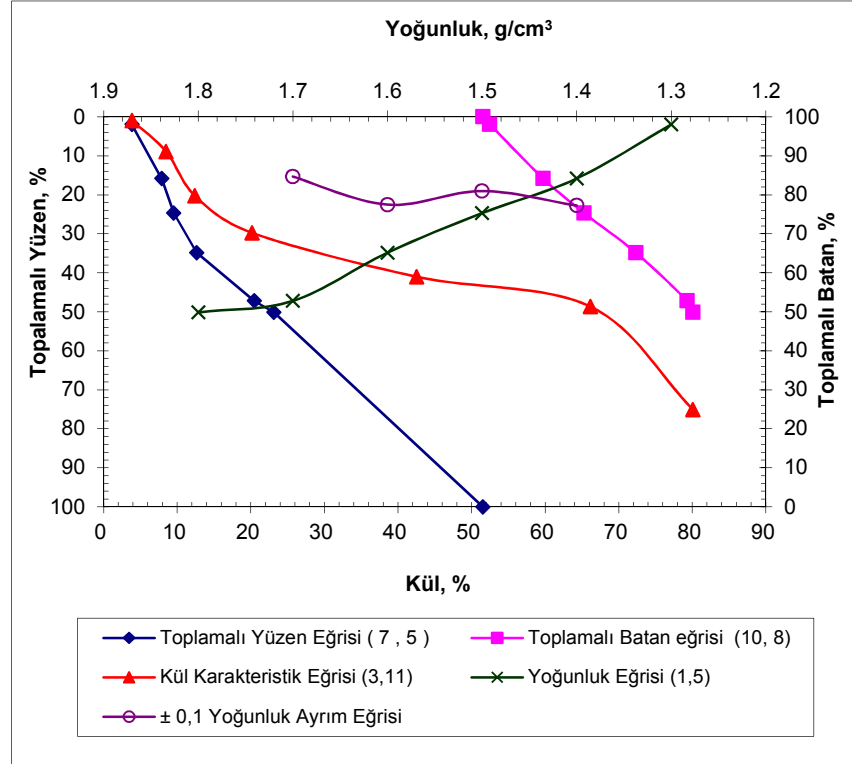
Yıkama işleminin en kolay olduğu 1.6 gr/cm^3 yoğunlukta %30 ağırlık oranında yaklaşık %27 toplam humik asit değerine sahip leonardit elde edilirken, batan %70'lik kısmın toplam humik asit değeri ise % 5'tir.

Bu tane aralığındaki yüzdürme batırma işleminde dikkat çeken nokta, fazla miktarda artık olmasıdır. Bu da artık atma verimimizi arttırmakla beraber, konsantrelerin humik asit oranlarının da yüksek olmaması sebebiyle yüksek humik asit oranlı konsantre alınmasını engeller. Ancak, endüstride %17 humik asit oranlı ürünlerin kullanıldığı düşünüldüğünde, konsantreler endüstride kullanılabilir nitelikte olmaktadır. Bununla beraber yüksek oranda, düşük humik asit içerikli artık atılması; ekstraksiyon verimi, ekstraksiyonda kullanılacak reaktif tüketimleri ve ekstraksiyon tank hacimleri açısından son derece olumludur.

3.2.1.5.3 2/0,5 mm Tane Aralığı Yüzdürme Batırma Testleri. 2/0,5 mm tane aralığındaki malzemenin yüzdürme batırma test sonuçları kül yüzdelere göre Tablo 3.9 ve Şekil 3.13'te; toplam humik asit yüzdelere göre ise Tablo 3.10 ve Şekil 3.14'te verilmiştir.

Tablo 3.9 2/0,5 mm tane aralığı kül yüzdelere göre yüzdürme batırma test sonuçları

Yoğunluk g/cm ³	Yüzen Mal			Toplamalı Yüzen			Toplamalı Batan			y=a ₀ +a ₁ /2
	% Ağ	%Kül	İçerik	% Ağ	İçerik	% Kül	% Ağ	İçerik	% Kül	
				0						
Yüzen 1,3	1,94	3,87	7,51	1,94	7,51	3,87	100,00	5154,28	51,54	0,97
1,3 - 1,4	13,89	8,48	117,79	15,83	125,30	7,92	98,06	5146,78	52,49	8,89
1,4 - 1,5	8,85	12,42	109,92	24,68	235,21	9,53	84,17	5028,99	59,75	20,26
1,5 - 1,6	10,16	20,20	205,23	34,84	440,44	12,64	75,32	4919,07	65,31	29,76
1,6 - 1,7	12,36	42,56	526,04	47,20	966,49	20,48	65,16	4713,84	72,34	41,02
1,7 - 1,8	2,94	66,16	194,51	50,14	1161,00	23,16	52,80	4187,80	79,31	48,67
Batan 1,8	49,86	80,09	3993,29	100,00	5154,28	51,54	49,86	3993,29	80,09	75,07
Toplam	100,00	51,54	5154,28							



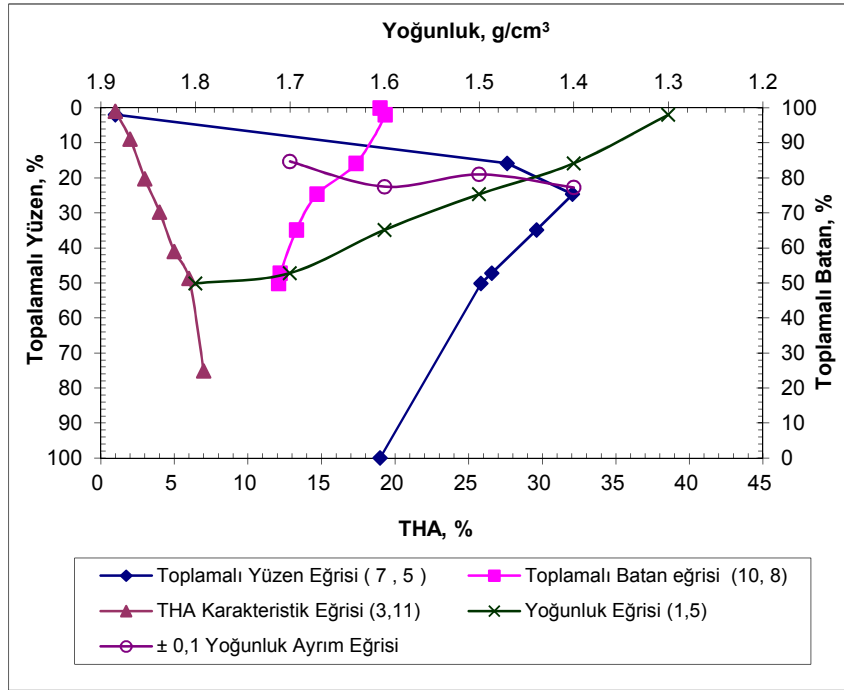
Şekil 3.13 2/0,5 mm tane aralığı yüzdürme batırma testi kül yüzdelere göre Henry-Reinhard eğrileri

± 0.1 yoğunluk eğrisinden yıkama işleminin $1,7 \text{ gr/cm}^3$ yoğunlukta çok kolay olmadığı ve ayırma yoğunluğu düştükçe zorlaştığı görülmektedir. $1,7 \text{ gr/cm}^3$ yoğunlukta yaklaşık %47 ağırlık oranında %20 küllü kömür elde edilebilmektedir. Batan %53'lük kısmın külü ise yaklaşık %79'dur.

Kül karakteristik eğrisine göre, kömürün içinde fazla miktarda yüksek küllü malzeme olduğu söylenebilir. Bu da mineral madde miktarının fazla olduğunu gösterir. Soma Bölgesi numunesi yüksek oranda kil içermekte olup, artığın büyük kısmını kil mineralleri oluşturmaktadır. Dolayısıyla önceden yapılacak olan kil atma işlemi zenginleştirme işleminin verimini arttıracaktır.

Tablo 3.10 2/0,5 mm tane aralığı toplam humik asit yüzdelere göre yüzdürme batırma test sonuçları

Yoğunluk g/cm ³	Yüzen Mal			Toplamalı Yüzen			Toplamalı Batan			y=a ₀ +a ₁ /2
	% Ağ	%THA	İçerik	% Ağ	İçerik	%THA	% Ağ	İçerik	%THA	
Yüzen 1,3	1,94	36,09	1,94	1,94	1,94	1,00	100,00	1898,71	18,99	0,97
1,3 - 1,4	13,89	31,34	435,31	15,83	437,25	27,62	98,06	1896,77	19,34	8,89
1,4 - 1,5	8,85	40,02	354,18	24,68	791,43	32,07	84,17	1461,45	17,36	20,26
1,5 - 1,6	10,16	23,67	240,49	34,84	1031,92	29,62	75,32	1107,28	14,70	29,76
1,6 - 1,7	12,36	17,98	222,23	47,20	1254,15	26,57	65,16	866,79	13,30	41,02
1,7 - 1,8	2,94	14,20	41,75	50,14	1295,90	25,85	52,80	644,56	12,21	48,67
Batan 1,8	49,86	12,09	602,81	100,00	1898,71	18,99	49,86	602,81	12,09	75,07
Toplam	100,00	18,99	1898,71							



Şekil 3.14 2/0,5 mm tane aralığı yüzdürme batırma testi toplam humik asit yüzdelere göre Henry-Reinhard eğrileri

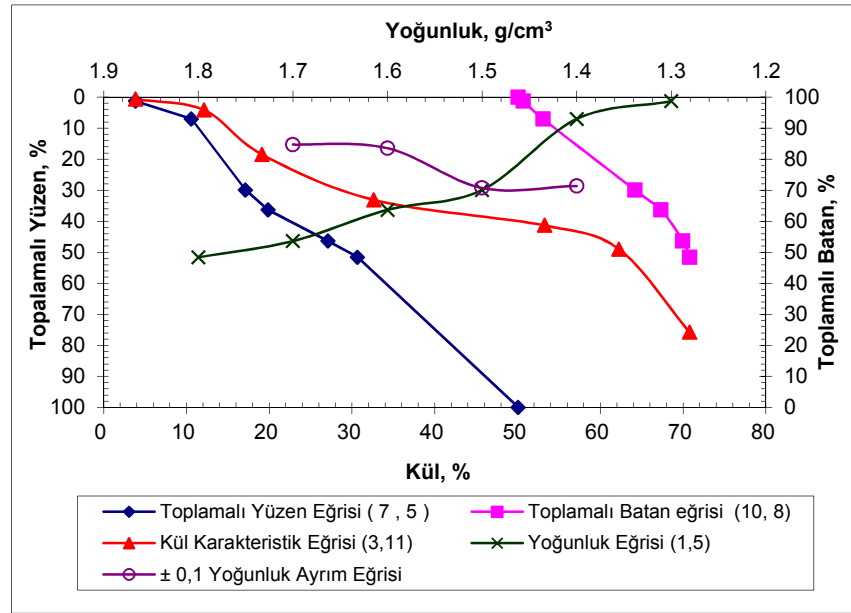
Yıkama işleminin en kolay olduğu 1.7 gr/cm³ yoğunlukta %47 ağırlık oranında yaklaşık %26 toplam humik asit değerine sahip leonardit elde edilirken, batan %53'lük kısmın toplam humik asit değeri ise % 12'dir.

2/0,5 mm tane aralığında verimli bir yıkama işlemi yapmak zordur. Yüksek humik asit oranlı konsantre elde edilememekle birlikte artık yüzdesi de fazladır. Ayrıca artığın humik asit değeri de çok düşük değildir.

3.2.1.5.4 0,5/0 mm Tane Aralığı Yüzdürme Batırma Testleri. -0,5 mm tane boyutundaki malzemenin yüzdürme batırma test sonuçları kül yüzdelere göre Tablo 3.11 ve Şekil 3.15'te; toplam humik asit yüzdelere göre ise Tablo 3.12 ve Şekil 3.16'da verilmiştir.

Tablo 3.11 -0,5 mm tane boyutu kül yüzdelere göre yüzdürme batırma test sonuçları

Yoğunluk g/cm ³	Yüzen Mal			Toplamalı Yüzen			Toplamalı Batan			y=a ₀ +a ₁ /2
	% Ağ	%Kül	İçerik	% Ağ	İçerik	% Kül	% Ağ	İçerik	% Kül	
Yüzen 1,3	1,31	3,87	5,07	1,31	5,07	3,87	100,00	5008,84	50,09	0,66
1,3 - 1,4	5,73	12,14	69,56	7,04	74,63	10,60	98,69	5003,77	50,70	4,18
1,4 - 1,5	22,91	19,15	438,73	29,95	513,36	17,14	92,96	4934,21	53,08	18,50
1,5 - 1,6	6,37	32,65	207,98	36,32	721,34	19,86	70,05	4495,48	64,18	33,14
1,6 - 1,7	10,07	53,29	536,63	46,39	1257,97	27,12	63,68	4287,50	67,33	41,36
1,7 - 1,8	5,23	62,25	325,57	51,62	1583,54	30,68	53,61	3750,87	69,97	49,01
Batan 1,8	48,38	70,80	3425,30	100,00	5008,84	50,09	48,38	3425,30	70,80	75,81
Toplam	100,00	50,09	5008,84							



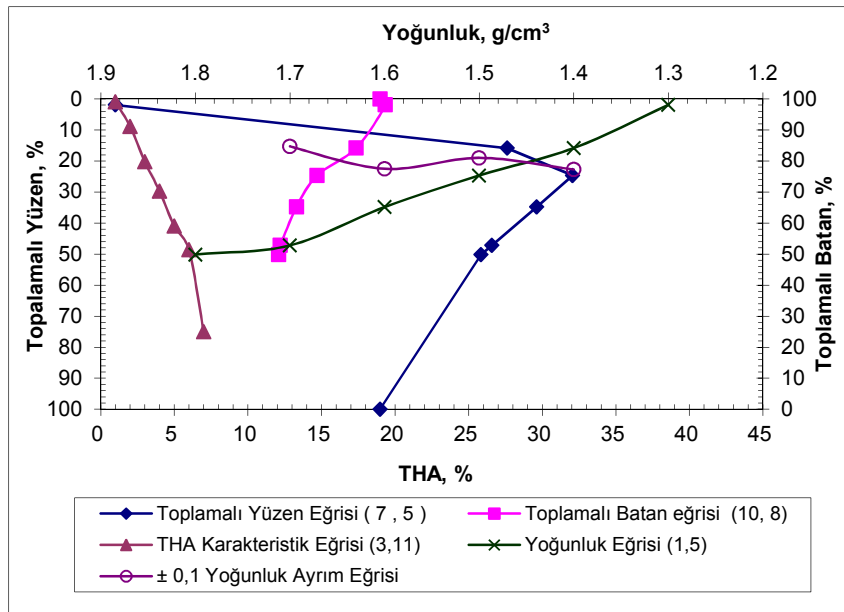
Şekil 3.15 -0,5 mm tane boyutu yüzdürme batırma testi kül yüzdelere göre Henry-Reinhard eğrileri

Yıkama işlemi 1,7 ve 1,6 gr/cm³ yoğunluklarda çok kolay olmadığı ve ayırma yoğunluğu düştükçe çok zorlaştığı görülmektedir. 1,7 gr/cm³ yoğunlukta yaklaşık %47 ağırlık oranında %27 küllü kömür elde edilebilmektedir. Batan %53'lük kısmın küllü ise yaklaşık %70'tir.

Kül karakteristik eğrisine göre, kömürün içinde fazla miktarda yüksek küllü malzeme olduğu söylenebilir. Bu da mineral madde miktarının fazla olduğunu gösterir.

Tablo 3.12 -0,5 mm tane iriliği toplam humik asit yüzdelere göre yüzdürme batırma test sonuçları

Yoğunluk g/cm ³	Yüzen Mal			Toplamalı Yüzen			Toplamalı Batan			y=a ₀ +a ₁ /2
	% Ağ	%THA	İçerik	% Ağ	İçerik	%THA	% Ağ	İçerik	%THA	
Yüzen 1,3	1,94	36,09	1,94	1,94	1,94	1,00	100,00	1898,71	18,99	0,97
1,3 - 1,4	13,89	31,34	435,31	15,83	437,25	27,62	98,06	1896,77	19,34	8,89
1,4 - 1,5	8,85	40,02	354,18	24,68	791,43	32,07	84,17	1461,45	17,36	20,26
1,5 - 1,6	10,16	23,67	240,49	34,84	1031,92	29,62	75,32	1107,28	14,70	29,76
1,6 - 1,7	12,36	17,98	222,23	47,20	1254,15	26,57	65,16	866,79	13,30	41,02
1,7 - 1,8	2,94	14,20	41,75	50,14	1295,90	25,85	52,80	644,56	12,21	48,67
Batan 1,8	49,86	12,09	602,81	100,00	1898,71	18,99	49,86	602,81	12,09	75,07
Toplam	100,00	18,99	1898,71							



Şekil 3.16 -0,5 mm tane aralığı yüzdürme batırma testi toplam humik asit yüzdelere göre Henry-Reinhard eğrileri

Yıkama işleminin en kolay olduğu 1.7 gr/cm³ yoğunlukta %47 ağırlık oranında yaklaşık %27 toplam humik asit değerine sahip leonardit elde edilirken, batan %53'lük kısmın toplam humik asit değeri ise % 12'dir.

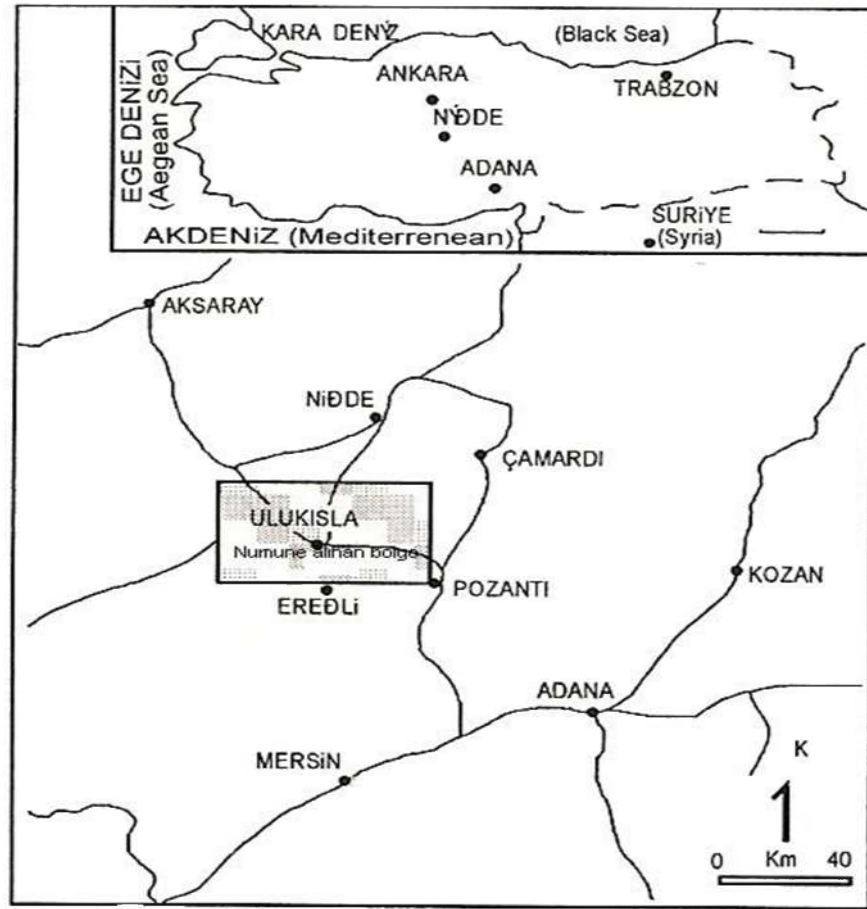
-0,5 mm tane iriliğinde de 2/0.5 tane aralığında olduğu gibi verimli bir yıkama işlemi yapmak zordur. Yüksek humik asit oranlı konsantre elde edilememekle birlikte artık yüzdesi de fazladır. Ayrıca artığın humik asit değeri de çok düşük değildir.

3.2.2 Niğde Ulukışla Bölgesi Numune Karakterizasyonu

3.2.2.1 Niğde Ulukışla Bölgesi Linyit Oluşumları

Numune alınan bölge (Niğde–Ulukışla), Çamardı, Pozantı ve Ereğli (Konya) arasında kalmakta olup, Ereğli–Ulukışla havzası olarak isimlendirilmiştir (Şekil 3.17). Ereğli–Ulukışla Havzasında hidrokarbon oluşumuna uygun koşulların olduğu görülmektedir. Havzayı dolduran istifler yersel uyumsuzluklar göstermesine rağmen Üst Kratese'den Miyosen'e kadar devamlıdır (Sonel ve Sarı, 2004).

Ereğli–Ulukışla Havzası olarak nitelendirilen bu bölge aslında Tuz Gölü Havzası'nın devamı niteliğindedir. Her iki havzanın oluşum zamanı ve havzaları dolduran birimlerin litolojik özellikleri birbirine çok benzemektedir (Sonel ve Sarı, 2004).



Şekil 3.17 Numune alınan bölgenin yer bulduru haritası

Ereğli – Ulukışla Havzası doğudan Aladağlar ve Ecemiş fayı ile sınırlanmaktadır. Batıya doğru, kuzey sınırını Çamardı, Bor hattında görülen Niğde masifi oluşturmakta ve en batıda Ereğli civarında son bulmaktadır. Güney sınırında ise Bolkar Dağları yer almaktadır. Bölge tersiyer başında, içinde volkanik bir ada yayının gelişmekte olduğu kapanan bir okyanus durumundadır. Kapanma, kuzeyden güneye ilerleyen Kıta/Adayı/Kıta çarpışması şeklinde gelişmiştir. Bu çarpışma sonucunda okyanussal çukurluk içerisinde yer alan Ulukışla ve çevresinde derin denizel paleocoğrafik koşullar egemendir. Üst Kratese'den bölge güneyine ofiyolitler yerleşmiştir. Üst Paleosen'de ada yayının çevresinde gelişmiş çukurluklarda türbiditler çökelmiştir. İpresiyen'de havzanın ada yayı kuzeyinde kalan kesimi kıvrımlanarak kara haline gelmiştir. Bölgede derin deniz koşulları Lutesiyen sonlarında sona ermiş ve Üst Eosen–Alt Miyosen zaman süreci içinde gelişen molas çukurlarında önce evaporatik, sonra tatlı su ve karasal kırıntılar depolanmıştır. Orta

Miyosen’de bölge orojenik hareketlerle yeniden şekillenmiştir. Yörede Üst Miyosen Pliyosen’de düşey hareketler ve iklim değişmesi ile akarsu–göl koşullarında yeni bir tortul devre gelişmiştir. Bu evrede kırıntılı ve karbonatlı sedimanlar çökelmiştir. Birimler, Pliyosen sonlarında etkin düşey hareketlere bağlı olarak kuzeybatıya doğru eğilme ve açık kıvrım oluşturacak şekilde çok hafif bir deformasyon geçirmişlerdir. Okyanusal, molas ve genç karasal litoloji toplulukları birbirinden bölgesel açılı uyumsuzluklarla ayrılmışlardır. Bölgede hâkim yapıyı, sıkışma kuvvetlerinin oluşturduğu saptanmıştır. Bunun sonucunda ters faylar, bindirmeler ve dar amplitüdlü kıvrımlar gelişmiştir (Sonel ve Sarı, 2004).

Organik petrografik yöntemlerle organik maddenin, özellikle gömülme sürecindeki renk değişimleri ile olgunlaşma gelişimini incelemek mümkündür. Diyajenez aşamasında renksiz, açık sarı-açık kahverengi olan organik maddenin rengi gömülme sürecinde gittikçe siyahlaşmakta ve opaklaşmaktadır. Opak hale gelmiş organik madde birikimi özellikle odunsu birikim açısından zengin organik maddeleri ifade eder. Organik birikimler genellikle; odunsu, kömürümsü hümik olarak adlandırılırlar. Teorik olarak, bu terimler organik maddenin kömür veya karasal bir çökme ortamından kaynaklanmakta olduğu anlamını taşımaktadır (Sonel ve Sarı, 2004).

Ereğli-Ulukışla Havzası’nda ilk sedimanter birimler Kampaniyen-Maestrihtiyen yaşlı Çiftehane ve Dedeli formasyonlarıdır. Bu birimler temel üzerine tektonik bir dokanakra gelir. Bu formasyonların üzerlerinde sığ denizel birimlerle temsil edilen Üst Kretase-Paleosen yaşlı Kalkankaya ve Güneydeği formasyonları yer alır. Bunlar üzerine ise, Alt Paleosen-Alt Eosen yaşlı Volkanik katkılı ve fliš türü türbiditik çökellerden oluşan Halkapınar formasyonu gelir. Bu formasyon üzerinde, yanal ve düşey geçişli bir görünüm sergileyen Üst Kretase-Orta Eosen yaşlı Ulukışla formasyonu yer alır. Ulukışla formasyonu, çoğunlukla aglomera, andezitik lav akıntıları, tüfler, tüfitler, volkanik breşler ve yastık lavlardan oluşur. Bütün bu volkanik malzeme türbiditik kumtaşı, kayma (slump) çökelleri, ender olarak kireçtaşı ve şeyl ile ara tabakalıdır. Bunlar üzerinde Orta-Üst Eosen yaşlı Hasangazi formasyonu ve yine yanal ve düşey geçişli olarak Ulukışla formasyonu üzerinde yer

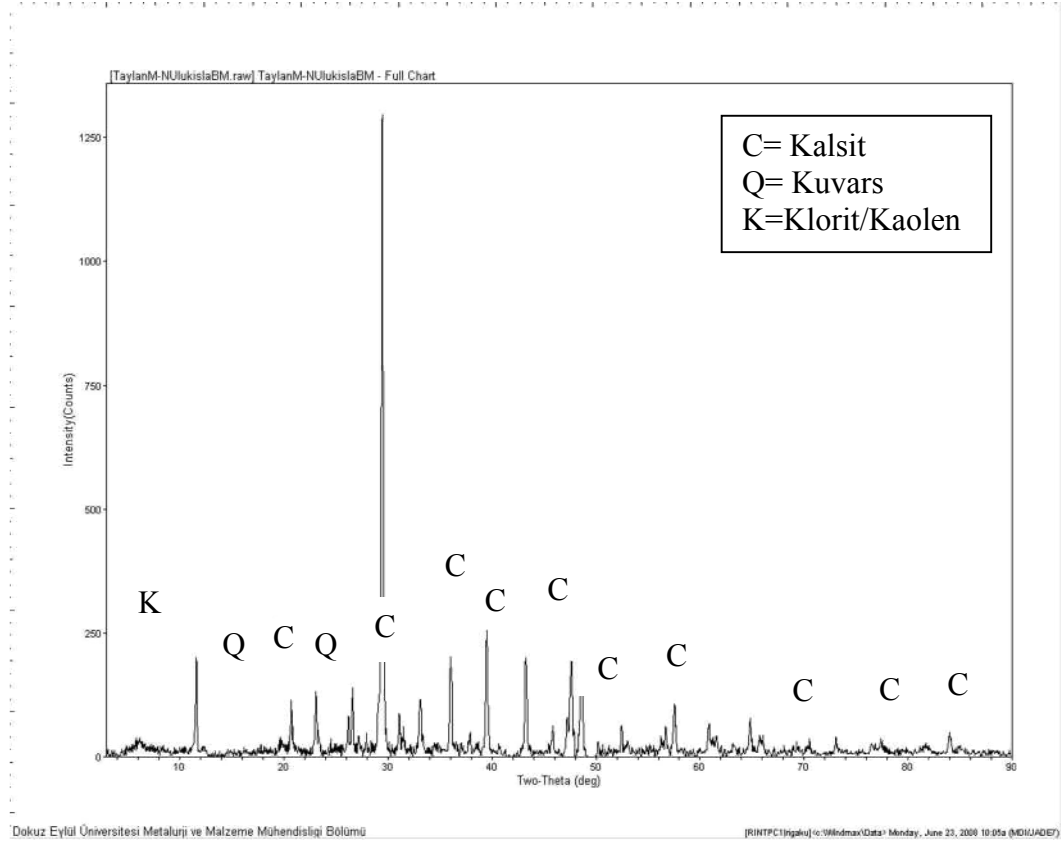
alır. Bu birim; kireçtaşı, şeyl, konglomera ve türbiditik kumtaşlarından oluşan bir litolojiye sahiptir. Hasangazi formasyonu üzerine Ulukışla kuzeyi ve kuzeydoğusunda yanal ve düşey geçişli olarak güney formasyonu gelir. Ulukışla'nın güney ve güneybatısında ise Aktoprak formasyonu yer alır. Üst Eosen-Oligosen yaşlı aktoprak formasyonu, evaporitler, marn aratabakalı kireçtaşları ve türbiditik kumtaşlarından oluşur. Daha üstte karasal kırıntılardan oluşan Miosen-Pliyosen yaşlı Cihanbeyli formasyonu alttaki birimleri uyumsuz olarak örter (Şekil 3.18) (Sonel ve Sarı, 2004).

Sistem (System)	Seri (Series)	Kat (Epoch)	FORMASYON (Formation)	LİTOLOJİ (Lithology)	Kalınlık	LİTOLOJİK ÖZELLİKLER (Lithological properties)	FOSİLLER (Fossils)
Kuvaterner			ALÜVYON (Alluvium)				
T E R S İ Y a r y	Miyo-Pliyo	Oligosen (Oligocene)	Cihanbeyli			Mpc Çakıtaşı Kumtaşı, mam, jips Bitümlü şeyl, marn, kumtaşı, kili kireçtaşı ardalanması Çapraz tabakalı kumtaşı, çakıtaşı	
			A k t o p r a k		650 - 1000	Ta Kumtaşı-şeyl ardalanması Kırmızı yeşil kumtaşı Mam, killi kireçtaşı ardalanması Jips Seyrek kireçtaşı bantları	
			Güney		500	Tgü Tübiditlik kumtaşı, şeyl ardalanması Kırmızı renkli merkezel çamurtaşı, İnce-orta tabakalı merkezel kumtaşı-çamurtaşı ardalanması	
			Hasangazi		500	Ted konglomeralar Kumlu ve konglomeralık kçt. aralabakalan	
			Dmeh		900	İtz Kayma bloklan ve çakıtaşı-kumtaşı-şeyl Mam, tübidit kumtaşı, kumlu kçt	Nummulites sp., Discoecydia sp., Orbailles sp., Rotella sp., Rotellidae, Miliolidae
			H a l k a p n a r		1000-1700	Ktu, Aglomera, andezit ardalanması Resifal kçt, andezit parçaları Aglomera, tuf, andezit Yastık lavlar, vol. breşler ve tüller	Dischroptax biserialis DIETRICH Discoecydia sp., Globorotalia sp. Planorbulnidae, Globigerrhinidae Valvulinidae, Planorbulina sp. Urothamnia, Fabularia sp.
					1000 - 1400	Th Tübiditlik kumtaşı-şeyl ardalanması Spiitik yastık lav Triyas yaşlı kçt oistolifleri İnce-orta tabakalı kumtaşı Şeyl ara tabakalan, tuf ara katkılan	Rotalidae, Miliolidae Miscellanea sp., Rotella Globorotalia of G. velascensis CUSHMAN " " aequa TOULMIN Mississippina sp., Lacasina sp.
					1000 - 300	Tg Marn ara tabakalı kçt Beyaz renkli kalkarenit Kırmızı renkli kalsirudit	Globorotalia of G. pseudomerd BOLL Valvulinidae Laticina sp. Mississippina sp., Fabiana sp., Globigerrina sp. Globorotalia sp., Planorbulina sp. Helicorthisidae, Discoecydia sp.
					200 - 300		
T r i a s s i c - K r e t a s e (Triassic-Jurassic)	Üst Eosen (Upper Eocene)	Alt Üst (Lower Upper)	Güneydağı		200 - 300		
			Kalkan-kaya		700	Ktd Çorlu kçt Peleşik, gri kçt Kırmızı çakıtaşı, oluyoluk oluklu, yeşil renkli marn, peleşik, gri kçt	Miscellanea misella, Ioffusia sp. Siderolites calistrop, LAMARCK Omphalocyclus LAMARCK Globuluncana of calabrata CUSHMAN " " lapparenti ticiniana QUEREAU " " stuarti DELAPP " " ventricosa WHITE
			Çiftahan			Kçt Kırmızı çakıtaşı oluyoluk oluklu, tuf kml ardalan	
			Dedeli				
T r i a s s i c - K r e t a s e (Triassic-Jurassic)	Üst Eosen (Upper Eocene)	Alt Üst (Lower Upper)	Melanj			Ofiyolitij melanj	
							involutina of Praegasphe ZANINENTI
			Bolcar Grubu		2100 ?	Kristalize kçt, Kçt-şeyl ardalanması Koyu gri, dolomitik kçt	Meandospira Lula PREMOLI (SILVA) Mizzia Minita Johnson Gymnocodium sp. Nankinella sp.

Şekil 3.18 İnceleme alanına ait stratigrafik kolon kesit (Sonel ve Sarı, 2004).

3.2.2.2 Besleme Malı XRD, Tam Kömür ve Humik Asit Analizleri

Niğde Ulukışla bölgesi numunesinden elek analiz numunesi ayrıldıktan sonra, karakterizasyon çalışmaları kapsamında, besleme malına XRD (Şekil 3.19), tam kömür analizleri (Tablo 3.13) ve toplam humik asit, serbest humik asit analizleri yapılmıştır. Besleme malı toplam humik asit değeri % 20,65, serbest humik asit yüzdesi ise %15,86 dır. Besleme malı külü kuru bazda %53,96, ve alt ısı değeri ise 1573 kcal/kg'dır.



Şekil 3.19 Niğde Ulukışla Bölgesi homojenize edilmiş besleme malı XRD analiz sonuçları (Dokuz Eylül Üniversitesi Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü Laboratuvarı)

Şekil 3.19’da verilmiş olan XRD grafiğine göre; Niğde Ulukışla besleme malı numunesi, içerisinde mineral madde olarak, fazlaca kalsit, kuvars ve klorit/kaolen bulunmaktadır.

Tablo 3.13 Besleme malı kömür analiz sonuçları

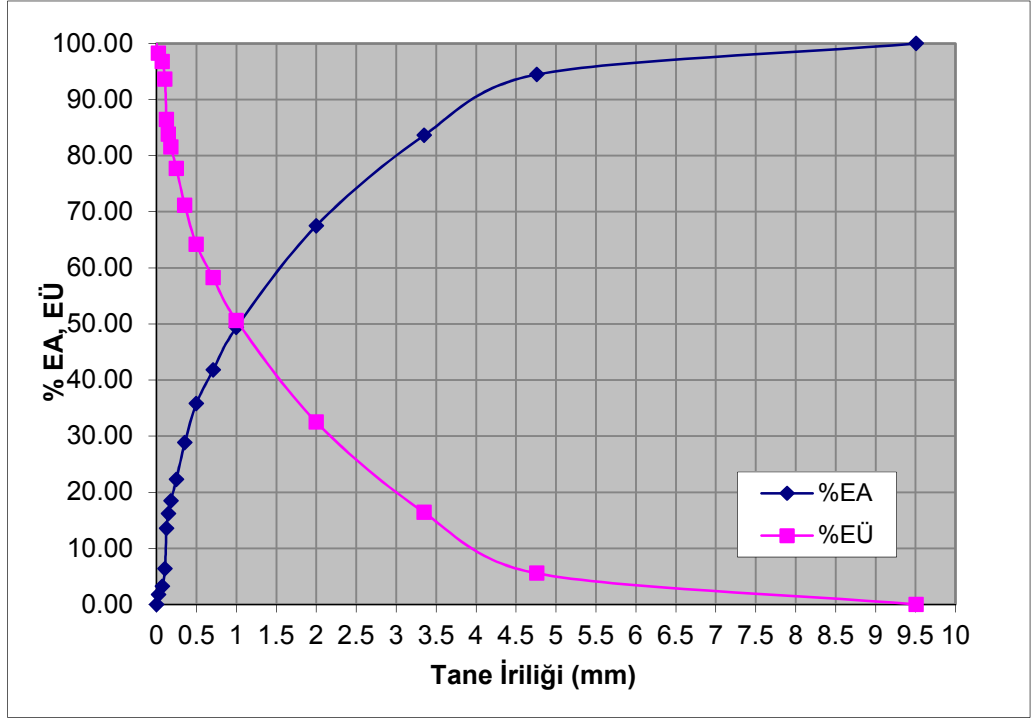
	Orijinal Baz	Havada Kuru Baz	Kuru Baz	Saf Kömür
Nem %	11,57	10,99	-	
Kül %	47,72	48,03	53,96	
Uçucu Madde %	29,17	29,36	32,99	71,64
Sabit Karbon %	11,54	11,62	13,05	
Toplam	100,00	100,00	100,00	
Yanar Kükürt %	0,76	0,76	0,85	
Külde Kükürt %	2,03	2,04	2,29	
Toplam Kükürt %	2,79	2,80	3,14	
Alt Isı Değeri kCal/kg	1321	1334	1573	3416
Üst Isı Değeri kCal/kg	1496	1506	1694	3679

3.2.2.3 Besleme Malı Tane Sınıflarına Göre Kül-Humik Asit Dağılımı

Niğde Ulukışla Bölgesinden alınan numuneye elek analizi yapılmıştır. Elek açıklıkları arasında kalan malzemeye yapılan kül-humik asit analiz sonuçları Tablo 3.14'te verilmiştir.

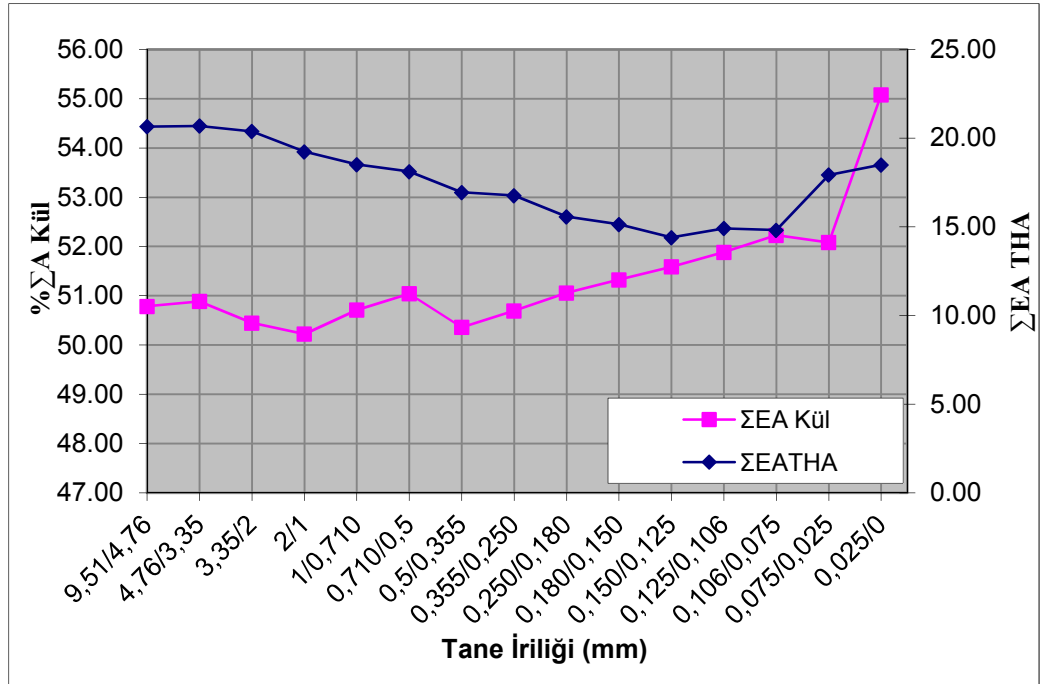
Tablo 3.14 Tane sınıflarına göre kül-hümik asit dağılımı

Tane İriliği (mm)	Ağırlık (%)	Σ EA (%)	Σ EÜ (%)	Kül (%)	Toplam HA (%)	Serbest HA (%)	Dağılım THA (%)	Dağılım Kül (%)	Σ Dağılım Kül (%)	Σ Dağılım THA (%)	ΣEA Kül (%)	ΣEATHA (%)
9,51/4,76	5,54	100,00	5,54	49,05	20,05	19,55	5,38	5,35	100,00	100,00	50,78	20,65
4,76/3,35	10,85	94,46	16,39	54,27	23,04	17,36	12,10	11,59	94,65	94,62	50,89	20,68
3,35/2	16,10	83,62	32,49	51,38	25,18	17,36	19,63	16,29	83,06	82,52	50,45	20,38
2/1	18,14	67,52	50,62	48,90	21,20	18,22	18,62	17,46	66,77	62,89	50,23	19,23
1/0,710	7,60	49,38	58,22	48,90	20,69	19,29	7,61	7,32	49,31	44,27	50,71	18,51
0,710/0,5	5,94	41,78	64,17	55,15	25,19	14,15	7,25	6,45	41,99	36,66	51,04	18,12
0,5/0,355	6,97	35,84	71,13	48,97	17,68	14,50	5,97	6,72	35,54	29,41	50,36	16,94
0,355/0,250	6,59	28,87	77,72	49,46	20,80	11,13	6,64	6,42	28,82	23,44	50,70	16,77
0,250/0,180	3,81	22,28	81,53	49,78	17,69	10,93	3,26	3,73	22,40	16,80	51,06	15,57
0,180/0,150	2,28	18,47	83,81	49,45	20,36	12,86	2,25	2,22	18,67	13,54	51,32	15,14
0,150/0,125	2,64	16,20	86,45	50,06	11,79	7,50	1,51	2,60	16,45	11,30	51,59	14,40
0,125/0,106	7,18	13,56	93,63	51,58	15,00	14,53	5,22	7,29	13,85	9,79	51,89	14,91
0,106/0,075	3,15	6,38	96,77	52,38	11,61	7,26	1,77	3,25	6,56	4,57	52,23	14,81
0,075/0,025	1,48	3,23	98,25	48,52	17,25	17,05	1,23	1,41	3,31	2,80	52,08	17,93
0,025/0	1,75	1,75	100,00	55,08	18,50	17,65	1,57	1,90	1,90	1,57	55,08	18,50
Toplam	100,00			50,78	20,65	15,86	100,00	100,00				



Şekil 3.20 Besleme malı tane dağılım eğrileri

Besleme malının %100'ü 9,51 mm altı olup, yaklaşık %80'i 3mm altındadır. Ortalama tane iriliği ise (d_{50}) 1 mm civarındadır



Şekil 3.21 Besleme malının tane sınıflarına göre toplamalı kül-humik asit dağılım eğrileri

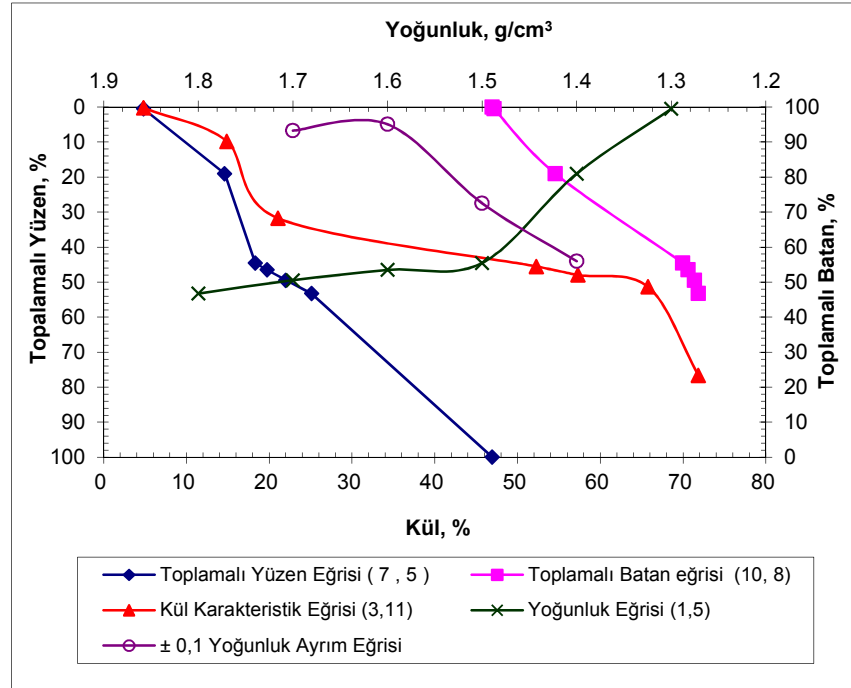
Besleme malının, toplamalı toplam humik asit değerleri incelendiğinde, genel olarak ince taneye doğru bir düşüş gözlenmektedir. Ancak bu düşüş yaklaşık olarak %20'den %15'e doğru dar bir banttadır. Kül değerleri de buna paralel olarak ince taneye doğru %50'den %55'e artış göstermektedir.

3.2.2.4 Niğde Ulukışla Numunesi Yüzdürme Batırma Testleri

3.2.2.4.1 9.51/4.75 mm Tane Aralığı Yüzdürme Batırma Testleri. Yüzdürme batırma testlerinde, numune 1,3-1,8 gr/cm³ yoğunluklu sıvılardan geçirilerek yüzen ve batan kısımlar yıkandıktan sonra tartılmış, kül ve humik asit analizleri yapılarak Henry-Reinhard grafikleri çizilerek değerlendirilmiştir. 9.51/4.75 mm tane aralığındaki malzemenin yüzdürme batırma test sonuçları kül yüzdelere göre Tablo 3.15 ve Şekil 3.22'de; toplam humik asit yüzdelere göre ise Tablo 3.16 ve Şekil 3.23'te verilmiştir.

Tablo 3.15 9,51/4,75 mm tane aralığı kül yüzdelere göre yüzdürme batırma test sonuçları

Yoğunluk g/cm ³	Yüzen Mal			Toplamalı Yüzen			Toplamalı Batan			y=a ₀ +a ₁ /2
	% Ağ	%Kül	İçerik	% Ağ	İçerik	% Kül	% Ağ	İçerik	% Kül	
Yüzen 1,3	0,53	4,84	2,58	0,53	2,58	4,84	100,00	4695,81	46,96	0,27
1,3 - 1,4	18,53	14,90	276,06	19,06	278,65	14,62	99,47	4693,22	47,18	9,80
1,4 - 1,5	25,50	21,09	537,72	44,56	816,37	18,32	80,94	4417,16	54,57	31,81
1,5 - 1,6	1,95	52,28	102,20	46,51	918,57	19,75	55,44	3879,43	69,97	45,54
1,6 - 1,7	2,97	57,30	170,27	49,48	1088,85	22,00	53,49	3777,23	70,62	48,00
1,7 - 1,8	3,79	65,78	249,45	53,28	1338,29	25,12	50,52	3606,96	71,40	51,38
Batan 1,8	46,72	71,86	3357,51	100,00	4695,81	46,96	46,72	3357,51	71,86	76,64
Toplam	100,00	46,96	4695,81							

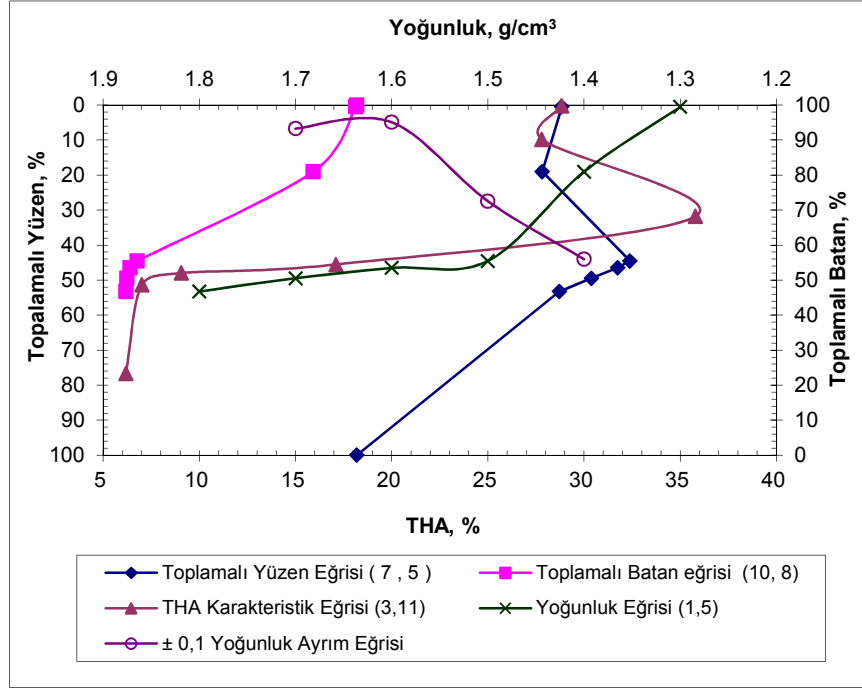


Şekil 3.22 9,51/4,75 mm tane aralığı yüzdürme batırma testi kül yüzdelere göre Henry-Reinhard eğrileri

±0.1 yoğunluk eğrisinden ise kömürün belirli yoğunlukta yıkanabilme zorluk dereceleri saptanabilir. Yıkama işleminin 1,7 gr/cm³ ve 1,6gr/cm³ yoğunlukta kolay ve daha aşağı yoğunluklara doğru gidildikçe zenginleştirme işleminin çok zor ve hatta imkansız olduğu görülebilir. 1,7 gr/cm³ yoğunlukta %49 ağırlık oranında %22 küllü kömür elde edilebilmektedir. Batan %51'lik kısmın külü ise %71'dir.

Tablo 3.16 9,51/4,75 mm tane aralığı toplam humik asit yüzdelere göre yüzdürme batırma test sonuçları

Yoğunluk g/cm ³	Yüzen Mal			Toplamalılık Yüzen			Toplamalılık Batan			y=a0+a1/2
	% Ağ	%THA	İçerik	% Ağ	İçerik	%THA	% Ağ	İçerik	%THA	
Yüzen 1,3	0,53	28,84	15,40	0,53	15,40	28,84	100,00	1818,93	18,19	0,27
1,3 - 1,4	18,53	27,80	515,07	19,06	530,47	27,83	99,47	1803,53	18,13	9,80
1,4 - 1,5	25,50	35,80	912,78	44,56	1443,25	32,39	80,94	1288,46	15,92	31,81
1,5 - 1,6	1,95	17,10	33,43	46,51	1476,68	31,75	55,44	375,68	6,78	45,54
1,6 - 1,7	2,97	9,06	26,92	49,48	1503,60	30,39	53,49	342,25	6,40	48,00
1,7 - 1,8	3,79	7,01	26,58	53,28	1530,19	28,72	50,52	315,33	6,24	51,38
Batan 1,8	46,72	6,18	288,75	100,00	1818,93	18,19	46,72	288,75	6,18	76,64
Toplam	100,00	18,19	1818,93							



Şekil 3.23 9,51/4,75 mm tane aralığı yüzdürme batırma testi toplam humik asit yüzdelere göre Henry-Reinhard eğrileri

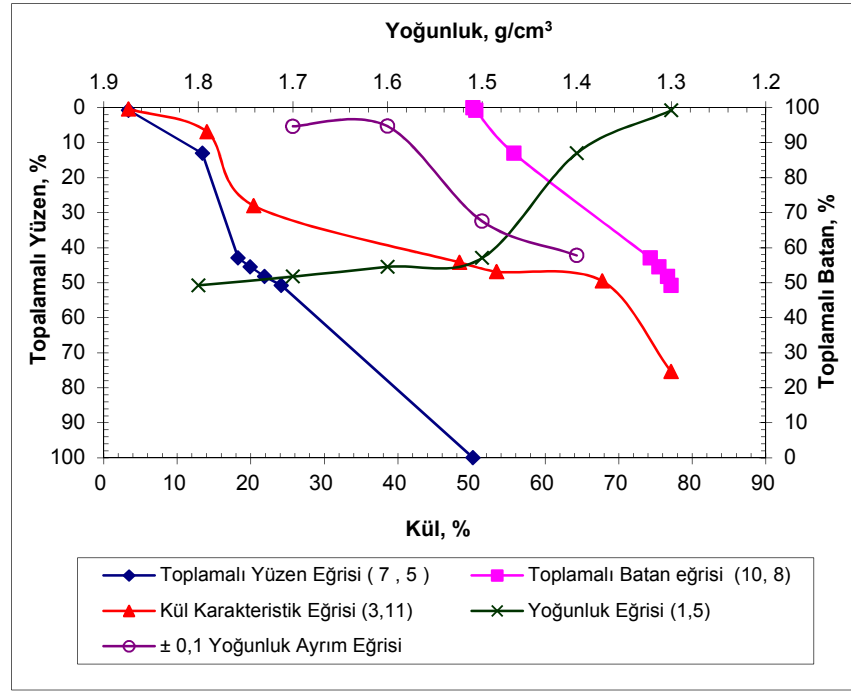
Yıkama işleminin 1,7 gr/cm³ ve 1,6gr/cm³ yoğunlukta kolay ve daha aşağı yoğunluklara doğru gidildikçe zenginleştirme işleminin çok zor ve hatta imkansız olduğu görülebilmektedir. 1,7 gr/cm³ yoğunlukta % 49 ağırlık oranında %30 THA değeri elde edilebilmektedir. Batan %51'lik kısmın THA'sı ise % 6,2'dir.

THA karakteristik eğrisine göre ise 35,80 THA değerine kadar geniş aralıkta humik asit dağılımı olduğu gözükmemektedir. Bu eğriye göre THA değeri 6,18 ile 35,80 arasında değişmektedir.

3.2.2.4.2 4,75/2 mm Tane Aralığı Yüzdürme Batırma Testleri. 4,75/2 mm tane aralığındaki malzemenin yüzdürme batırma test sonuçları kül yüzdelere göre Tablo 3.17 ve Şekil 3.24'te; toplam humik asit yüzdelere göre ise Tablo 3.18 ve Şekil 3.25'te verilmiştir.

Tablo 3.17 4,75/2 mm tane aralığı kül yüzdelere göre yüzdürme batırma test sonuçları

Yoğunluk g/cm ³	Yüzen Mal			Toplamalı Yüzen			Toplamalı Batan			y=a0+a1/2
	% Ağ	%Kül	İçerik	% Ağ	İçerik	% Kül	% Ağ	İçerik	% Kül	
Yüzen 1,3	0,76	3,40	2,58	0,76	2,58	3,40	100,00	5022,44	50,22	0,38
1,3 - 1,4	12,30	14,05	172,82	13,06	175,40	13,43	99,24	5019,86	50,58	6,91
1,4 - 1,5	29,91	20,41	610,46	42,97	785,86	18,29	86,94	4847,05	55,75	28,02
1,5 - 1,6	2,48	48,37	119,96	45,45	905,82	19,93	57,03	4236,58	74,29	44,21
1,6 - 1,7	2,82	53,44	150,70	48,27	1056,52	21,89	54,55	4116,62	75,47	46,86
1,7 - 1,8	2,51	67,76	170,08	50,78	1226,60	24,16	51,73	3965,92	76,67	49,53
Batan 1,8	49,22	77,12	3795,85	100,00	5022,44	50,22	49,22	3795,85	77,12	75,39
Toplam	100,00	50,22	5022,44							



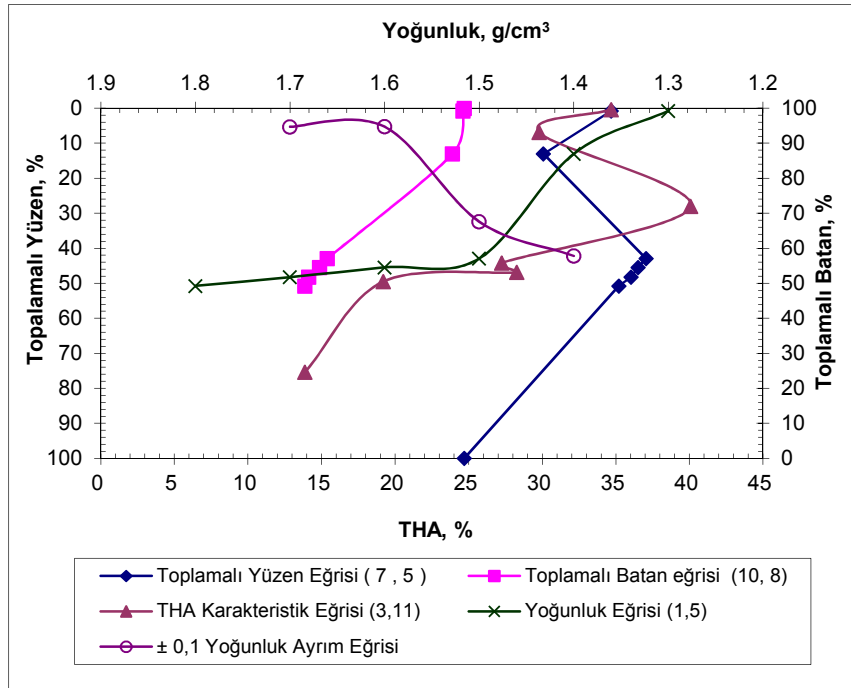
Şekil 3.24 4,75/2 mm tane aralığı yüzdürme batırma testi kül yüzdelere göre Henry-Reinhard eğrileri

±0.1 yoğunluk eğrisinden yıkama işleminin 1,7 gr/cm³ ve 1,6gr/cm³ yoğunlukta kolay ve daha aşağı yoğunluklara doğru gidildikçe zenginleştirme işleminin çok zor olduğu görülebilir. 1,6 gr/cm³ yoğunlukta %45 ağırlık oranında %20 küllü kömür elde edilebilmektedir. Batan %55'lık kısmın külü ise %75'tir.

Kül karakteristik eğrisine göre, kömürün içinde fazla miktarda yüksek küllü malzeme olduğu söylenebilir. Bu da mineral madde miktarının fazla olduğunu gösterir. Nitekim 1,8 batan kısımda ağırlıkça malzemenin %49,22'sinin %77,12 küllü olduğu görülmektedir.

Tablo 3.18 4,75/2 mm tane aralığı toplam humik asit yüzdelere göre yüzdürme batırma test sonuçları

Yoğunluk g/cm ³	Yüzen Mal			Toplamalı Yüzen			Toplamalı Batan			y=a0+a1/2
	% Ağ	%THA	İçerik	% Ağ	İçerik	%THA	% Ağ	İçerik	%THA	
Yüzen 1,3	0,76	34,70	26,37	0,76	26,37	34,70	100,00	2471,02	24,71	0,38
1,3 - 1,4	12,30	29,80	366,54	13,06	392,91	30,09	99,24	2444,65	24,63	6,91
1,4 - 1,5	29,91	40,10	1199,39	42,97	1592,30	37,06	86,94	2078,11	23,90	28,02
1,5 - 1,6	2,48	27,26	67,60	45,45	1659,91	36,52	57,03	878,72	15,41	44,21
1,6 - 1,7	2,82	28,28	79,75	48,27	1739,66	36,04	54,55	811,12	14,87	46,86
1,7 - 1,8	2,51	19,20	48,19	50,78	1787,85	35,21	51,73	731,37	14,14	49,53
Batan 1,8	49,22	13,88	683,17	100,00	2471,02	24,71	49,22	683,17	13,88	75,39
Toplam	100,00	24,71	2471,02							



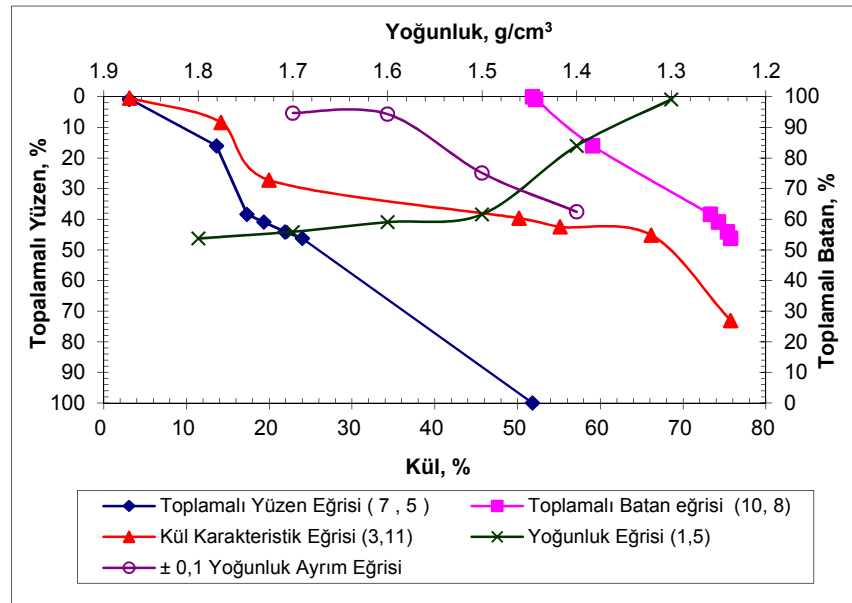
Şekil 3.25 4,75/2 mm tane aralığı yüzdürme batırma testi toplam humik asit yüzdelere göre Henry-Reinhard eğrileri

Yıkama işleminin en kolay olduğu 1.6 gr/cm^3 yoğunlukta %45 ağırlık oranında yaklaşık %336 toplam humik asit değerine sahip leonardit elde edilirken, batan %55'lik kısmın toplam humik asit değeri ise % 15'tir.

3.2.2.4.3 2/0,355 mm Tane Aralığı Yüzdürme Batırma Testleri. 2/0,355 mm tane aralığındaki malzemenin yüzdürme batırma test sonuçları kül yüzdelere göre Tablo 3.19 ve Şekil 3.26'da; toplam humik asit yüzdelere göre ise Tablo 3.20 ve Şekil 3.27'de verilmiştir.

Tablo 3.19 2/0,355 mm tane aralığı kül yüzdelere göre yüzdürme batırma test sonuçları

Yoğunluk g/cm ³	Yüzen Mal			Toplamalı Yüzen			Toplamalı Batan			y=a ₀ +a ₁ /2
	% Ağ	%Kül	İçerik	% Ağ	İçerik	% Kül	% Ağ	İçerik	% Kül	
Yüzen 1,3	0,83	3,15	2,61	0,83	2,61	3,15	100,00	5180,30	51,80	0,42
1,3 - 1,4	15,21	14,21	216,13	16,04	218,75	13,64	99,17	5177,69	52,21	8,44
1,4 - 1,5	22,38	19,98	447,15	38,42	665,90	17,33	83,96	4961,55	59,09	27,23
1,5 - 1,6	2,52	50,21	126,53	40,94	792,43	19,36	61,58	4514,40	73,31	39,68
1,6 - 1,7	3,15	55,14	173,69	44,09	966,12	21,91	59,06	4387,87	74,30	42,52
1,7 - 1,8	2,19	66,16	144,89	46,28	1111,01	24,01	55,91	4214,18	75,37	45,19
Batan 1,8	53,72	75,75	4069,29	100,00	5180,30	51,80	53,72	4069,29	75,75	73,14
Toplam	100,00	51,80	5180,30							



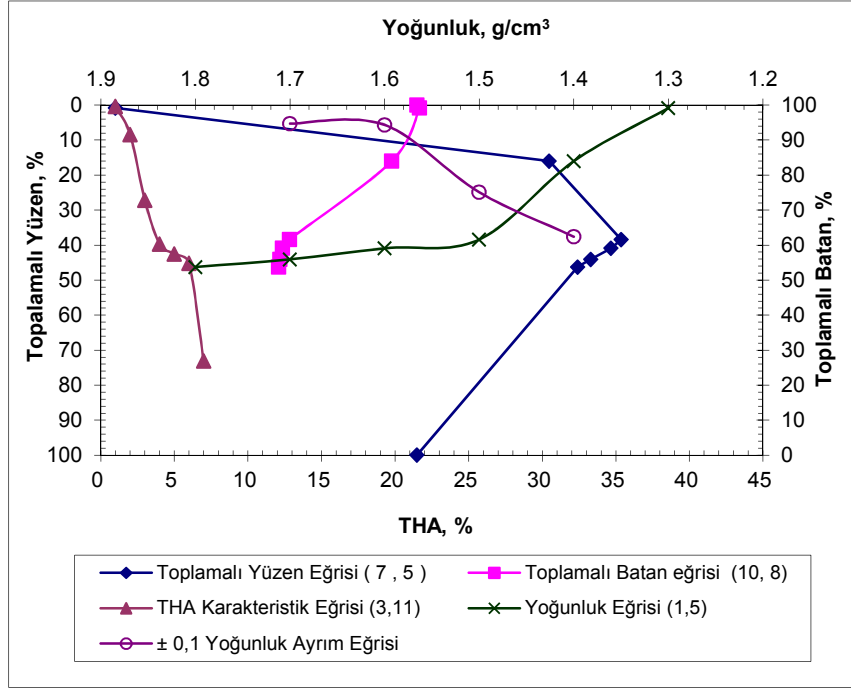
Şekil 3.26 2/0,355 mm tane aralığı yüzdürme batırma testi kül yüzdelere göre Henry-Reinhard eğrileri

± 0.1 yoğunluk eğrisinden yıkama işleminin $1,7 \text{ gr/cm}^3$ ve $1,6 \text{ gr/cm}^3$ yoğunlukta kolay ve daha aşağı yoğunluklara doğru gidildikçe zenginleştirme işleminin çok zor olduğu görülebilir. $1,6 \text{ gr/cm}^3$ yoğunlukta %41 ağırlık oranında %19,36 küllü kömür elde edilebilmektedir. Batan %59'luk kısmın külü ise %74 tür.

Kül karakteristik eğrisine göre, kömürün içinde fazla miktarda yüksek küllü malzeme olduğu söylenebilir. 1,8 batan kısımda ağırlıkça malzemenin %53,72'sinin %75,75 küllü olduğu görülmektedir.

Tablo 3.20 2/0,355 mm tane aralığı toplam humik asit yüzdelere göre yüzdürme batırma test sonuçları

Yoğunluk g/cm ³	Yüzen Mal			Toplamalı Yüzen			Toplamalı Batan			Y=a ₀ +a ₁ /2
	% Ağ	%THA	İçerik	% Ağ	İçerik	%THA	% Ağ	İçerik	%THA	
Yüzen 1,3	0,83	35,82	0,83	0,83	0,83	1,00	100,00	2149,00	21,49	0,42
1,3 - 1,4	15,21	32,09	488,09	16,04	488,92	30,48	99,17	2148,17	21,66	8,44
1,4 - 1,5	22,38	38,87	869,91	38,42	1358,83	35,37	83,96	1660,08	19,77	27,23
1,5 - 1,6	2,52	24,14	60,83	40,94	1419,66	34,68	61,58	790,17	12,83	39,68
1,6 - 1,7	3,15	15,48	48,76	44,09	1468,42	33,31	59,06	729,33	12,35	42,52
1,7 - 1,8	2,19	14,20	31,10	46,28	1499,52	32,40	55,91	680,57	12,17	45,19
Batan 1,8	53,72	12,09	649,47	100,00	2149,00	21,49	53,72	649,47	12,09	73,14
Toplam	100,00	21,49	2149,00							



Şekil 3.27 2/0,355 mm tane aralığı yüzdürme batırma testi toplam humik asit yüzdelere göre Henry-Reinhard eğrileri

Yıkama işleminin en kolay olduğu 1.6 gr/cm^3 yoğunlukta yaklaşık %41 ağırlık oranında %35 toplam humik asit değerine sahip leonardit elde edilirken, batan %59'luk kısmın toplam humik asit değeri ise % 12'dir.

3.2.2.4.4 0,355/0 mm Tane Aralığı Yüzdürme Batırma Testleri. 0.355/0 mm tane aralığında yüzdürme batırma testleri iri tanedeki (9,51/4,75 mm; 4,75/2 mm; 2/0.710 mm) yüzdürme batırma testlerine göre, ince tane olması ve yüzen ve batan tanelerin sağlıklı ve kolay toplanamaması nedenleriyle, cam hunilerde 60 gr numune ile yapılmıştır. İçlerinde 1.3 gr/cm^3 'ten 1.8 gr/cm^3 'e kadar sıvıların bulunduğu cam hunilere, konan numuneler (60 gr), numunelerin çökme süreleri sonunda, hunilerin altındaki tıpa açılması suretiyle, yüzen ve batan olarak ayrı ayrı beherlere alınmıştır. Yüzen ve batan malzemeler beherde yıkandıktan sonra tartılarak analizleri yapılmış, yüzdürme batırma tablosu toplamalı yüzen ve batanlardan hesaplanarak hazırlanmıştır.

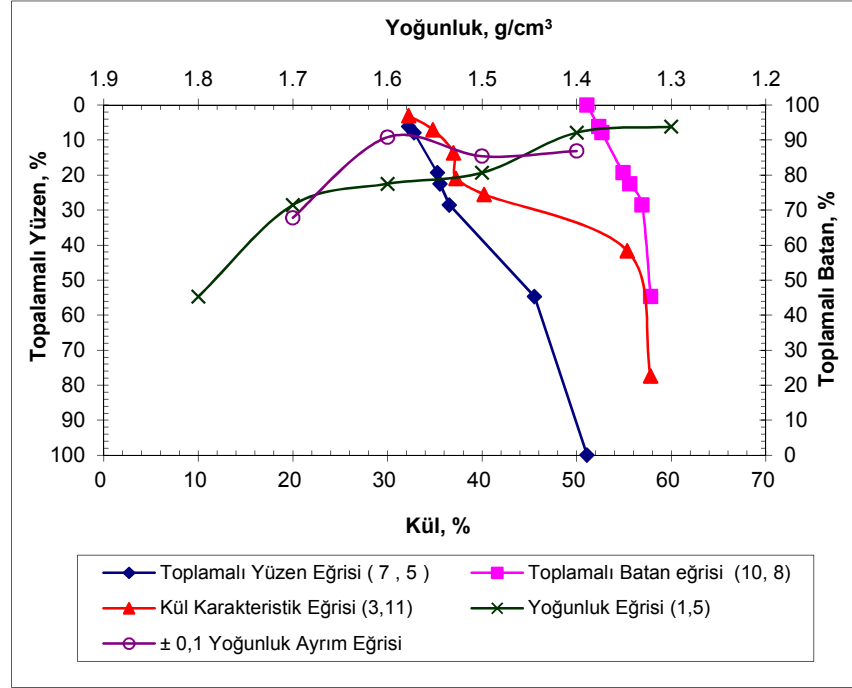


Şekil 3.28 0,355/0 mm tane aralığı yüzdürme-batırma testi yapılışı

Besleme malının yaklaşık %30'unu oluşturan, 0.355/0 mm tane aralığındaki malzemenin yüzdürme batırma test sonuçları kül yüzdelere göre Tablo 3.21 ve Şekil 3.29'da; toplam humik asit yüzdelere göre ise Tablo 3.22 ve Şekil 3.30'da verilmiştir.

Tablo 3.21 0,355/0 mm tane aralığı kül yüzdelere göre yüzdürme batırma test sonuçları

Yoğunluk g/cm ³	Yüzen Mal			Toplamalı Yüzen			Toplamalı Batan			y=a0+a1/2
	% Ağ	%Kül	İçerik	% Ağ	İçerik	% Kül	% Ağ	İçerik	% Kül	
Yüzen 1,3	6,20	32,26	200,01	6,20	200,01	32,26	100,00	5110,31	51,10	3,10
1,3 - 1,4	1,70	34,82	59,19	7,90	259,21	32,81	93,80	4910,30	52,35	7,05
1,4 - 1,5	11,46	36,99	423,91	19,36	683,11	35,28	92,10	4851,11	52,67	13,63
1,5 - 1,6	3,16	37,26	117,74	22,52	800,85	35,56	80,64	4427,20	54,90	20,94
1,6 - 1,7	6,03	40,24	242,65	28,55	1043,50	36,55	77,48	4309,46	55,62	25,54
1,7 - 1,8	26,19	55,36	1449,88	54,74	2493,38	45,55	71,45	4066,81	56,92	41,65
Batan 1,8	45,26	57,82	2616,93	100,00	5110,31	51,10	45,26	2616,93	57,82	77,37
Toplam	100,00	51,10	5110,31							

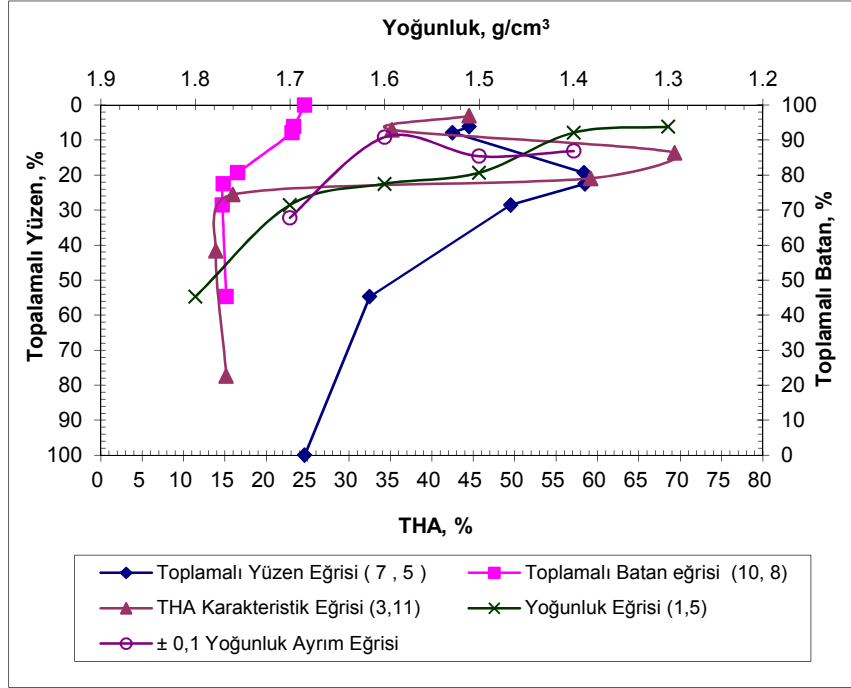


Şekil 3.29 0,355/0 mm tane aralığı yüzdürme batırma testi kül yüzdelere göre Henry-Reinhard eğrileri

Bu tane aralığındaki besleme malı numunesi yüksek (%51,10) küllüdür. Teorik olarak ayırma yoğunluğu 1.6 gr/cm³'te nispeten kolay gibi gözükse de pratikte bir kömür yıkama işlemi için %35 küllü konsantreden bahsedilemez.

Tablo 3.22 0,355/0 mm tane aralığı toplam humik asit yüzdelere göre yüzdürme batırma test sonuçları

Yoğunluk g/cm ³	Yüzen Mal			Toplamalı Yüzen			Toplamalı Batan			y=a0+a1/2
	% Ağ	%THA	İçerik	% Ağ	İçerik	%THA	% Ağ	İçerik	%THA	
Yüzen 1,3	6,20	44,51	275,96	6,20	275,96	44,51	100,00	2465,04	24,65	3,10
1,3 - 1,4	1,70	35,19	59,82	7,90	335,79	42,50	93,80	2189,08	23,34	7,05
1,4 - 1,5	11,46	69,35	794,75	19,36	1130,54	58,40	92,10	2129,25	23,12	13,63
1,5 - 1,6	3,16	59,21	187,10	22,52	1317,64	58,51	80,64	1334,50	16,55	20,94
1,6 - 1,7	6,03	15,96	96,24	28,55	1413,88	49,52	77,48	1147,40	14,81	25,54
1,7 - 1,8	26,19	13,92	364,56	54,74	1778,44	32,49	71,45	1051,16	14,71	41,65
Batan 1,8	45,26	15,17	686,59	100,00	2465,04	24,65	45,26	686,59	15,17	77,37
Toplam	100,00	24,65	2465,04							



Şekil 3.30 0,355/0 mm tane aralığı yüzdürme batırma testi toplam humik asit yüzdelerine göre Henry-Reinhard eğrileri

0.355/0 mm tane aralığında yüzdürme batırma işlemlerinde, humik asit ve kül açısından numunenin yüzdürme batırmada farklı davranışlar sergilediği gözlenmektedir. Yıkama işleminin en kolay olduğu 1.6 gr/cm³ yoğunlukta %22,52 ağırlık oranında %58,51 toplam humik asit içerikli konsantre elde etmek mümkündür. Aynı yoğunluktaki kül yüzdesi ise %35'tir. Bu veriler, numunenin oksidasyon sürecinde, kömürleşmeye maruz kalamadığını göstermektedir.

3.2.3 Meriç Bölgesi Numune Karakterizasyonu

3.2.3.1 Meriç Bölgesi Linyit Oluşumları

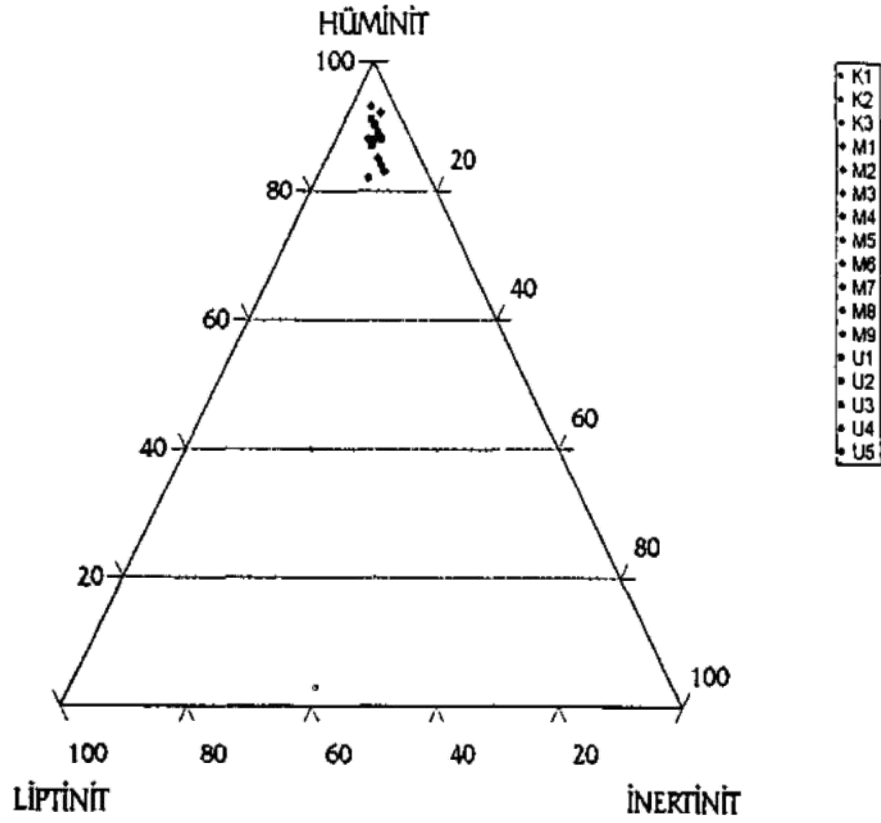
Meriç Bölgesi numuneleri, Keşan, Malkara ve kısmen de Uzunköprü ve Meriç nehri yakınlarındaki açık işletme şeklinde işletilmiş kömürlerin örtü tabakasından alınmıştır. Numune alınan bölge, ülkemizin kömür yatakları içinde önemli bir yeri olan Trakya havzasında Danişment formasyonunda bulunmaktadır. (Şengüler, Toprak, Kara, Öner, Tuncalı ve Kır, 2000) Kömür damarları havzanın kuzeyinde

daha çok bir iki damar halinde, güneyinde ise yedi ayrı damar halinde yüzeylenmektedir.

Trakya Tersiyer Havzası kömürleri araştırmacılar tarafından bulundukları yer dikkate alınarak; Istranca Masifi eteklerinde yer alan kömürler ile Keşan, Malkara, Uzunköprü ve Meriç yöresinde yer alan kömürler şeklinde gruplandırılmıştır. Havzada kömür oluşumu Oligosen yaşlı Danişment formasyonu içinde, Istranca Masifi eteklerinde bir veya iki damar halinde, Güney Trakya' da (Keşan-Malkara) ise çok sayıda damarlar halinde bulunmaktadır (Şengüler ve diğer, 2000).

Meriç bölgesi numunelerinin homojenizasyonu sonucu elde edilen numune ile Şengüler ve diğer. (2000) yaptıkları maseral analizi üçgen diyagramı Şekil 3.31'de verilmektedir.

Şekil 3.31'de bu çalışmanın konusunu oluşturan Meriç Bölgesi leonarditlerinin maseral grubu olarak huminite yakın olduğu görülmektedir. Bu da humik asit oranlarının yüksek olmasının sebebidir.



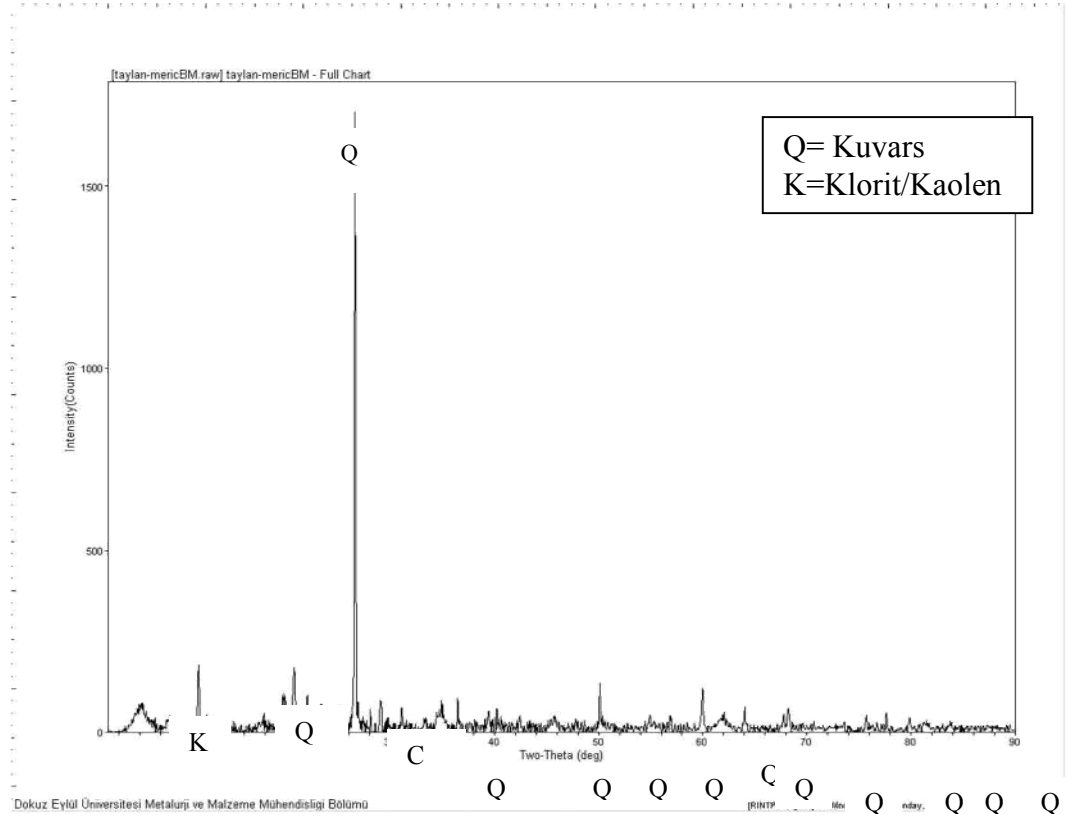
Şekil 3.31 Meriç bölgesi leonarditlerinin maseral grubu dağılımlarını gösteren üçgen diyagram (Şengüler ve diğer, 2000)

3.2.3.2 Besleme Malı XRD, Tam Kömür ve Humik Asit Analizleri

Meriç bölgesinden farklı noktalardan alınan leonardit numunesi homojenizasyon işlemlerinden sonra alınan numuneye XRD (Şekil 3.32), nem, kül, kalori, toplam kükürt, külde kükürt, uçucu madde (Tablo 3.23), toplam humik asit, serbest humik asit analizleri yapılmıştır. Besleme malı toplam humik asit değeri %48,39, serbest humik asit yüzdesi ise 45,73' tür.

Tablo 3.23 Besleme malı kömür analiz sonuçları

	Original Baz	Havada Kuru Baz	Kuru Baz
Nem %	10,69	10,69	-
Kül %	32,61	32,61	36,51
Uçucu Madde %	36,02	36,02	40,33
Sabit Karbon %	20,68	20,68	23,16
Toplam	100,00	100,00	100,00
Yanar Kükürt %	0,19	0,19	0,21
Külde Kükürt %	1,02	1,02	1,14
Toplam Kükürt %	1,21	1,21	1,35
Alt Isı Değeri kCal/kg	2791	2791	3197
Üst Isı Değeri kCal/kg	3003	3003	3364



Şekil 3.32 Meriç Bölgesi homojenize edilmiş besleme malı XRD analiz sonuçları (Dokuz Eylül Üniversitesi Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü Laboratuvarı)

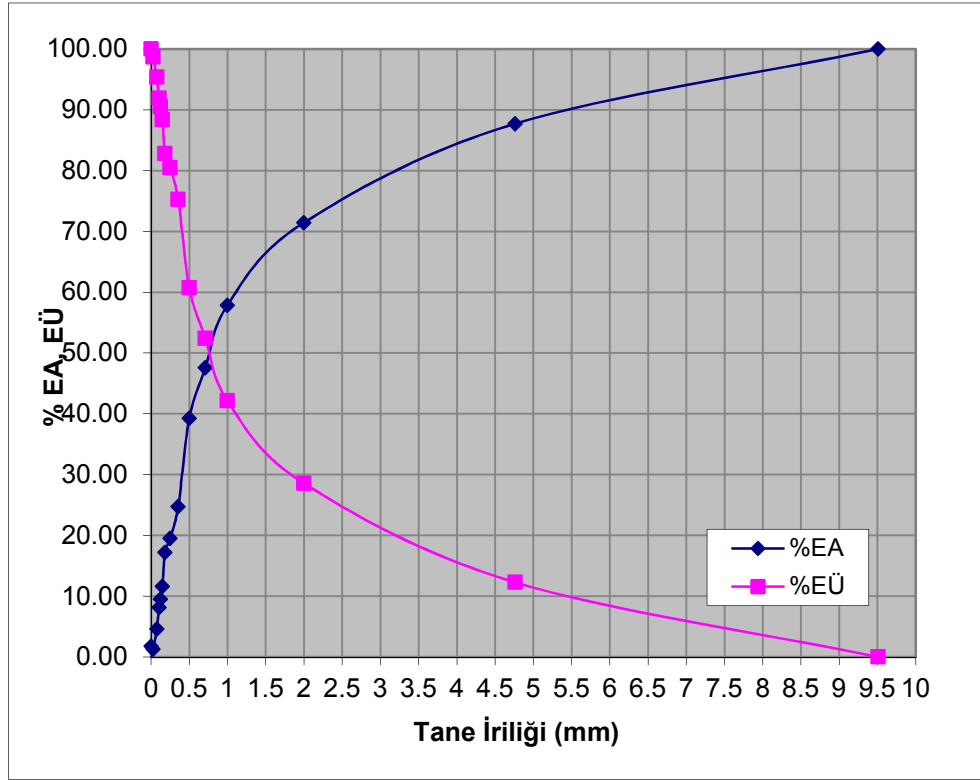
Şekil 3.32’de verilmiş olan XRD grafiğine göre; Meriç Bölgesi besleme malı numunesi, içerisinde mineral madde olarak, fazlaca kuvars ve daha az oranlarda da klorit/kaolen bulunmaktadır.

3.2.3.3 Besleme Malı Tane Sınıflarına Göre Kül-Humik Asit Dağılımı

Meriç Bölgesi numunesinin kül-humik asit analiz sonuçları Tablo 3.24’te verilmiştir.

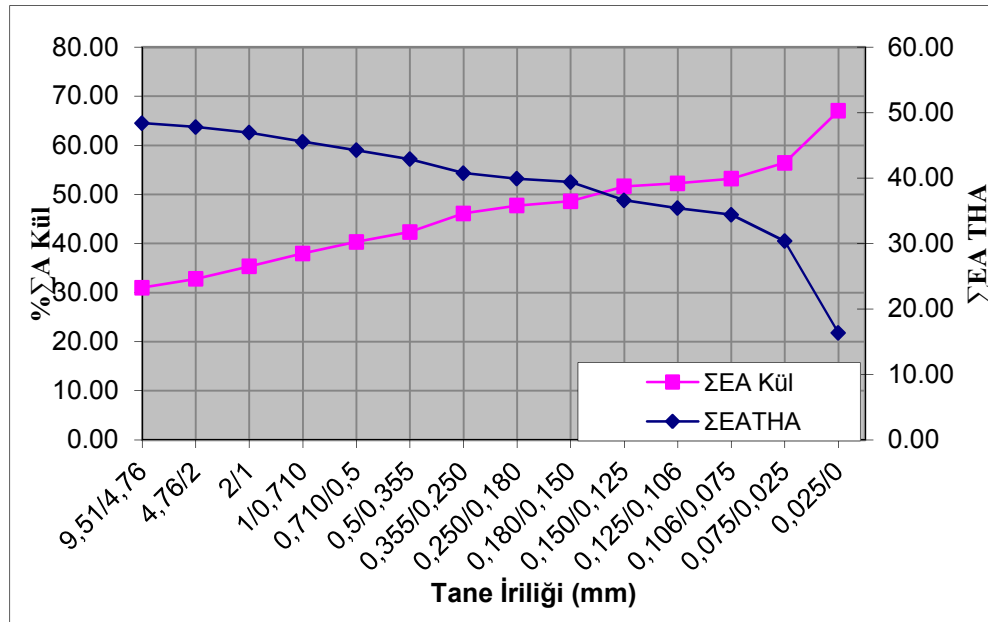
Tablo 3.24 Tane sınıflarına göre kül-hümik asit dağılımı

Tane İriliği (mm)	Ağırlık (%)	Σ EA (%)	Σ EÜ (%)	Kül (%)	Toplam HA (%)	Serbest HA (%)	Dağılım THA (%)	Dağılım Kül (%)	Σ Dağılım Kül (%)	Σ Dağılım THA (%)	ΣEA Kül (%)	ΣEATHA (%)
9,51/4,76	12,28	100,00	12,28	18,23	52,54	49,60	13,33	7,22	100,00	100,00	31,01	48,39
4,76/2	16,28	87,72	28,56	21,72	51,49	51,11	17,32	11,40	92,78	86,67	32,80	47,81
2/1	13,57	71,44	42,13	23,94	53,01	48,94	14,87	10,48	81,38	69,34	35,33	46,97
1/0,710	10,31	57,87	52,44	27,31	51,44	50,56	10,96	9,08	70,91	54,48	38,00	45,55
0,710/0,5	8,30	47,56	60,74	30,67	50,74	49,81	8,70	8,21	61,83	43,52	40,32	44,27
0,5/0,355	14,56	39,26	75,30	35,96	46,52	41,33	14,00	16,88	53,62	34,81	42,36	42,90
0,355/0,250	5,18	24,70	80,48	40,00	44,02	43,12	4,71	6,68	36,74	20,81	46,13	40,77
0,250/0,180	2,35	19,52	82,83	41,55	43,60	38,51	2,12	3,15	30,05	16,10	47,75	39,91
0,180/0,150	5,55	17,17	88,38	42,24	45,24	41,60	5,19	7,56	26,91	13,98	48,60	39,41
0,150/0,125	2,13	11,62	90,51	48,88	42,03	41,88	1,85	3,36	19,35	8,79	51,64	36,62
0,125/0,106	1,38	9,49	91,89	46,59	41,25	38,84	1,18	2,07	15,99	6,94	52,26	35,41
0,106/0,075	3,48	8,11	95,37	48,92	39,80	33,28	2,86	5,49	13,92	5,77	53,22	34,41
0,075/0,025	3,36	4,63	98,73	52,45	35,66	34,38	2,48	5,68	8,43	2,91	56,45	30,36
0,025/0	1,27	1,27	100,00	67,04	16,34	9,91	0,43	2,75	2,75	0,43	67,04	16,34
Toplam	100,00			31,01	48,39	45,73	100,00	100,00				



Şekil 3.33 Besleme malı tane dağılım eğrileri

Besleme malının %100'ü 9,51 mm altı olup, yaklaşık %80'i 3,25 mm altındadır. Ortalama tane iriliği ise (d_{50}) 0,75 mm civarındadır.



Şekil 3.34 Besleme malının tane sınıflarına göre toplamalı kül-humik asit dağılım eğrileri

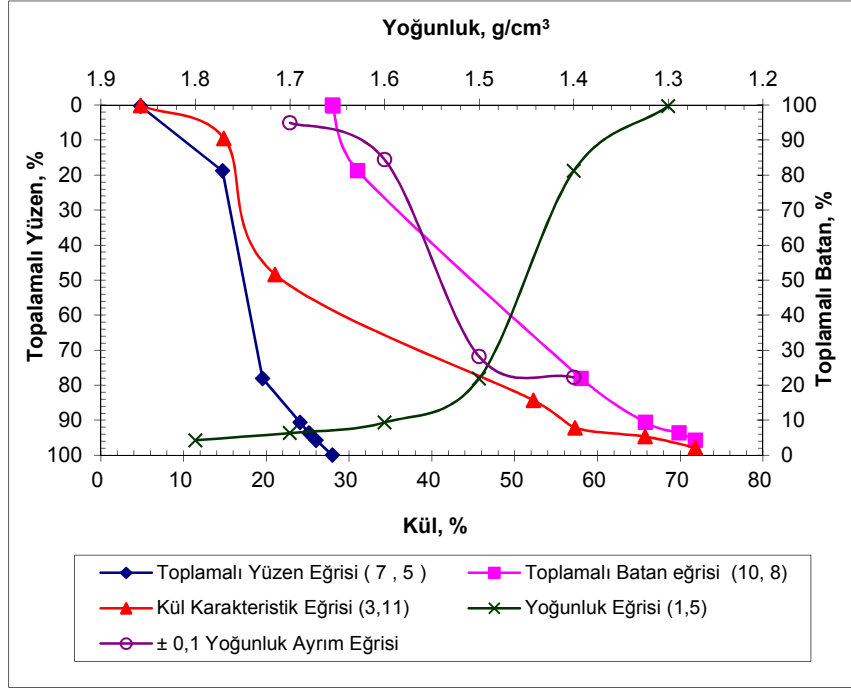
Besleme toplamalı toplam humik asit değerleri incelendiğinde, genel olarak ince taneye doğru bir düşüş gözlenmektedir. Ayrıca, 0,025 mm altında toplam humik asit değeri ani bir düşüşle %30'dan %16'ya inmektedir. Kül değerleri ise yaklaşık %30'dan %67'ye doğru tane boyutu incelidikçe artmaktadır.

3.2.3.4 Meriç Numunesi Yüzdürme Batırma Testleri

3.2.3.4.1 9.51/4.75 mm Tane Aralığı Yüzdürme Batırma Testleri. 9.51/4.75 mm tane aralığındaki malzemenin yüzdürme batırma test sonuçları kül yüzdelere göre Tablo 3.25 ve Şekil 3.35'te; toplam humik asit yüzdelere göre ise Tablo 3.26 ve Şekil 3.36'te verilmiştir.

Tablo 3.25 9,51/4,75 mm tane aralığı kül yüzdelere göre yüzdürme batırma test sonuçları

Yoğunluk g/cm ³	Yüzen Mal			Toplamalı Yüzen			Toplamalı Batan			y=a0+a1/2
	% Ağ	%Kül	İçerik	% Ağ	İçerik	% Kül	% Ağ	İçerik	% Kül	
Yüzen 1,3	0,32	4,84	1,57	0,32	1,57	4,84	100,00	2799,30	27,99	0,16
1,3 - 1,4	18,47	14,90	275,17	18,79	276,74	14,73	99,68	2797,74	28,07	9,56
1,4 - 1,5	59,30	21,09	1250,61	78,09	1527,35	19,56	81,21	2522,56	31,06	48,44
1,5 - 1,6	12,56	52,28	656,50	90,65	2183,85	24,09	21,91	1271,95	58,06	84,37
1,6 - 1,7	3,03	57,30	173,42	93,67	2357,27	25,16	9,35	615,45	65,81	92,16
1,7 - 1,8	2,06	65,78	135,19	95,73	2492,47	26,04	6,33	442,03	69,88	94,70
Batan 1,8	4,27	71,86	306,84	100,00	2799,30	27,99	4,27	306,84	71,86	97,87
Toplam	100,00	27,99	2799,30							

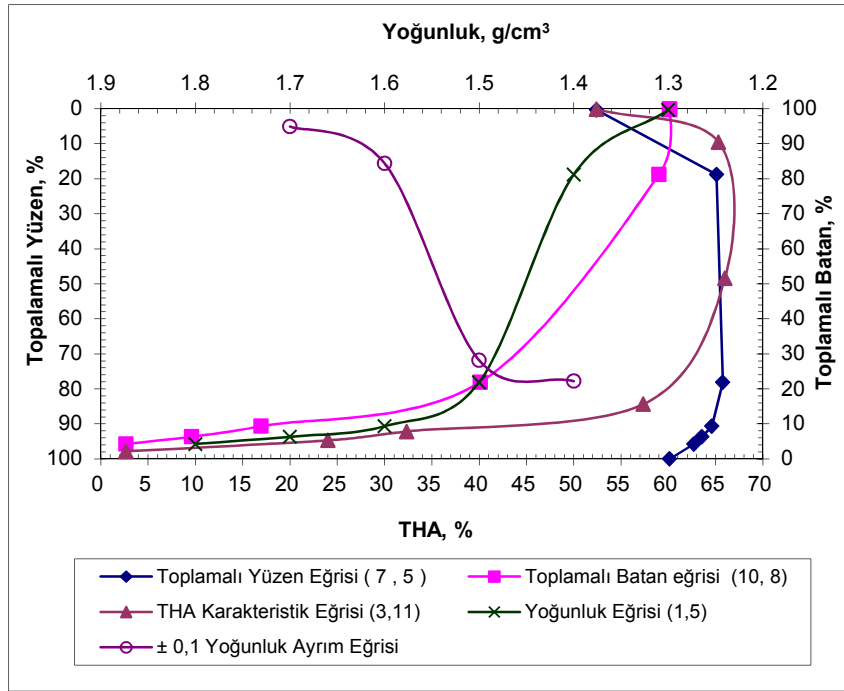


Şekil 3.35 9,51/4,75 mm tane aralığı yüzdürme batırma testi kül yüzdelere göre Henry-Reinhard eğrileri

Meriç bölgesi kömürleri genç kömürlerdir. Özellikle numune alınan bölge üst düzey kömürleri yüksek oranda oksidasyona maruz kalmış ve kömürleşme sürecine (yüksek sıcaklık ve basınç) girememişlerdir. Dolayısıyla odunumsu yapılar numune içinde fazla miktarda bulunmaktadır. Şekil 3.23'den de görüleceği üzere, kül karakteristik eğrisi %20 kül oranından sonra yataya yönelerek kül oranı %50'lerden %70'lere yükselmektedir. Ancak, ağırlık yüzdesi olarak ana malzemeye göre bu miktar azdır. Dolayısıyla yoğunluk eğrisi de buna paralel olarak dike yakın aşağıya inmektedir. Örneğin 1,5 gr/cm³'te yıkama imkansız gibi gözükmesine rağmen, bu yoğunlukta malzemenin yaklaşık %78'i %20 küllü olarak elde edilebilmektedir. Batan yaklaşık %22'lik kısmın külü ise %58'dir. Ancak besleme malı külünün de %28 olduğu göz önüne alınırsa yıkama işlemi çok başarılı değildir.

Tablo 3.26 9,51/4,75 mm tane aralığı toplam humik asit yüzdelere göre yüzdürme batırma test sonuçları

Yoğunluk g/cm ³	Yüzen Mal			Toplamalı Yüzen			Toplamalı Batan			y=a ₀ +a ₁ /2
	% Ağ	%THA	İçerik	% Ağ	İçerik	%THA	% Ağ	İçerik	%THA	
Yüzen 1,3	0,32	52,40	16,98	0,32	16,98	52,40	100,00	6014,14	60,14	0,16
1,3 - 1,4	18,47	65,31	1206,15	18,79	1223,13	65,09	99,68	5997,16	60,17	9,56
1,4 - 1,5	59,30	65,97	3911,94	78,09	5135,07	65,76	81,21	4791,01	59,00	48,44
1,5 - 1,6	12,56	57,37	720,42	90,65	5855,49	64,60	21,91	879,07	40,12	84,37
1,6 - 1,7	3,03	32,35	97,91	93,67	5953,40	63,55	9,35	158,65	16,97	92,16
1,7 - 1,8	2,06	24,03	49,39	95,73	6002,78	62,71	6,33	60,75	9,60	94,70
Batan 1,8	4,27	2,66	11,36	100,00	6014,14	60,14	4,27	11,36	2,66	97,87
Toplam	100,00	60,14	6014,14							



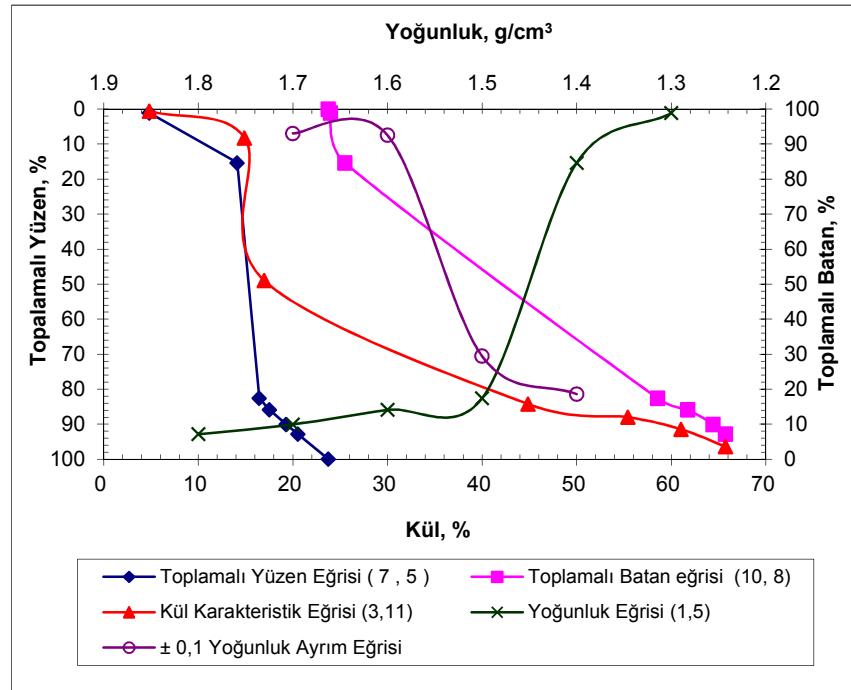
Şekil 3.36 9,51/4,75 mm tane aralığı yüzdürme batırma testi toplam humik asit yüzdelere göre Henry-Reinhard eğrileri

Toplam humik asit oranı açısından ise, ağırlık yüzdesi olarak besleme malının %4,22'si %2,66 toplam humik asit oranında artıktır, geri kalan numune nispeten yüksek humik asit içeriğine sahiptir.

3.2.3.4.2 4,75/2 mm Tane Aralığı Yüzdürme Batırma Testleri. 4.75/2 mm tane aralığındaki malzemenin yüzdürme batırma test sonuçları kül yüzdelere göre Tablo 3.27 ve Şekil 3.37’de; toplam humik asit yüzdelere göre ise Tablo 3.28 ve Şekil 3.38’da verilmiştir.

Tablo 3.27 4,75/2 mm tane aralığı kül yüzdelere göre yüzdürme batırma test sonuçları

Yoğunluk g/cm ³	Yüzen Mal			Toplamalı Yüzen			Toplamalı Batan			y=a ₀ +a ₁ /2
	% Ağ	%Kül	İçerik	% Ağ	İçerik	% Kül	% Ağ	İçerik	% Kül	
Yüzen 1,3	1,18	4,84	5,72	1,18	5,72	4,84	100,00	2376,83	23,77	0,59
1,3 - 1,4	14,19	14,90	211,44	15,37	217,16	14,13	98,82	2371,10	23,99	8,28
1,4 - 1,5	67,25	16,98	1141,83	82,62	1359,00	16,45	84,63	2159,66	25,52	49,00
1,5 - 1,6	3,30	44,87	147,95	85,92	1506,95	17,54	17,38	1017,83	58,56	84,27
1,6 - 1,7	4,17	55,43	231,37	90,09	1738,32	19,30	14,08	869,87	61,76	88,00
1,7 - 1,8	2,79	61,05	170,42	92,88	1908,74	20,55	9,91	638,50	64,43	91,49
Batan 1,8	7,12	65,76	468,08	100,00	2376,83	23,77	7,12	468,08	65,76	96,44
Toplam	100,00	23,77	2376,83							

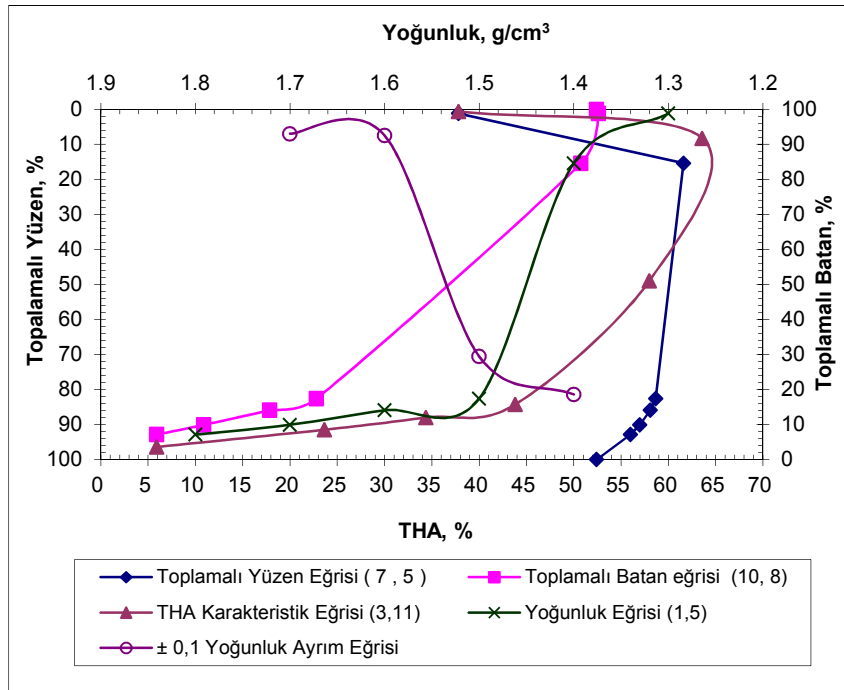


Şekil 3.37 4,75/2 mm tane aralığı yüzdürme batırma testi kül yüzdelere göre Henry-Reinhard eğrileri

4,75/2 mm tane aralığındaki numune de 9,51/4,75 mm tane aralığındaki ile benzer özellikler göstermektedir. 1,5 gr/cm³ yoğunlukta malzemenin yaklaşık %83'ü %20 kül oranı ile elde edilmektedir.

Tablo 3.28 4,75/2 mm tane aralığı toplam humik asit yüzdelere göre yüzdürme batırma test sonuçları

Yoğunluk g/cm ³	Yüzen Mal			Toplamalı Yüzen			Toplamalı Batan			y=a0+a1/2
	% Ağ	%THA	İçerik	% Ağ	İçerik	%THA	% Ağ	İçerik	%THA	
Yüzen 1,3	1,18	37,82	44,72	1,18	44,72	37,82	100,00	5242,86	52,43	0,59
1,3 - 1,4	14,19	63,59	902,38	15,37	947,10	61,61	98,82	5198,14	52,60	8,28
1,4 - 1,5	67,25	57,99	3899,59	82,62	4846,69	58,66	84,63	4295,76	50,76	49,00
1,5 - 1,6	3,30	43,82	144,49	85,92	4991,18	58,09	17,38	396,17	22,79	84,27
1,6 - 1,7	4,17	34,39	143,55	90,09	5134,73	57,00	14,08	251,68	17,87	88,00
1,7 - 1,8	2,79	23,64	65,99	92,88	5200,72	55,99	9,91	108,13	10,91	91,49
Batan 1,8	7,12	5,92	42,14	100,00	5242,86	52,43	7,12	42,14	5,92	96,44
Toplam	100,00	52,43	5242,86							



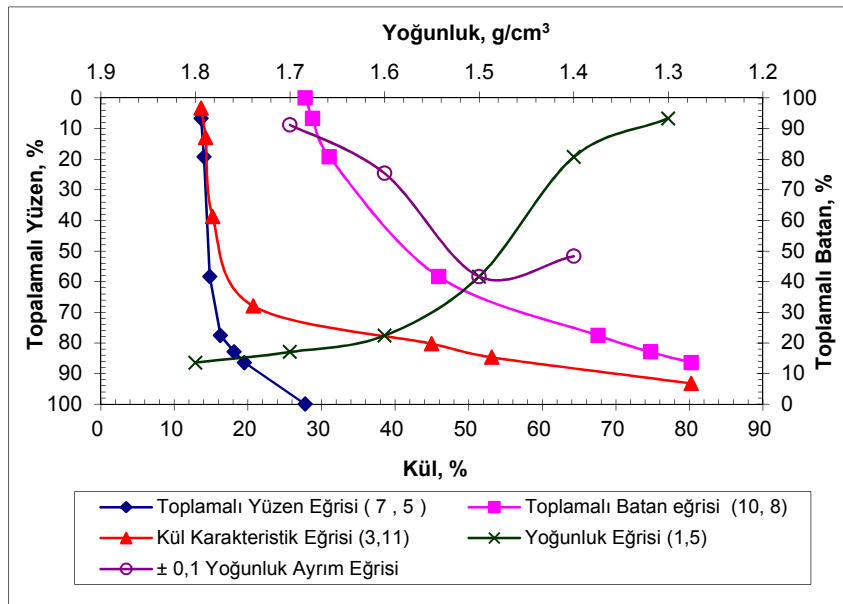
Şekil 3.38 4,75/2 mm tane aralığı yüzdürme batırma testi toplam humik asit yüzdelere göre Henry-Reinhard eğrileri

Toplam humik asit oranı açısından ise, ağırlık yüzdesi olarak besleme malının %7,12'si %5,92 toplam humik asit oranında artıktır, geri kalan %92,88'lik numune yaklaşık %56 toplam humik asit içeriğindedir.

3.2.3.4.3 2/0,710 mm Tane Aralığı Yüzdürme Batırma Testleri. 2/0,710 mm tane aralığındaki malzemenin yüzdürme batırma test sonuçları kül yüzdelere göre Tablo 3.29 ve Şekil 3.39'da, toplam humik asit oranlarına göre ise Tablo 3.30 ve Şekil 3.40'ta verilmiştir.

Tablo 3.29 2/0,710 mm tane aralığı kül yüzdelere göre yüzdürme batırma test sonuçları

Yoğunluk g/cm ³	Yüzen Mal			Toplamalı Yüzen			Toplamalı Batan			y=a ₀ +a ₁ /2
	% Ağ	%Kül	İçerik	% Ağ	İçerik	% Kül	% Ağ	İçerik	% Kül	
Yüzen 1,3	6,67	13,64	90,98	6,67	90,98	13,64	100,00	2777,89	27,78	3,34
1,3 - 1,4	12,64	14,25	180,12	19,31	271,10	14,04	93,33	2686,91	28,79	12,99
1,4 - 1,5	39,04	15,21	593,80	58,35	864,90	14,82	80,69	2506,79	31,07	38,83
1,5 - 1,6	19,27	20,74	399,66	77,62	1264,56	16,29	41,65	1912,99	45,93	67,99
1,6 - 1,7	5,35	44,98	240,64	82,97	1505,20	18,14	22,38	1513,33	67,62	80,30
1,7 - 1,8	3,48	53,17	185,03	86,45	1690,23	19,55	17,03	1272,69	74,73	84,71
Batan 1,8	13,55	80,27	1087,66	100,00	2777,89	27,78	13,55	1087,66	80,27	93,23
Toplam	100,00	27,78	2777,89							

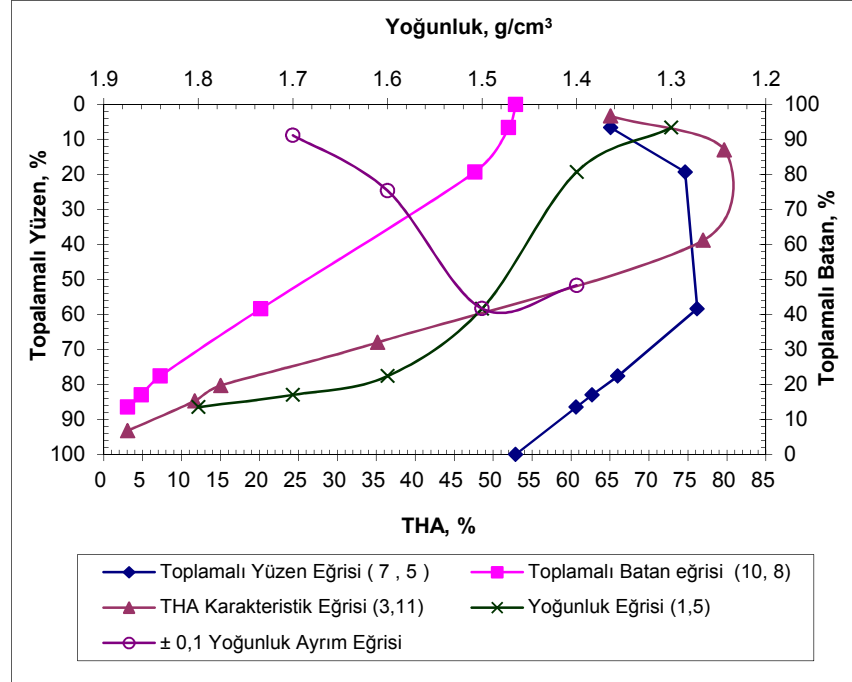


Şekil 3.39 2/0,710 mm tane aralığı yüzdürme batırma testi kül yüzdelere göre Henry-Reinhard eğrileri

Yıkama işleminin 1,7 gr/cm³ kolaydır. Diğer yoğunluklarda zordur. 1,7 gr/cm³ yoğunlukta %83 ağırlık oranında %18 küllü kömür elde edilebilmektedir. Batan %17'lik kısmın külü ise %75 tir.

Tablo 3.30 2/0,710 mm tane aralığı toplam humik asit yüzdelere göre yüzdürme batırma test sonuçları

Yoğunluk g/cm ³	Yüzen Mal			Toplamalı Yüzen			Toplamalı Batan			y=a0+a1/2
	% Ağ	%THA	İçerik	% Ağ	İçerik	%THA	% Ağ	İçerik	%THA	
Yüzen 1,3	6,67	65,09	434,15	6,67	434,15	65,09	100,00	5286,17	52,86	3,34
1,3 - 1,4	12,64	79,68	1007,16	19,31	1441,31	74,64	93,33	4852,02	51,99	12,99
1,4 - 1,5	39,04	76,95	3004,13	58,35	4445,43	76,19	80,69	3844,87	47,65	38,83
1,5 - 1,6	19,27	35,17	677,73	77,62	5123,16	66,00	41,65	840,74	20,19	67,99
1,6 - 1,7	5,35	15,04	80,46	82,97	5203,62	62,72	22,38	163,01	7,28	80,30
1,7 - 1,8	3,48	11,69	40,68	86,45	5244,30	60,66	17,03	82,55	4,85	84,71
Batan 1,8	13,55	3,09	41,87	100,00	5286,17	52,86	13,55	41,87	3,09	93,23
Toplam	100,00	52,86	5286,17							



Şekil 3.40 2/0,710 mm tane aralığı yüzdürme batırma testi toplam humik asit yüzdelere göre Henry-Reinhard eğrileri

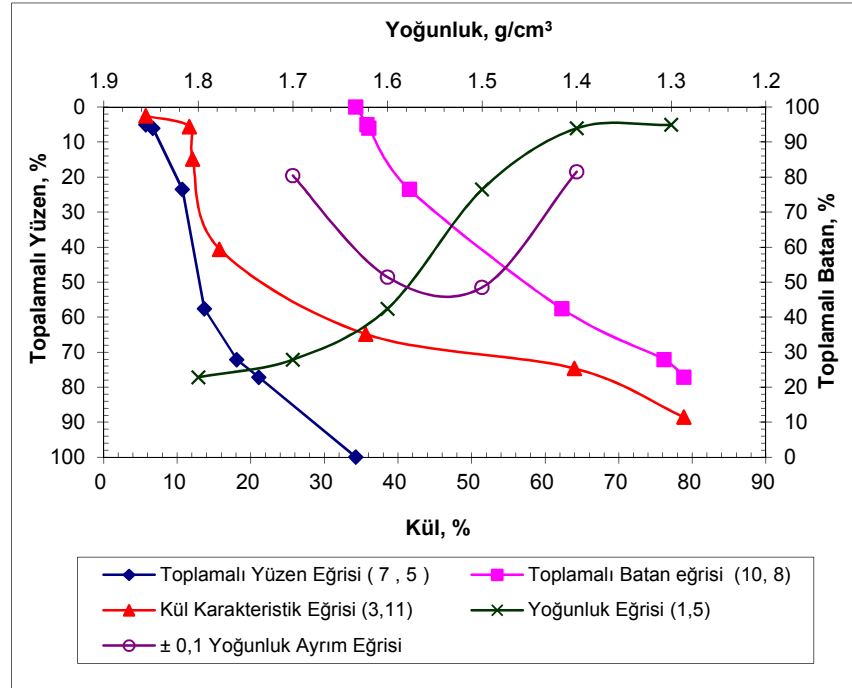
Meriç bölgesi numunesi konsantresi düşük yoğunlukta ve fazlaca oksidasyona uğramıştır. Artık ile arasında yoğunluk farkı fazladır. Henry Reinherd eğrileri ve çıkan sonuçlar bu görüşü desteklemektedir.

Bu tane aralığında $1,7 \text{ gr/cm}^3$ yoğunlukta ağırlık yüzdesi olarak besleme malının yaklaşık olarak %83'ü %62,72 toplam humik asit oranında elde edilebilir. Bu yoğunlukta %17'lik batan kısmın humik asit içeriği ise %4,85'tir. Bu tane aralığında da diğerleri gibi az oranda artık bulunmaktadır. Bunlar da kil ve kuvars minerallerinden oluşmaktadır.

3.2.3.4.4 0,710/0,355 mm Tane Aralığı Yüzdürme Batırma Testleri. 0,710/0,355 mm tane aralığındaki malzemenin yüzdürme batırma test sonuçları kül yüzdelere göre Tablo 3.31 ve Şekil 3.41'da, toplam humik asit oranlarına göre ise Tablo 3.32 ve Şekil 3.42'de verilmiştir.

Tablo 3.31 0,710/0,355 mm tane aralığı kül yüzdelere göre yüzdürme batırma test sonuçları

Yoğunluk g/cm ³	Yüzen Mal			Toplamalı Yüzen			Toplamalı Batan			y=a ₀ +a ₁ /2
	% Ağ	%Kül	İçerik	% Ağ	İçerik	% Kül	% Ağ	İçerik	% Kül	
Yüzen 1,3	5,09	5,76	29,32	5,09	29,32	5,76	100,00	3429,46	34,29	2,55
1,3 - 1,4	0,99	11,65	11,53	6,08	40,85	6,72	94,91	3400,14	35,82	5,59
1,4 - 1,5	17,50	12,09	211,58	23,58	252,43	10,71	93,92	3388,61	36,08	14,83
1,5 - 1,6	34,03	15,76	536,31	57,61	788,74	13,69	76,42	3177,04	41,57	40,60
1,6 - 1,7	14,53	35,65	517,99	72,14	1306,73	18,11	42,39	2640,72	62,30	64,88
1,7 - 1,8	5,04	63,98	322,46	77,18	1629,19	21,11	27,86	2122,73	76,19	74,66
Batan 1,8	22,82	78,89	1800,27	100,00	3429,46	34,29	22,82	1800,27	78,89	88,59
Toplam	100,00	34,29	3429,46							

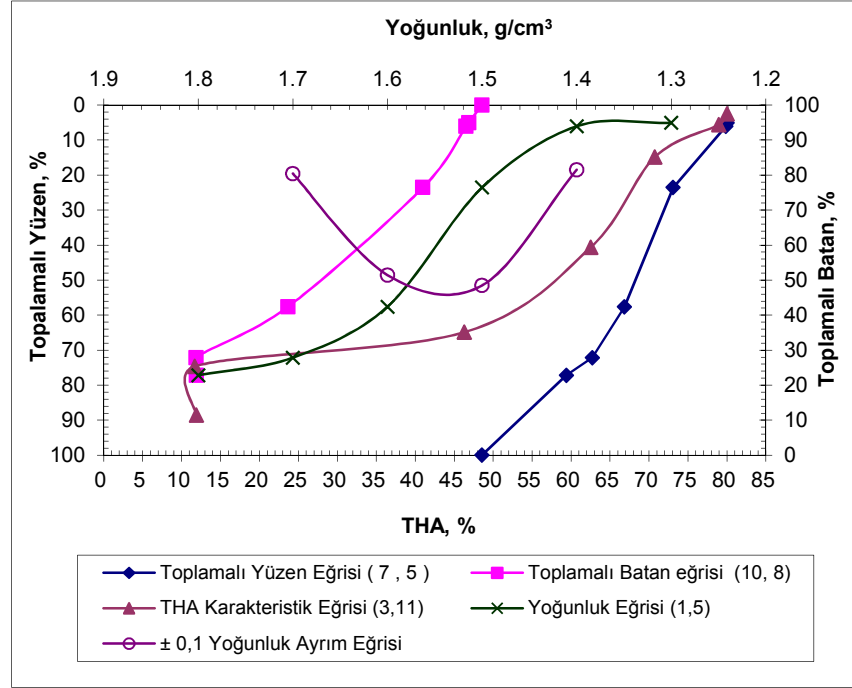


Şekil 3.41 0,710/0,355 mm tane aralığı yüzdürme batırma testi kül yüzdelere göre Henry-Reinhard eğrileri

1,7 gr/cm³ yoğunlukta %72 ağırlık oranında %18 küllü kömür elde edilebilmektedir. Batan %28'lik kısmın küllü ise %76 dır.

Tablo 3.32 0,710/0,355 mm tane aralığı toplam humik asit yüzdelere göre yüzdürme batırma test sonuçları

Yoğunluk g/cm ³	Yüzen Mal			Toplamalı Yüzen			Toplamalı Batan			y=a ₀ +a ₁ /2
	% Ağ	%THA	İçerik	% Ağ	İçerik	%THA	% Ağ	İçerik	%THA	
Yüzen 1,3	5,09	80,03	407,35	5,09	407,35	80,03	100,00	4855,58	48,56	2,55
1,3 - 1,4	0,99	78,98	78,19	6,08	485,54	79,86	94,91	4448,23	46,87	5,59
1,4 - 1,5	17,50	70,76	1238,30	23,58	1723,84	73,11	93,92	4370,04	46,53	14,83
1,5 - 1,6	34,03	62,54	2128,24	57,61	3852,08	66,86	76,42	3131,74	40,98	40,60
1,6 - 1,7	14,53	46,32	673,03	72,14	4525,11	62,73	42,39	1003,51	23,67	64,88
1,7 - 1,8	5,04	11,69	58,92	77,18	4584,03	59,39	27,86	330,48	11,86	74,66
Batan 1,8	22,82	11,90	271,56	100,00	4855,58	48,56	22,82	271,56	11,90	88,59
Toplam	100,00	48,56	4855,58							



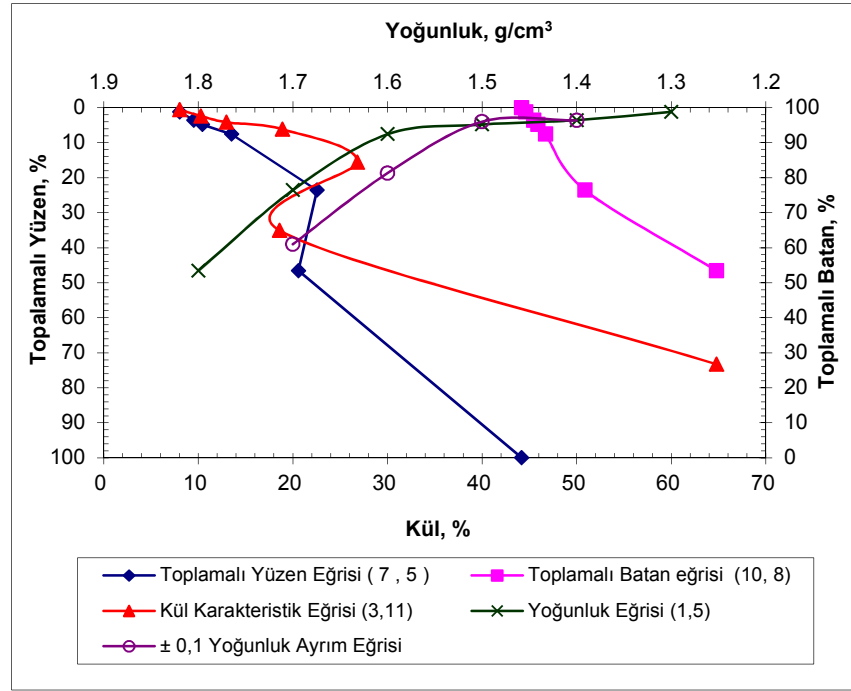
Şekil 3.42 0,710/0,355 mm tane aralığı yüzdürme batırma testi toplam humik asit yüzdelere göre Henry-Reinhard eğrileri

Bu tane aralığında $1,7 \text{ gr/cm}^3$ yoğunlukta ağırlık yüzdesi olarak besleme malının yaklaşık olarak %72'si %63 toplam humik asit oranında elde edilebilir. Bu yoğunlukta %28'lik batan kısmın humik asit içeriği ise %11,86'dır. Bu tane aralığında da diğerleri gibi az oranda artık bulunmaktadır. Bunlar da kil ve kuvars minerallerinden oluşmaktadır.

3.2.3.4.5 0,355/0 mm Tane Aralığı Yüzdürme Batırma Testleri. 0,355/0 mm tane aralığındaki malzemenin yüzdürme batırma test sonuçları kül yüzdelere göre Tablo 3.33 ve Şekil 3.43'te; toplam humik asit yüzdelere göre ise Tablo 3.34 ve Şekil 3.44'te verilmiştir.

Tablo 3.33 0,355/0 mm tane aralığı kül yüzdelere göre yüzdürme batırma test sonuçları

Yoğunluk g/cm ³	Yüzen Mal			Toplamalı Yüzen			Toplamalı Batan			y=a0+a1/2
	% Ağ	%Kül	İçerik	% Ağ	İçerik	% Kül	% Ağ	İçerik	% Kül	
Yüzen 1,3	1,20	8,05	9,66	1,20	9,66	8,05	100,00	4420,60	44,21	0,60
1,3 - 1,4	2,37	10,30	24,41	3,57	34,07	9,54	98,80	4410,94	44,65	2,39
1,4 - 1,5	1,26	13,01	16,39	4,83	50,46	10,45	96,43	4386,53	45,49	4,20
1,5 - 1,6	2,74	18,93	51,87	7,57	102,33	13,52	95,17	4370,13	45,92	6,20
1,6 - 1,7	15,99	26,83	429,01	23,56	531,34	22,55	92,43	4318,27	46,72	15,57
1,7 - 1,8	23,02	18,60	428,17	46,58	959,52	20,60	76,44	3889,25	50,88	35,07
Batan 1,8	53,42	64,79	3461,08	100,00	4420,60	44,21	53,42	3461,08	64,79	73,29
Toplam	100,00	44,21	4420,60							



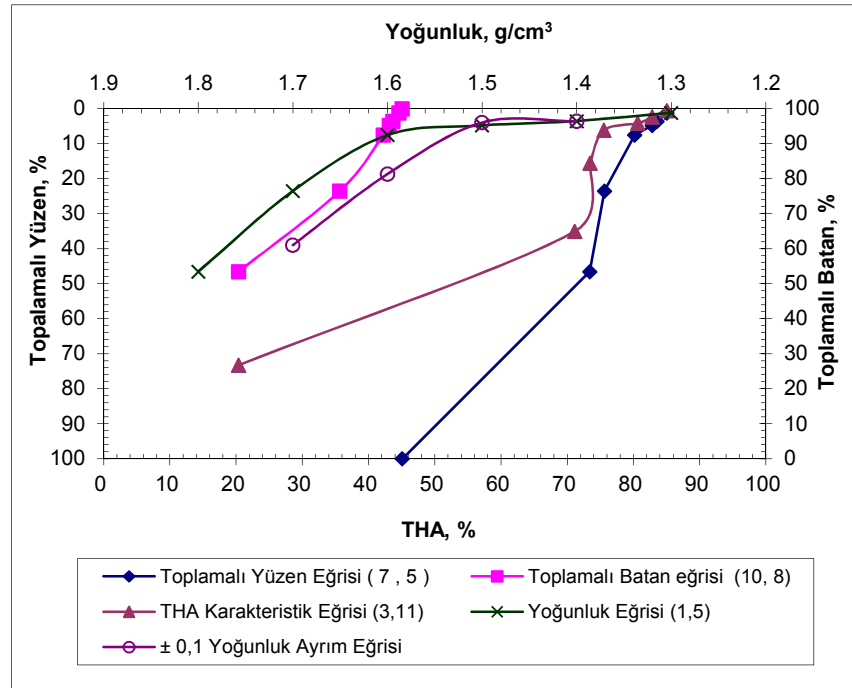
Şekil 3.43 0,355/0 mm tane aralığı yüzdürme batırma testi kül yüzdelere göre Henry-Reinhard eğrileri

Tane iriliği azaldıkça üst tane boyutlarında görülen odunumsu yapılar da azalmıştır. İnce tanedeki kil ve kuvars miktarının da artmasıyla 0,355/0 mm tane aralığında numunenin %53,42'si %64,79 küllü artıktan oluşmaktadır. Yıkama işlemi 1,3, 1,4 ve 1,5 gr/cm³ yoğunluklarda kolay olmasına rağmen buradaki malzeme miktarı azdır. Henry Reinhard eğrilerine göre teorik olarak, 1,7 gr/cm³ yoğunlukta

numunenin %23,56'sı %23,55 kül oranlı konsantre olarak elde edilmektedir. Batan %76,44'lük kısmın külü ise %50,88'dir.

Tablo 3.34 0,355/0 mm tane aralığı toplam humik asit yüzdelere göre yüzdürme batırma test sonuçları

Yoğunluk g/cm ³	Yüzen Mal			Toplamalı Yüzen			Toplamalı Batan			y=a0+a1/2
	% Ağ	%THA	İçerik	% Ağ	İçerik	%THA	% Ağ	İçerik	%THA	
Yüzen 1,3	1,20	85,06	102,07	1,20	102,07	85,06	100,00	4510,46	45,10	0,60
1,3 - 1,4	2,37	82,86	196,38	3,57	298,45	83,60	98,80	4408,39	44,62	2,39
1,4 - 1,5	1,26	80,69	101,67	4,83	400,12	82,84	96,43	4212,01	43,68	4,20
1,5 - 1,6	2,74	75,57	207,06	7,57	607,18	80,21	95,17	4110,34	43,19	6,20
1,6 - 1,7	15,99	73,49	1175,11	23,56	1782,29	75,65	92,43	3903,28	42,23	15,57
1,7 - 1,8	23,02	71,15	1637,87	46,58	3420,16	73,43	76,44	2728,18	35,69	35,07
Batan 1,8	53,42	20,41	1090,30	100,00	4510,46	45,10	53,42	1090,30	20,41	73,29
Toplam	100,00	45,10	4510,46							



Şekil 3.44 0,355/0 mm tane aralığı yüzdürme batırma testi toplam humik asit yüzdelere göre Henry-Reinhard eğrileri

0,355/0 mm tane aralığında da yüksek toplam humik asit içeriğine sahip besleme malı vardır. 1,8 gr/cm³ ayırma yoğunluğunda, numunenin %46,58'i %73,43 toplam humik asit yüzdesi ile konsantre olarak elde edilirken, batan %53,42'lik kısmın toplam humik asit oranı ise %23,41'dir.

3.3 Zenginleştirme Çalışmaları

3.3.1 Soma Bölgesi Leonarditlerinin Zenginleştirilmesi

3.3.1.1 10/5 mm Tane Aralığı Zenginleştirme İşlemleri

Bu tane aralığındaki uygun zenginleştirme jig ile zenginleştirilmiştir. İri tanelere uygulanan bu yöntem, bu çalışmada tek kompartımanlı laboratuvar jigi ile (Şekil 3.45) yapılmıştır. Jig pulsasyonu 1200 devir/dak hızla dönen kayış mekanizması ile verilmiştir. Besleme malı XRD analiz sonuçlarına göre yantaş olarak kil minerali tespit edilmiştir. Bu mineraller jig testi esnasında jig elek altından alınarak yıkanmıştır.



Şekil 3.45 Tek kompartımanlı laboratuvar jiginde tabakalaşma

Tablo 3.35 10/5 mm Jig testi değerlendirme tablosu

Ürünler	Ağırlık (%)	%THA	%SHA	%Kül	Verim		
					%THA	%SHA	%Kül
Konsantre	19,34	32,72	27,20	22,71	42,63	39,22	7,00
AÜ	65,86	10,81	10,36	72,19	47,96	50,88	75,83
Artık	14,80	9,43	8,97	72,72	9,41	9,90	17,17
Toplam	100,00	14,84	13,41	62,70	100,00	100,00	100,00

10/5 mm jig deneylerinde, % 19,34 ağırlık oranında % 22,71 küllü ve % 32,72 toplam humik asit değerine sahip konsantre elde edilmiştir. Artık ise, malzemenin yaklaşık %80'i %10,56 toplam humik asit değerine sahiptir. Bu tane aralığında kil minerallerinin etkisi büyük olmuştur. Zira artığın büyük bir kısmını oluşturmaktadırlar.

3.3.1.2 5/2 mm Tane Aralığı Zenginleştirme İşlemleri

5/2 mm tane aralığı zenginleştirme işlemlerinde de tek pulsasyonlu laboratuvar jigi kullanılmıştır. Ancak, jig eleği olarak 2 mm'lik elek kullanılmıştır.

Tablo 3.36 5/2 mm Jig testi değerlendirme tablosu

Ürünler	Ağırlık (%)	THA (%)	SHA (%)	Kül (%)	Verim		
					%THA	%SHA	%Kül
Konsantre	3,84	38,36	33,56	15,07	8,21	7,50	1,05
AÜ	16,14	29,78	28,87	16,29	26,75	27,10	4,78
Artık	8,15	21,39	19,91	49,71	9,70	9,44	7,36
Deşlamaj	71,86	13,84	13,39	66,46	55,34	55,96	86,80
Toplam	100,00	17,97	17,19	55,02	100,00	100,00	100,00

5/2 mm tane aralığı jig deneylerinde, %38,36 toplam humik asit değerinde %3,84 ağırlık yüzdesinde konsantre elde edilmiştir. Kil minerallerinin etkisi bu tane aralığında da oldukça fazladır (%71,86 ağırlıkta, %13,84 toplam humik asit değerinde).

3.3.1.3 2/1 mm Tane Aralığı Zenginleştirme İşlemleri

Sallantılı masa testleri 1270*480 mm boyutlu Wilfley Laborotuar tipi sallantılı masada yapılmıştır. Tüm sallantılı masa deneylerinde masanın genliği 10 mm olarak sabittir. Soma Bölgesi 2/1 mm tane aralığı sallantılı masa deneylerinde 16 lt/dak yıkama suyu, 3⁰ eğim sabit şartlarında 420 ve 520 dev/dak tambur devrine göre değişimler denenmiştir. Ayrıca 11 lt/dak yıkama suyu, 6⁰ eğim sabit şartlarında da 420 ve 520 dev/dak tambur devirleri denenmiştir. Sallantılı masa testlerinde masanın temiz leonardit kısmı plastik bir ayıraç vasıtasıyla, daha temiz leonardit elde etmek amacıyla ikiye bölünmüş olup ürünler TL1 ve TL2 olarak adlandırılmıştır. Şekil 3.46'da sallantılı masa bölümleri verilmiştir.

Tablo 3.37 ve Tablo 3.38'de 16 lt/dak yıkama suyu, 3⁰ eğim sabit şartlarında 420 ve 520 dev/dak tambur devrine göre değişimlerin denendiği testlerin sonuçları verilmiştir. Tablo 3.39 ve Tablo 3.40'ta ise 11 lt/dak yıkama suyu, 3⁰ eğim sabit şartlarında 420 ve 520 dev/dak tambur devrine göre değişimlerin denendiği testlerin sonuçları verilmiştir.



Şekil 3.46 Wilfley laborotuar tipi sallantılı masa

Tablo 3.37 2/1 mm tane sınıfı 16 lt/dak yıkama suyu 420 dev/dak, 3⁰ eğimde sallantılı masa test sonuçları

Ürünler	Ağırlık	Kül	THA	SHA	Verim		
	(%)	(%)	(%)	(%)	THA (%)	SHA (%)	Kül (%)
Konsantre	69,92	46,95	28,84	26,54	84,52	85,32	59,14
Ara Ürün 1	9,53	71,68	20,63	19,28	8,24	8,45	12,31
Ara Ürün 2	6,00	75,23	10,81	9,87	2,72	2,72	8,13
Ara Ürün 3	3,27	77,41	8,04	6,61	1,10	0,99	4,55
Artık	11,28	78,10	7,24	4,85	3,42	2,52	15,87
Toplam	100,00	55,51	23,86	21,75	100,00	100,00	100,00

Tablo 3.38 2/1 mm tane sınıfı 16 lt/dak yıkama suyu 520 dev/dak, 3⁰ eğimde sallantılı masa test sonuçları

Ürünler	Ağırlık	Kül	THA	SHA	Verim		
	(%)	(%)	(%)	(%)	THA (%)	SHA (%)	Kül (%)
Konsantre	54,54	39,99	27,00	25,54	74,07	74,88	40,31
Ara Ürün 1	16,30	61,83	18,99	17,74	15,57	15,54	18,62
Ara Ürün 2	8,48	72,04	11,12	11,02	4,74	5,02	11,29
Artık	20,68	77,88	5,40	4,09	5,62	4,55	29,77
Toplam	100,00	54,10	19,88	18,60	100,00	100,00	100,00

Tablo 3.39 2/1 mm tane sınıfı 11 lt/dak yıkama suyu 420 dev/dak, 6⁰ eğimde sallantılı masa test sonuçları

Ürünler	Ağırlık	Kül	THA	SHA	Verim		
	(%)	(%)	(%)	(%)	THA (%)	SHA (%)	Kül (%)
Konsantre	60,94	42,12	21,90	19,75	68,81	67,85	48,39
Ara Ürün 1	12,16	60,10	15,09	14,59	9,46	10,00	13,78
Ara Ürün 2	12,28	72,57	18,03	16,47	11,42	11,41	16,81
Ara Ürün 3	3,14	76,07	14,03	13,48	2,27	2,38	4,50
Artık	11,48	76,38	13,57	12,92	8,03	8,36	16,53
Toplam	100,00	53,05	19,39	17,74	100,00	100,00	100,00

Tablo 3.40 2/1 mm tane sınıfı 11 lt/dak yıkama suyu 520 dev/dak, 6⁰ eğimde sallantılı masa test sonuçları

Ürünler	Ağırlık	Kül	THA	SHA	Verim		
	(%)	(%)	(%)	(%)	THA (%)	SHA (%)	Kül (%)
Konsantre	64,85	47,35	25,14	23,75	72,08	71,84	55,59
Ara Ürün 1	10,92	61,21	21,94	20,90	10,59	10,65	12,10
Ara Ürün 2	12,53	70,95	18,79	17,57	10,41	10,27	16,10
Artık	11,70	76,56	13,37	13,28	6,91	7,24	16,21
Toplam	100,00	55,24	22,62	21,44	100,00	100,00	100,00

Deney sonuçları birbirine yakın olmakla beraber humik asit içeriğinin en yüksek olduğu parametreler; 16 lt/dak yıkama suyu 420 dev/dak, 3⁰ eğimdir. Bu deneyde besleme malının yaklaşık %70'i %29 toplam humik asit içerikli konsantre olarak elde edilmiştir.

3.3.1.4 1/0,5 mm Tane Aralığı Zenginleştirme İşlemleri

Soma Bölgesi 1/0,5 mm tane aralığı sallantılı masa deneylerinde 16 lt/dak yıkama suyu, 3⁰ eğim sabit şartlarında 420 ve 520 dev/dak tambur devrine göre değişimler denenmiştir. Ayrıca 11 lt/dak yıkama suyu, 3⁰ eğim sabit şartlarında da 420 ve 520 dev/dak tambur devirleri denenmiştir.

Tablo 3.41 ve Tablo 3.42'de 16 lt/dak yıkama suyu, 3⁰ eğim sabit şartlarında 420 ve 520 dev/dak tambur devrine göre değişimlerin denendiği testlerin sonuçları verilmiştir. Tablo 3.43 ve Tablo 3.44'te 11 lt/dak yıkama suyu, 3⁰ eğim sabit şartlarında 420 ve 520 dev/dak tambur devrine göre değişimlerin denendiği testlerin sonuçları verilmiştir.

Tablo 3.41 1/0,5 mm tane sınıfı 16 lt/dak yıkama suyu 420 dev/dak, 3⁰ eğimde sallantılı masa test sonuçları

Ürünler	Ağırlık	Kül	THA	SHA	Verim		
	(%)	(%)	(%)	(%)	THA (%)	SHA (%)	Kül (%)
Konsantre	71,93	44,60	18,51	18,02	82,39	85,28	61,35
Ara Ürün 1	6,78	63,42	15,80	15,08	6,63	6,73	8,23
Ara Ürün 2	4,39	72,48	9,82	8,57	2,67	2,47	6,08
Ara Ürün 3	3,75	74,19	8,43	7,47	1,96	1,84	5,33
Artık	13,14	75,68	7,81	4,25	6,35	3,67	19,02
Toplam	100,00	52,29	16,16	15,20	100,00	100,00	100,00

Tablo 3.42 1/0,5 mm tane sınıfı 16 lt/dak yıkama suyu 520 dev/dak, 3⁰ eğimde sallantılı masa test sonuçları

Ürünler	Ağırlık	Kül	THA	SHA	Verim		
	(%)	(%)	(%)	(%)	THA (%)	SHA (%)	Kül (%)
Konsantre	93,32	47,72	17,85	16,78	96,34	96,90	90,28
Ara Ürün	3,44	71,22	11,06	8,94	2,20	1,90	4,96
Artık	3,24	72,39	7,81	5,99	1,46	1,20	4,76
Toplam	100,00	49,33	17,29	16,16	100,00	100,00	100,00

Tablo 3.43 1/0,5 mm tane sınıfı 11 lt/dak yıkama suyu 420 dev/dak, 3⁰ eğimde sallantılı masa test sonuçları

Ürünler	Ağırlık	Kül	THA	SHA	Verim		
	(%)	(%)	(%)	(%)	THA (%)	SHA (%)	Kül (%)
Konsantre	53,70	40,68	22,73	21,84	73,18	73,98	40,48
Ara Ürün 1	9,31	54,95	18,75	18,53	10,46	10,88	9,48
Ara Ürün 2	12,00	68,70	10,60	10,54	7,63	7,98	15,28
Ara Ürün 3	5,42	73,06	6,24	5,75	2,03	1,97	7,34
Artık	19,57	75,61	5,71	4,21	6,70	5,20	27,42
Toplam	100,00	53,96	16,68	15,85	100,00	100,00	100,00

Tablo 3.44 1/0,5 mm tane sınıfı 11 lt/dak yıkama suyu 520 dev/dak, 3⁰ eğimde sallantılı masa test sonuçları

Ürünler	Ağırlık	Kül	THA	SHA	Verim		
	(%)	(%)	(%)	(%)	THA (%)	SHA (%)	Kül (%)
Konsantre	37,23	34,28	22,85	19,59	52,26	50,79	24,55
Ara Ürün 1	12,18	40,08	21,82	20,15	16,32	17,09	9,39
Ara Ürün 2	12,34	56,00	17,58	17,08	13,32	14,67	13,29
Ara Ürün 3	4,06	67,57	9,71	8,08	2,42	2,29	5,28
Artık	34,19	72,19	7,46	6,37	15,67	15,17	47,49
Toplam	100,00	51,98	16,28	14,36	100,00	100,00	100,00

1/0,5 mm tane aralığında humik asit içeriğinin en yüksek olduğu parametreler; 11 lt/dak yıkama suyu 520 dev/dak, 3⁰ eğimdir. Bu deneyde besleme malının yaklaşık %37'si %23 toplam humik asit içerikli konsantre olarak elde edilmiştir.

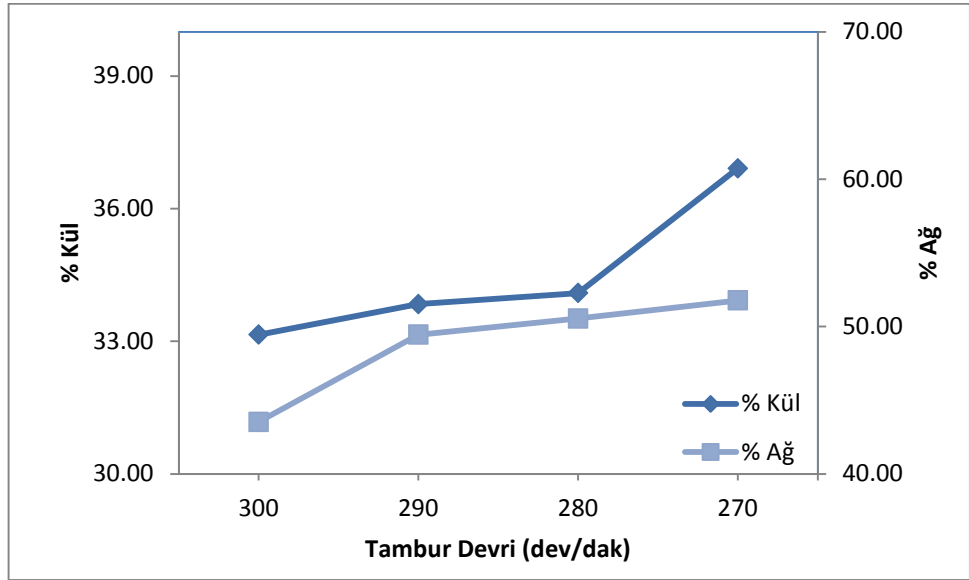
2/1 ve 1/0,5 mm tane aralıklarındaki en iyi parametrelerin konsantreleri birleştirildiğinde; besleme malının %61,22'si, %26,70 toplam humik asit oranında konsantre olarak elde edildiği görülmektedir. 2/0,5 mm tane aralığındaki organik verimlilik %97,17'dir.

3.3.1.5 0,5/0 mm Tane Aralığı Zenginleştirme İşlemleri

0,5/0 mm tane aralığındaki numune Mozley C900 MGS cihazı ile, 2⁰ eğim, 5 lt/dak yıkama suyu, 2 lt/dak besleme debisi sabit tutulmak vasıtasıyla %25 katı oranında 300, 290, 280 ve 270 dev/dak tambur hızlarında denemelere tabi tutulmuştur. Bu denemeler esnasında MGS frekansı 4,8 sn⁻¹ ve genliği ise 15 mm'dir.

Tablo 3.45 0,5/0 mm tane sınıfı MGS testi değerlendirme (%kül değerlerine göre)

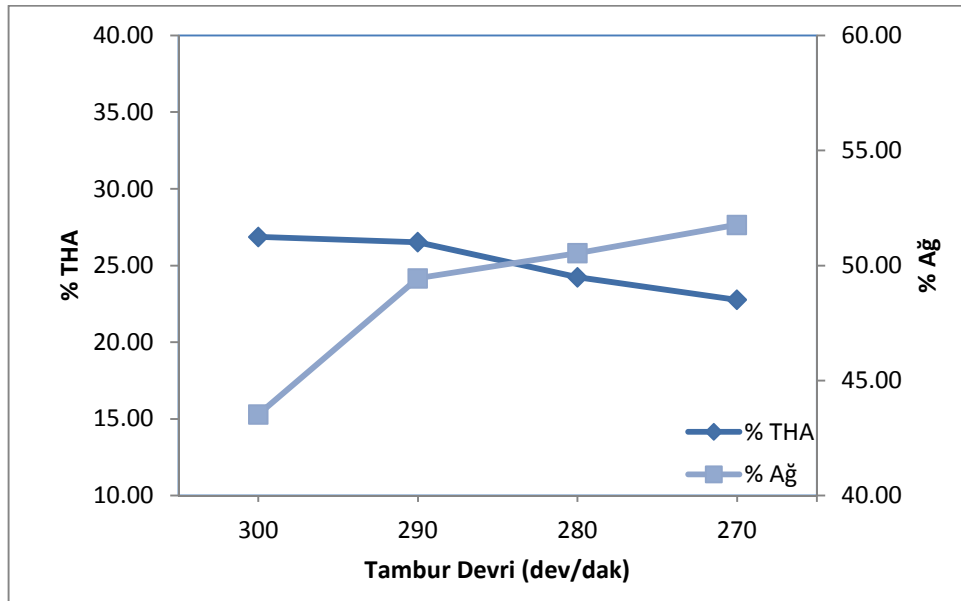
Tambur Devri (dev/dak)	Ürünler	Ağırlık (%)	Kül (%)	Yanabilir (%)	Verim	
					Kül (%)	Yanabilir (%)
300	Temiz Kömür	43,53	33,15	66,85	30,19	55,75
	Artık	56,47	59,10	40,90	69,81	44,25
	Besleme Malı	100,00	47,80	52,20	100,00	100,00
290	Temiz Kömür	49,45	33,84	66,16	35,13	62,48
	Artık	50,55	61,14	38,86	64,87	37,52
	Besleme Malı	100,00	47,64	52,36	100,00	100,00
280	Temiz Kömür	50,54	34,09	65,91	36,20	63,57
	Artık	49,46	61,40	38,60	63,80	36,43
	Besleme Malı	100,00	47,60	52,40	100,00	100,00
270	Temiz Kömür	51,77	36,91	63,09	38,96	64,09
	Artık	48,23	62,06	37,94	61,04	35,91
	Besleme Malı	100,00	49,04	50,96	100,00	100,00



Şekil 3.47 MGS Testi değerlendirme grafiği (%kül, tambur devri, %ağ.)

Tablo 3.46 0,5/0 mm tane sınıfı MGS testi değerdendirmesi (%THA, SHA değerdelerine göre)

Tambur Devri (dev/dak)	Ürünler	Ağırlık (%)	THA (%)	SHA (%)	Verim	
					THA (%)	SHA (%)
300	Temiz Leonardit	43,53	26,86	24,71	56,27	57,24
	Artık	56,47	16,09	14,23	43,73	42,76
	Besleme Malı	100,00	20,78	18,79	100,00	100,00
290	Temiz Leonardit	49,45	26,52	22,82	64,13	63,29
	Artık	50,55	14,51	12,95	35,87	36,71
	Besleme Malı	100,00	20,45	17,83	100,00	100,00
280	Temiz Leonardit	50,54	24,23	21,98	64,65	65,83
	Artık	49,46	13,54	11,66	35,35	34,17
	Besleme Malı	100,00	18,94	16,88	100,00	100,00
270	Temiz Leonardit	51,77	22,76	20,60	66,51	66,06
	Artık	48,23	12,30	11,36	33,49	33,94
	Besleme Malı	100,00	17,72	16,14	100,00	100,00



Şekil 3.48 MGS testi değerdendirme grafiğı (%THA, tambur devri, %ağ.)

Bu tane aralığındaki en yüksek humik asit konsantresi elde edilen devir 300 devir/dakikadır. Bu devirde besleme malının %43,53'ü yaklaşık %27 toplam humik

asit içerikli konsantre olarak elde edilmiştir. Bu tane aralığında organik verimlilik %90,69'dur.

3.3.2 Niğde Ulukışla Bölgesi Leonarditlerinin Zenginleştirilmesi

3.3.2.1 9,51/4,75 mm Tane Aralığı Zenginleştirme İşlemleri

9,51/4,75 mm tane aralığı jig testi sonuçları Tablo 3.24'te verilmiştir

Tablo 3.47 Jig testi değerlendirme tablosu

Ürünler	Ağ (%)	Kül (%)	Yanabilir (%)	THA (%)	SHA (%)	Verim (%)			
						Yanabilir	Kül	THA	SHA
Konsantre	33,95	23,40	76,60	35,83	29,86	54,74	15,14	66,66	68,18
Ara Ürün	8,62	31,26	68,74	31,48	22,93	12,47	5,13	14,86	13,29
Artık	57,43	72,87	27,13	5,87	4,80	32,79	79,73	18,47	18,54
BM	100,00	52,49	47,51	18,25	14,87	100,00	100,00	100,00	100,00

Jig deneyleri sonucunda %33,95 ağırlık oranında ve %35,83 toplam humik asit içeriğine sahip konsantre elde edilmiştir. Toplam humik asit yönünden zenginleştirme işlemi değerlendirildiğinde organik verimlilik %83,72'dir.

3.3.2.2 4,75/3,35 mm Tane Aralığı Zenginleştirme İşlemleri

4,75/3,35 mm tane aralığı sallantılı masa testi 1270*480 mm boyutlu Wilfley Laboratuvar tipi sallantılı masada 16 lt/dak yıkama suyu, 470, dev/dak tambur devri şartlarında yapılmıştır. Bu testte, 10 mm genlik ve 4⁰ masa eğimi şartları sabit tutulmuştur. Sallantılı masa testlerinde masanın temiz leonardit kısmı plastik bir ayıraç vasıtasıyla, daha temiz leonardit elde etmek amacıyla ikiye bölünmüş olup ürünler TL1 ve TL2 olarak adlandırılmıştır.

Tablo 3.48'de 4.75/3.35 mm tane aralığı sallantılı masa deney sonuçları verilmiştir.

Tablo 3.48 4.75/3.35 mm tane sınıfı sallantılı masa testi

Ürünler	Ağırlık (%)	Kül (%)	THA (%)	SHA (%)	Verim		
					THA (%)	SHA(%)	Kül (%)
Temiz Leonardit 1	5,94	26,69	53,00	47,84	18,31	18,10	3,09
Temiz Leonardit 2	3,44	28,52	45,40	34,55	9,08	7,57	1,91
Ara Ürün 1	19,63	30,17	33,47	31,55	38,21	39,45	11,55
Ara Ürün 2	20,55	46,31	20,97	20,56	25,06	26,91	18,55
Ara Ürün 3	9,35	58,54	11,01	8,64	5,99	5,15	10,67
Artık	41,09	67,69	1,40	1,08	3,35	2,83	54,23
Toplam	100,00	51,29	17,19	15,70	100,00	100,00	100,00

Tablo 3.48’den görüleceği üzere Niğde Ulukışla numunesinden THA %53 olan iyi kalite leonardit elde etmek mümkün olmuştur. Ancak ağırlık verimi olarak oldukça düşüktür. Sallantılı masa ürünlerinde TL1, TL2 ve Ara Ürün 1 birleştirildiğinde ise %29,01 ağırlık oranında %38,88 THA değerinde leonardit üretmek mümkündür.

3.3.2.3 3,35/2 mm Tane Aralığı Zenginleştirme İşlemleri

3,35/2 mm tane aralığı sallantılı masa testi 1270*480 mm boyutlu Wilfley Laborotuar tipi sallantılı masada 16 lt/dak yıkama suyu 420 dev/dak, 3⁰ eğim şartlarında yapılmıştır. Bu testte, 10 mm genlik ve 4⁰ masa eğimi şartları sabit tutulmuştur. Sallantılı masa testlerinde masanın temiz leonardit kısmı plastik bir ayıraç vasıtasıyla, daha temiz leonardit elde etmek amacıyla ikiye bölünmüş olup ürünler TL1 ve TL2 olarak adlandırılmıştır.

Tablo 3.49’da 3.35/2 mm tane aralığı sallantılı masa deney sonuçları verilmiştir.

Tablo 3.49 3.35/2 mm tane sınıfı sallantılı masa testi

Ürünler	Ağırlık (%)	Kül (%)	THA (%)	SHA (%)	Verim		
					THA (%)	SHA(%)	Kül (%)
Temiz Leonardit 1	8,40	33,73	39,32	37,42	15,55	16,68	5,61
Temiz Leonardit 2	11,32	38,02	37,93	35,05	20,22	21,05	8,53
Ara Ürün 1	18,82	42,72	31,88	29,41	28,26	29,37	15,93
Ara Ürün 2	22,47	46,73	24,97	21,46	26,43	25,59	20,81
Ara Ürün 3	9,58	59,31	7,88	6,21	3,56	3,16	11,26
Artık	29,42	64,91	4,32	2,66	5,99	4,15	37,85
Toplam	100,00	50,45	21,23	18,84	100,00	100,00	100,00

3,35/2 mm tane aralığında yaklaşık %8,40 ağırlıkta, %40 toplam humik asit içerikli konsantre leonardit elde etmek mümkün olmuştur. Sallantılı masa ürünlerinde TL1, TL2 ve Ara Ürün 1 birleştirildiğinde ise %38,53 ağırlık oranında %35,28 toplam humik asit içerikli konsantre üretmek mümkündür.

4,75/3,35 ve 3,35/2 mm tane aralıklarındaki konsantreler birleştirildiğinde; besleme malının %34,70'i %36,49 toplam humik asit içerikli konsantre olarak elde edilmektedir. Bu tane aralığındaki organik verimlilik %82,29'dur.

3.3.2.4 2/0,355 mm Tane Aralığı Zenginleştirme İşlemleri

2/0,355 mm tane aralığı sallantılı masa testi 16 lt/dak yıkama suyu 520 dev/dak, 4° eğim şartlarında yapılmıştır. Bu testte, 10 mm genlik ve 4° masa eğimi şartları sabit tutulmuştur.

Tablo 3.50'de 2/0,355 mm tane aralığı sallantılı masa deney sonuçları verilmiştir.

Tablo 3.50 2/0,355 mm tane sınıfı sallantılı masa testi

Ürünler	Ağırlık (%)	Kül (%)	THA (%)	SHA (%)	Verim		
					THA (%)	SHA (%)	Kül (%)
Konsantre	69,90	41,17	27,61	23,97	84,03	82,24	62,34
Ara Ürün 1	9,92	48,33	23,93	22,90	10,33	11,15	10,38
Ara Ürün 2	15,92	60,58	7,28	6,77	5,05	5,29	20,89
Artık	4,27	69,19	3,18	6,30	0,59	1,32	6,39
Toplam	100,00	46,17	22,97	20,37	100,00	100,00	100,00

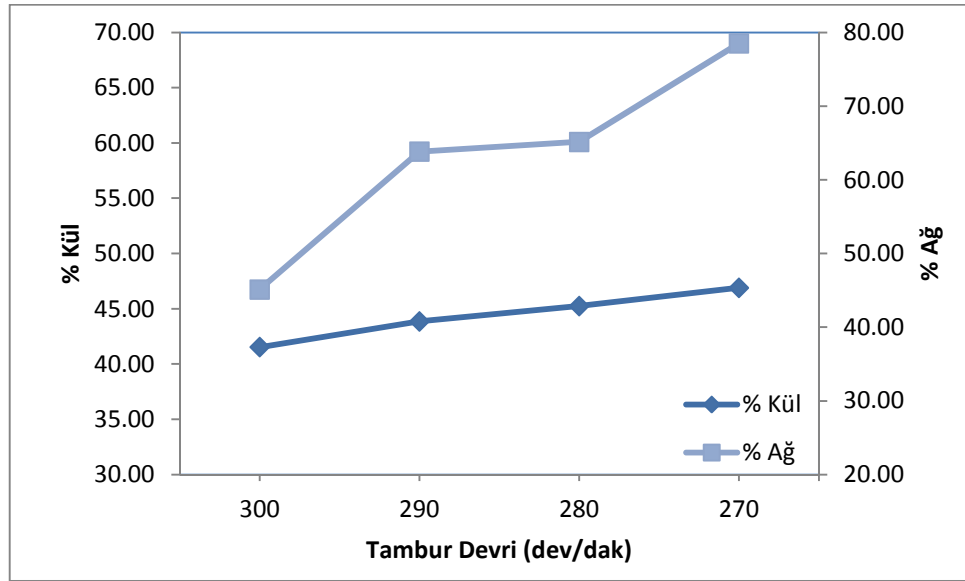
2/0,355 mm tane aralığında yaklaşık besleme malının %70 'ini %28 toplam humik asit içerikli konsantre leonardit olarak elde etmek mümkün olmuştur. Bu tane aralığındaki organik verimlilik %98,45'tir.

3.3.2.5 0.355/0 mm MGS Testleri

-0.355 mm boyutundaki numune Mozley C900 MGS cihazı ile, 2⁰ eğim, 5 lt/dak yıkama suyu, 2 lt/dak besleme debisi sabit tutulmak vasıtasıyla %25 katı oranında 300, 290, 280, 270 dev/dak tambur hızlarında denemelere tabi tutulmuştur. Bu denemeler esnasında MGS frekansı 4,8 sn⁻¹ ve genliği ise 15 mm'dir.

Tablo 3.51 MGS testi değerlendirmesi (köl oranına göre)

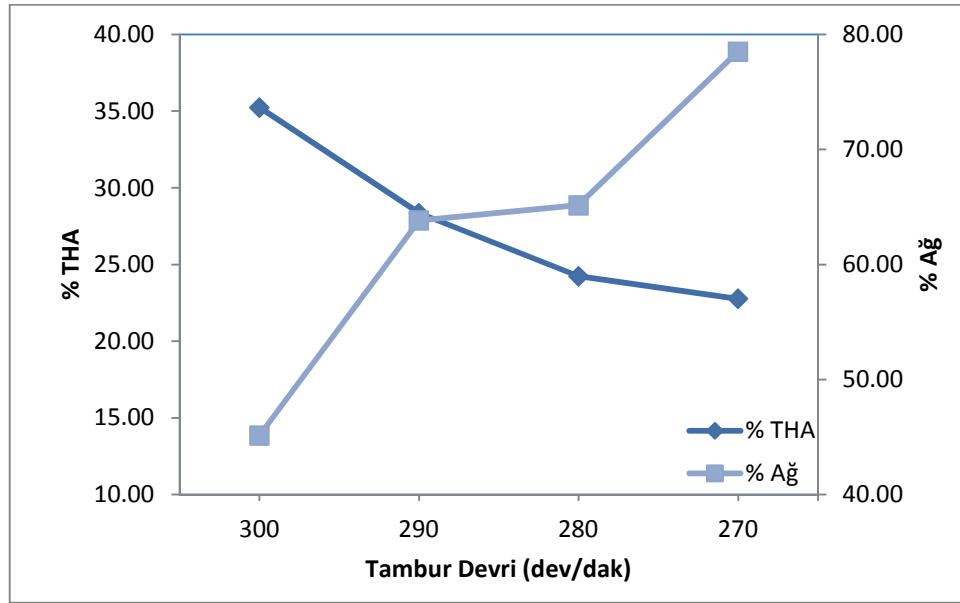
Tambur Devri (dev/dak)	Ürünler	Ağırlık (%)	Köl (%)	Yanabilir (%)	Verim	
					Köl (%)	Yanabilir (%)
300	Temiz Kömür	45,13	41,53	58,47	37,53	52,71
	Artık	54,87	56,85	43,15	62,47	47,29
	Besleme Malı	100,00	49,94	50,06	100,00	100,00
290	Temiz Kömür	63,84	43,85	56,15	56,88	70,59
	Artık	36,16	58,69	41,31	43,12	29,41
	Besleme Malı	100,00	49,22	50,78	100,00	100,00
280	Temiz Kömür	65,15	45,24	54,76	58,42	72,00
	Artık	34,85	60,19	39,81	41,58	28,00
	Besleme Malı	100,00	50,45	49,55	100,00	100,00
270	Temiz Kömür	78,51	46,90	53,10	73,78	83,22
	Artık	21,49	60,89	39,11	26,22	16,78
	Besleme Malı	100,00	49,91	50,09	100,00	100,00



Şekil 3.49 MGS testi değerlendirme grafiği (%köl, tambur devri, %ağ.)

Tablo 3.52 MGS testi değerlendirmesi (%THA, SHA değerlerine göre)

Tambur Devri (dev/dak)	rnler	Ağırlık (%)	THA (%)	SHA (%)	Verim	
					THA (%)	SHA (%)
300	Temiz Leonardit	45,13	35,23	32,25	73,40	78,58
	Artık	54,87	10,50	7,23	26,60	21,42
	Besleme Malı	100,00	21,66	18,52	100,00	100,00
290	Temiz Leonardit	63,84	28,34	25,98	82,82	82,71
	Artık	36,16	10,38	9,59	17,18	17,29
	Besleme Malı	100,00	21,85	20,05	100,00	100,00
280	Temiz Leonardit	65,15	24,23	21,98	76,99	77,90
	Artık	34,85	13,54	11,66	23,01	22,10
	Besleme Malı	100,00	20,50	18,38	100,00	100,00
270	Temiz Leonardit	78,51	22,76	20,60	87,11	86,89
	Artık	21,49	12,30	11,36	12,89	13,11
	Besleme Malı	100,00	20,51	18,61	100,00	100,00



Şekil 3.50 MGS testi değerlendirme grafiği (%THA, tambur devri, %ağ.)

Yapılan MGS testleri sonucunda, en yüksek toplam humik asit oranının 300 dev/dak'da sağlandığı görülmektedir. 300 dev/dak'da numunenin ağırlıkça %45,13' %35,23 toplam humik asit değerindedir. Bu değerde organik verimlilik %90,26'dır.. Tambur devri düştükçe, toplam humik asit oranı düşmekte ve ağırlık yüzdesi de

artmaktadır. Numune içerisinde fazla miktarda kalsit kil ve bağlı taneler bulunduğundan artık miktarı fazladır. Şekil 3.51’de MGS konsantresi görülmektedir.

3.3.3 Meriç/Edirne Bölgesi Leonarditlerinin Zenginleştirilmesi

3.3.3.1 9,51/4,75 mm Tane Aralığı Zenginleştirme İşlemleri

9,51/4,75 mm tane aralığı jig testi sonuçları Tablo 3.53’te verilmiştir

Tablo 3.53 Jig testi değerlendirme tablosu

Ürünler	Ağırlık (%)	Kül (%)	THA (%)	SHA (%)	Verim		
					THA (%)	SHA (%)	Kül (%)
Konsantre	42,72	11,63	65,87	25,54	49,77	60,85	28,97
Ara Ürün 1	23,91	14,14	62,25	17,74	26,33	23,66	19,72
Ara Ürün 2	20,36	14,21	61,97	11,02	22,31	12,51	16,87
Artık	13,02	45,36	6,87	4,09	1,58	2,97	34,44
Toplam	100,00	17,15	56,53	17,93	100,00	100,00	100,00

Meriç bölgesi leonarditlerinin besleme malı humik asit oranları yüksek olup, iyi kalite leonardit sınıfına girmektedir. Bu leonarditlerde yapılacak olan verimli artık atma işlemi ekstraksiyon işlemleri için büyük fayda sağlayacak olup, hem ekstraksiyon verimi artacak, hem de zenginleşmemiş leonardite göre aynı hacimli tankta daha yüksek kapasitede konsantre ekstaraksiyonu yapılacaktır. Ayrıca ekstraksiyonda üretilecek birim konsantre başına reaktif tüketimi de azalacaktır. Bununla birlikte artığın tanklara vermiş olduğu zarar da azalacaktır. Jig deneyleri sonucunda %86,98 ağırlık oranında ve %63,96 toplam humik asit içeriğine sahip konsantre elde edilmiştir. Toplam humik asit yönünden zenginleştirme işlemi değerlendirildiğinde organik verimlilik %94,54’tür.

3.3.3.2 4,75/2 mm Tane Aralığı Zenginleştirme İşlemleri

4,75/2 mm tane aralığı zenginleştirme testleri Wilfley laboratuvar tipi sallantılı masa ile yapılmıştır. Sallantılı masa, 1270*480 mm boyutlu olup, masanın genliği 10 mm olarak sabittir. Meriç Bölgesi 4,75/2 mm tane aralığı sallantılı masa deneyi 16 lt/dak yıkama suyu, 4⁰ eğim 470 dev/dak tambur devri şartlarında yapılmıştır. Bu

parametreler daha önceki testlere göre ve teorik olarak uygulanabilecek sallantılı masa şartlarına göre belirlenmiştir. Sallantılı masa testlerinde masanın temiz leonardit kısmı plastik bir ayıraç vasıtasıyla, daha temiz leonardit elde etmek amacıyla ikiye bölünmüş olup ürünler TL1 ve TL2 olarak adlandırılmıştır. Şekil 3.46’da sallantılı masa bölümleri verilmiştir.

Tablo 3.54 4,75/2 mm tane sınıfı sallantılı masa testi

Ürünler	Ağırlık (%)	Kül (%)	THA (%)	SHA (%)	Verim		
					THA (%)	SHA (%)	Kül (%)
Temiz Leonardit 1	28,79	18,89	53,78	51,78	30,85	30,78	25,77
Temiz Leonardit 2	56,84	19,07	51,16	49,98	57,95	58,67	51,37
Ara Ürün 1	6,55	22,21	45,98	43,76	6,00	5,92	6,89
Ara Ürün 2	4,07	41,99	35,01	31,66	2,84	2,66	8,09
Artık	3,75	44,27	31,62	25,38	2,37	1,97	7,88
Toplam	100,00	21,10	50,18	48,42	100,00	100,00	100,00

4,75/2 mm tane aralığı sallantılı masa testlerinde besleme malının ağırlıkça %96,25’i %50,91 toplam humik asit içerikli konsantre olarak elde edilmiştir. Bu tane aralığındaki sallantılı masa testinin organik verimliliği %97,22’dir. 4,75/2 mm tane aralığındaki bu değerlerle bir zenginleştirme işlemi yapılmamış gibi gözükmeyle beraber, alternatif değerlendirmeler olarak yaklaşık %54 toplam humik asit içerikli konsantre diğer işlemlerde değerlendirilip, yaklaşık olarak besleme malının ağırlıkça %8’ini oluşturan %34 toplam humik asit içerikli ürün ise toplam humik asit oranı %17’lere düşürülüp tarımda değerlendirilebilir. Ayrıca organik verimliliğin yüksek olması teknik olarak bu tane aralığındaki numunenin toplam humik asit değerinin çok da fazla yükseltilemeyeceğini göstermektedir.

3.3.3.3 2/0,710 mm Tane Aralığı Zenginleştirme İşlemleri

2/0,710 mm tane aralığı zenginleştirme testleri, 16 lt/dak yıkama suyu, 4⁰ eğim 520 dev/dak tambur devri şartlarında yapılmıştır. Test sonuçları Tablo 3,55’de verilmiştir.

Tablo 3.55 2/0,710 mm tane sınıfı sallantılı masa testi

Ürünler	Ağırlık (%)	Kül (%)	THA (%)	SHA (%)	Verim		
					THA (%)	SHA (%)	Kül (%)
Temiz Leonardit 1	55,23	23,82	62,56	59,98	66,10	66,74	47,42
Temiz Leonardit 2	36,19	23,97	43,94	41,46	30,42	30,23	31,26
Ara Ürün	3,15	37,24	43,48	39,05	2,62	2,48	4,23
Artık	5,44	87,26	8,28	5,09	0,86	0,56	17,10
Toplam	100,00	27,75	52,27	49,64	100,00	100,00	100,00

2/0,710 mm tane aralığı sallantılı masa testlerinde besleme malının ağırlıkça %55,23'ü %62,56 toplam humik asit içerikli konsantre olarak elde edilmiştir. Bu tane aralığındaki sallantılı masa testinin organik verimliliği %69,04'dir. Organik verimlilik değerinin nispeten düşük çıkması temiz leonardit 1'e göre değerlendirme yapılmasından kaynaklanmaktadır. Diğer ürünler eklenerek değerlendirildiğinde %90 üstüne çıkmaktadır. Bu tane aralığında düşük toplam humik asit içeriğinde artık atılması en önemli noktadır.

3.3.3.4 0,710/0,355 mm Tane Aralığı Zenginleştirme İşlemleri

0,710/0,355 mm tane aralığı zenginleştirme testleri, 14 lt/dak yıkama suyu, 4⁰ eğim 470 dev/dak tambur devri şartlarında yapılmıştır. Test sonuçları Tablo 3,56'da verilmiştir.

Tablo 3.56 0,710/0,355 mm tane sınıfı sallantılı masa testi

Ürünler	Ağırlık (%)	Kül (%)	THA (%)	SHA (%)	Verim		
					THA (%)	SHA (%)	Kül (%)
Temiz Leonardit 1	61,77	24,71	56,72	51,91	70,55	70,06	46,34
Temiz Leonardit 2	17,76	25,59	53,06	51,39	18,98	19,95	13,80
Ara Ürün 1	4,77	29,44	47,26	43,56	4,54	4,54	4,26
Ara Ürün 2	6,78	47,09	39,37	33,96	5,38	5,03	9,69
Artık	8,92	95,59	3,11	2,14	0,56	0,42	25,90
Toplam	100,00	32,93	49,66	45,76	100,00	100,00	100,00

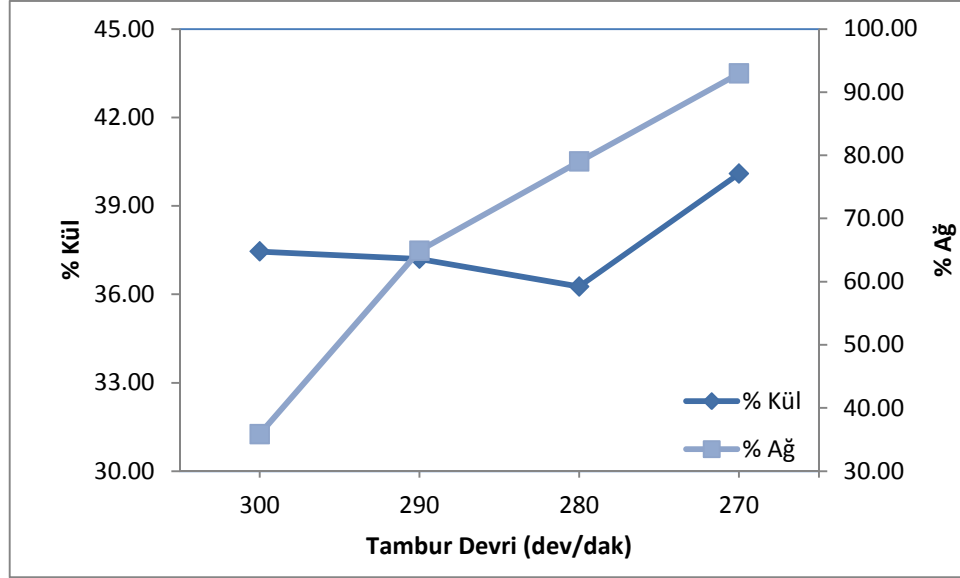
0,710/0,355 mm tane aralığı sallantılı masa testlerinde besleme malının ağırlıkça %61,77'si %56,72 toplam humik asit içerikli konsantre olarak elde edilmiştir. Bu tane aralığındaki sallantılı masa testinin organik verimliliği %72,72'dir. Bu tane aralığında da düşük toplam humik asit içeriğinde artık atılmıştır.

3.3.3.5 0.355/0 mm Tane Aralığı MGS ile Zenginleştirme

-0.355 mm boyutundaki leonardit numunesi Mozley C900 MGS cihazı ile, 2⁰ eğim, 5 lt/dak yıkama suyu, 2 lt/dak besleme debisi sabit tutulmak vasıtasıyla %25 katı oranında 300, 290, 280 ve 270 dev/dak tambur hızlarında denemelere tabi tutulmuştur. Bu denemeler esnasında MGS frekansı 4,8 sn⁻¹ ve genliği ise 15 mm'dir.

Tablo 3.57 MGS testi değerlendirmesi (kül oranına göre)

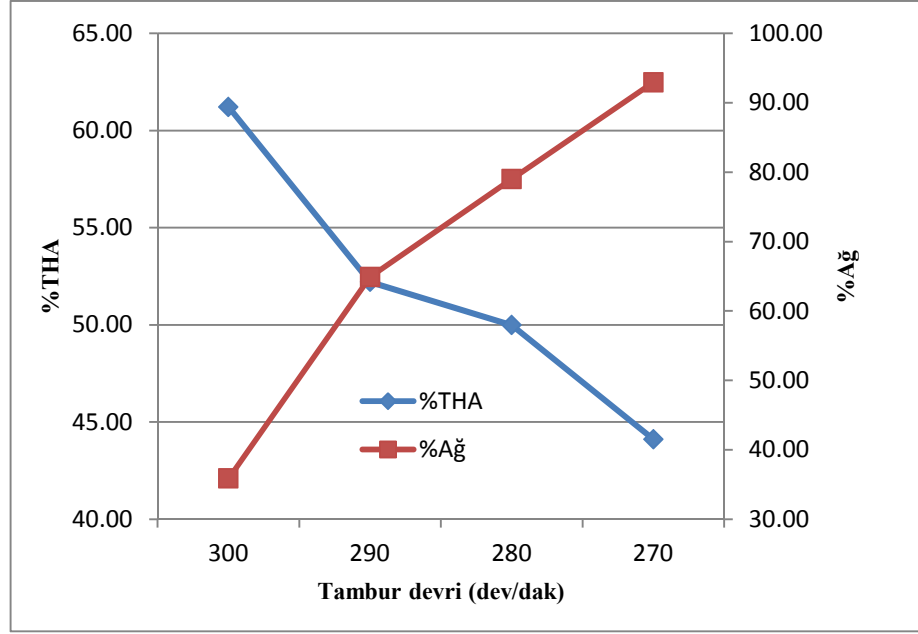
Tambur Devri (dev/dak)	Ürünler	Ağırlık (%)	Kül (%)	Yanabilir (%)	Verim	
					Kül (%)	Yanabilir (%)
300	Temiz Kömür	35,85	37,45	62,55	30,86	39,69
	Artık	64,15	46,89	53,11	69,14	60,31
	Besleme Malı	100,00	43,51	56,49	100,00	100,00
290	Temiz Kömür	64,89	37,20	62,80	53,11	74,70
	Artık	35,11	60,70	39,30	46,89	25,30
	Besleme Malı	100,00	45,45	54,55	100,00	100,00
280	Temiz Kömür	79,00	36,26	63,74	63,30	91,98
	Artık	21,00	79,09	20,91	36,70	8,02
	Besleme Malı	100,00	45,25	54,75	100,00	100,00
270	Temiz Kömür	92,95	40,09	59,91	85,08	99,09
	Artık	7,05	92,71	7,29	14,92	0,91
	Besleme Malı	100,00	43,80	56,20	100,00	100,00



Şekil 3.51 MGS testi değerlendirme grafiği (%kül, tambur devri, %ağ.)

Tablo 3.58 MGS testi değerlendirmesi (%THA, SHA değerlerine göre)

Tambur Devri (dev/dak)	Ürünler	Ağırlık (%)	THA (%)	SHA (%)	Verim	
					THA (%)	SHA (%)
300	Konsantre	35,85	61,21	56,32	48,72	49,01
	Artık	64,15	36,01	32,74	51,28	50,99
	BM	100,00	45,04	41,19	100,00	100,00
290	Konsantre	64,89	52,21	49,92	80,02	80,00
	Artık	35,11	24,09	23,07	19,98	20,00
	BM	100,00	42,34	40,49	100,00	100,00
280	Konsantre	79,00	49,98	40,75	92,26	93,02
	Artık	21,00	15,77	11,50	7,74	6,98
	BM	100,00	42,80	34,61	100,00	100,00
270	Konsantre	92,95	44,11	42,61	99,33	99,58
	Artık	7,05	3,93	2,36	0,67	0,42
	BM	100,00	41,28	39,77	100,00	100,00



Şekil 3.52 MGS testi değerlendirme grafiği (%THA, tambur devri, %ağ.)

MGS testleri toplam humik asit oranı açısından değerlendirildiğinde, en yüksek humik asit oranına 300 dev/dak'da ulaşılmaktadır. Bu devirde, ağırlıkça %35,85'i %61.21 toplam humik asit değerindedir. Bu değerde organik verimlilik yaklaşık %55'tir.

3.4 Humik Asit Liçi

Katı-sıvı ekstraksiyonda, katının içerdiği maddelerden biri veya bir kısmı ekstrakte edilir. Maddenin katı içerisinden difüzlenmesi yavaş bir işlem olduğundan, ekstraksiyon işlemi için malzemenin yaklaşık 100 μ altına öğütülmesi gereklidir. Böylece reaktifin çözgen ile daha fazla temas etmesi sağlanarak, ekstraksiyon verimi yükseltilmiş olur (Stevenson, 1982).

Leonardit içerisindeki humik asit kaynakları şunlardır:

a) Humik asit: pH'si 2'den küçük olan asidik özelliklerdeki sularda çözünmez. Alkali çözeltilerde çözünür, asitleştirilerek çöker. Moleküler ağırlığı fazla olup uzun zincir molekül yapısındadır. Rengi koyu kahverengi-siyah arasındadır (Stevenson, 1982).

b) Fulvik asit: Bütün pH derecelerindeki (asidik veya bazik) suda veya çözeltilerde çözünebilir. Asidik ortamda çökmez. Moleküler ağırlığı düşük olup, kısa zincir molekül yapısındadır. Rengi açık sarı ile kahverengi arasındadır (Stevenson, 1982).

c) Hymatomelanik asit: Humik asitin alkolde çözünebilir fakat suda çözünmeyen kısmı ulmik asit olarak adlandırılır. Rengi kır renginden (sarımtrak yeşil) griye doğru değişir (Stevenson, 1982).

Organik maddelerin kısmi olarak ayrıştırılması üzerine Sprengel tarafından yapılan ilk çalışmalardan bazıları günümüzde halen kullanılan metotların temellerini oluşturmaktadır. Bu metotlarda humusu ayırmak için %2'lik NaOH çözeltisi kullanılmaktadır. Bu humus koloidinden humik asit olarak inorganik asit ile çöktürüldükten sonra geriye saman sarısı fulvik asitler kalmaktadır (Stevenson, 1982).

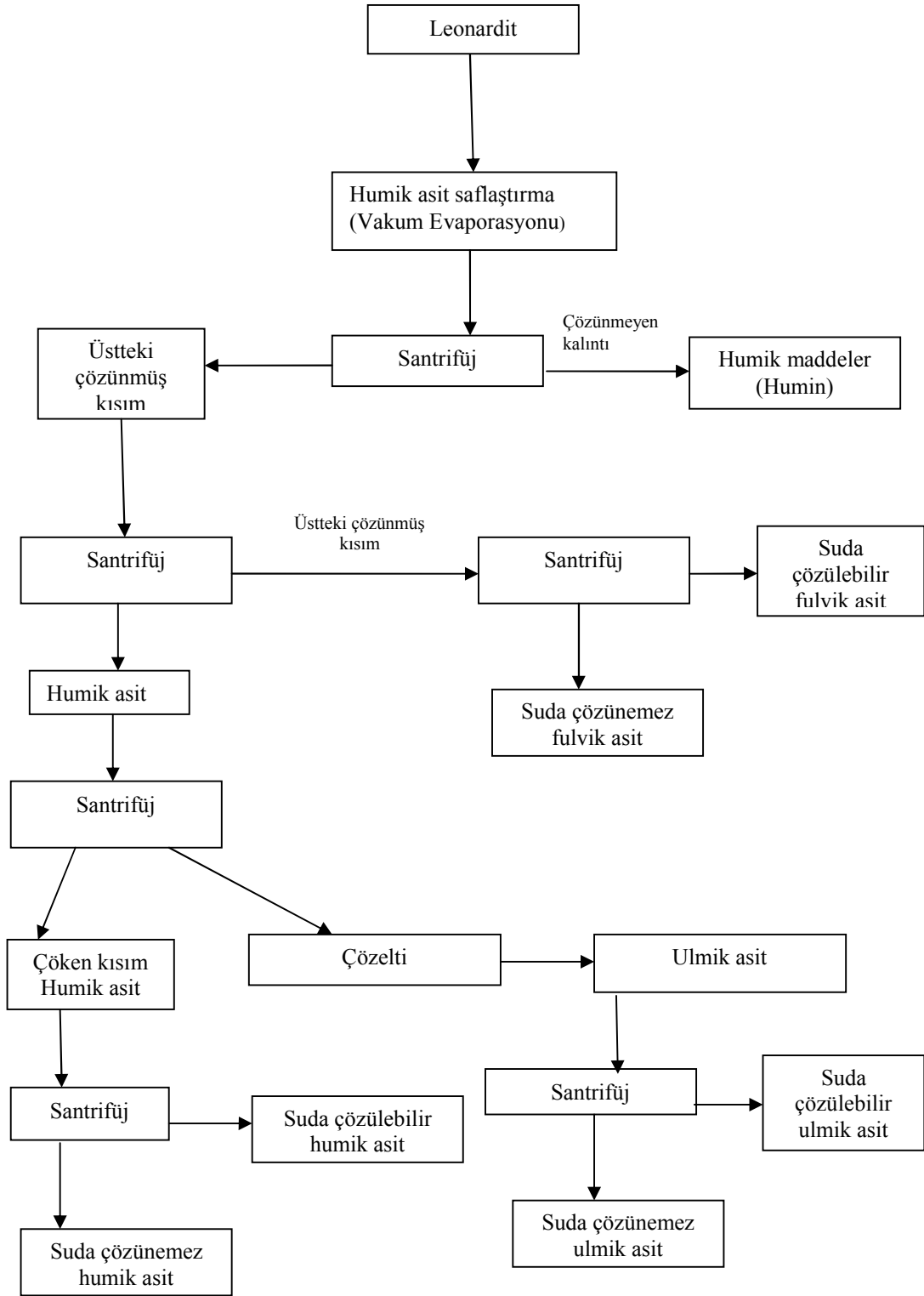
Kaynama noktaları yüksek olan ya da kaynama noktasında dekompoze olabilen sıvıların destilasyonunda vakum destilasyonu kullanılır. Bu çalışmada, humik asitin içindeki çözücü ve safsızlık yaratan sıvıların kaynama noktaları vakum ile düşürülerek, humik asit karışımından safsızlık yaratan karışımlar vakum destilasyonu yardımıyla uzaklaştırılarak humik asit saflaştırması yapılmıştır.

Bu yöntemle yapılan çalışmada humik asit ve fulvik asit ayrımı gerçekleşmiştir. Ancak bu yöntem, başlangıç denemesi olarak yapılmış, tezde uygulanacak olan nihai yöntem için çalışmalar devam etmektedir.

3.4.1 Ekstraksiyon Metodu

Katı sıvı ekstraksiyonunda katının içerdiği maddelerden biri veya bir bölümü uygun bir çözügen ile (NaOH, KOH, $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$) ekstrakte edilir. Maddenin katı içinden diffüzlenmesi için katı taneciklerin 100μ altı olması gereklidir. Böylelikle taneciklerin özgül yüzey alanı artacağından maddenin çözügenle daha fazla teması sağlanır. Ekstraksiyon işleminden sonra ekstrakt süzme işlemine tabi tutulur ve katı

kısım uzaklaştırılır. Şekil 3.33'te üretilmiş olan konsantrelerin liç işlemi için geliştirilmiş yöntemin akım şeması verilmiştir. Kaynama noktaları çok yüksek olan ya da kaynama noktasındaki dekompoze olabilen sıvıların destilasyonunda vakum destilasyonu kullanılır. Humik asidin içindeki çözücü ve safsızlık yaratan sıvıların kaynama noktaları vakum ile düşürülmüştür ve humik asidin bozunmadığı bir sıcaklıkta humik asit karışımından safsızlık yaratan bileşenler vakum destilasyonu yardımı ile uzaklaştırılarak humik asit saflaştırılmıştır.



Şekil 3.53 Humik asit, fulvik asit ve humatomevanik asit ayırma akım şeması

BÖLÜM DÖRT

SONUÇLAR

Leonardit, bitki beslenmesi için gerekli makro ve mikro besin elementlerince zengin bir çeşit düşük ranklı kömürdür. Leonardit hammaddesi üzerine yapılan çalışmalar, 1940 yılında Dr. A.G. Leonard'ın, partikül formasyonda yüksek oksidasyondaki linyit kömürünü leonardit olarak adlandırmasıyla başlamıştır. Leonardit hammaddesi ve türevleri tarımdan endüstrinin pek çok dalına kadar kullanım alanı bulmaktadır. Bilimsel anlamda çok yeni bulunmuş olan, tamamen doğal gübrelerin kullanıldığı organik tarım için önemli bir yeri olan leonardit hammaddesinin Türkiye'deki karakterizasyonu ve zenginleştirilebilirliği Türk tarımı ve ekonomisi için önem arz etmektedir. Leonardit hammaddesinin ve bu hammaddeden elde edilen humik asit, fulvik asit ve hymatomelanik asitin, tarımdaki bu önemli kullanımının dışında, kozmetikten ilaç sanayine, sondaj sektöründen hayvan yemi ve filtre sistemlerine kadar pek çok kullanım alanı mevcuttur. Ülkemizin Soma, Meriç ve Niğde bölgelerinden alınan numuneler ile yapılan karakterizasyon, zenginleştirme ve ekstraksiyon işlemlerinin ana amacı, bu bölgelerdeki numunelerden hareketle ülkemiz leonarditlerinin değerlendirilmesi için genel bir akım şeması üretmek bu çalışmanın ana amacıdır. Çalışmada düşük, orta ve yüksek kalite leonardit olmak üzere üç farklı kalitede leonardit kullanılmıştır.

Soma Bölgesi çok geniş bir havzadır. Bu sebeple bölgeye iki kez gidilmiş ve çok sayıda numune alınmıştır. Alınan bu numuneler arasında, humik asit oranları çok yüksek olanlar olmakla beraber bölgeyi temsil edecek şekilde numuneler homojenize edilmiştir. Yapılan karakterizasyon çalışmaları sonucu Soma Bölgesi leonardit numunesi olarak tanımlanan bu numunenin toplam humik asit oranı 14,67, serbest humik asit oranı ise 13,45 olarak bulunmuştur.

Soma Bölgesi numuneleri 10/5 mm tane aralığında yapılan jig zenginleştirme testinde, % 19,34 ağırlık oranında % 32,72 toplam humik asit değerine sahip konsantre elde edilmiştir. Artık ise, malzemenin yaklaşık %80'i %10,56 toplam humik asit değerine sahiptir. Bu tane aralığında kil minerallerinin etkisi büyük

olmuştur. Zira artığın büyük bir kısmını oluşturmaktadırlar. 5/2 mm tane aralığı jig deneylerinde ise, %38,36 toplam humik asit değerinde %3,84 ağırlık yüzdesinde konsantre elde edilmiştir. Buradaki konsantre ağırlık yüzdesinin %3,84 gibi düşük bir değerde olmasında, kil minerallerinin etkisi çok büyüktür. Bu tane aralığında yapılacak kil atma işlemiyle bu sorun çözülebilir. 5/2 mm tane aralığı jig ile zenginleştirme testlerinde ise; , %38,36 toplam humik asit değerinde %3,84 ağırlık yüzdesinde konsantre elde edilmiştir. Kil minerallerinin etkisi bu tane aralığında da oldukça fazladır (%71,86 ağırlıkta, %13,84 toplam humik asit değerinde). 2/0,5 mm tane aralığında sallantılı masa testlerinde, besleme malının ağırlıkça %61,22'si, %26,70 toplam humik asit oranında konsantre olarak elde edildiği görülmektedir. 0,5/0 mm MGS testlerinde ise, besleme malının %43,53'ü yaklaşık %27 toplam humik asit içerikli konsantre olarak elde edilmiştir.

Niğde Ulukışla bölgesi homojenleştirilmiş besleme malı toplam humik asit değeri % 20,65, serbest humik asit yüzdesi ise %15,86 dır. Bu numune deneysel çalışmalarda orta kalite olarak kabul edilmiştir. Leonardit kalite sınıflandırmasına göre humik asit içeriği olarak %35-50 düşük kalite, %50-65 orta kalite ve %65-85 yüksek kalite olarak adlandırılmaktadır. Ancak tarımda kullanılan sıvı humik asitin piyasada satış oranının %17'ler civarında olduğu düşünüldüğünde ekonomik kullanım anlamında Soma ve Niğde bölgeleri de değerlendirilebilir. Ayrıca, yapılan zenginleştirme ve liç işlemleriyle yüksek kalite leonardit ve türevleri elde etmek mümkündür.

Niğde Ulukışla numunesi ile yapılan karakterizasyon çalışmalarında, yüzdürme batırma testlerinde teorik olarak 9,51/4,75 mm tane aralığında, 1,5 gr/cm³ ayırma yoğunluğunda, besleme malının %44,56'sını %32,39 toplam humik asit değerinde elde etmek mümkündür. 4,75/2 mm tane aralığı için yine 1,5 gr/cm³ ayırma yoğunluğunda, teorik olarak, %42,97 ağırlık yüzdesinde %37,06 toplam humik asit içeriğinde, 0,355/0 mm tane aralığı için ise, 1,7 gr/cm³ ayırma yoğunluğunda, teorik olarak, %28,55 ağırlık oranında %49,52 toplam humik asit içerikli konsantre elde etmek mümkündür.

Niğde Ulukışla Bölgesi numunesi 9,51/4,75 mm tane aralığı jig deneyleri sonucunda %33,95 ağırlık oranında ve %35,83 toplam humik asit içeriğine sahip konsantre elde edilmiştir. Toplam humik asit yönünden zenginleştirme işlemi değerlendirildiğinde organik verimlilik %83,72'dir. 4,75/2 mm tane aralığında, besleme malının ağırlıkça %34,70'i %36,49 toplam humik asit içerikli konsantre olarak elde edilmektedir. 2/0,355 mm sallantılı masa testlerinde besleme malının %70 'ini %28 toplam humik asit içerikli konsantre leonardit olarak elde etmek mümkün olmuştur. -0,355 mm MGS testlerinde ise, en yüksek toplam humik asit değerinin elde edildiği 300 dev/dak'da numunenin ağırlıkça %45,13'ü %35,23 toplam humik asit değerindedir.

Meriç bölgesi numunesi, %48,39 toplam humik asit değeri ve 45,73 serbest humik asit içeriği ile çalışmadaki en yüksek kalitedeki leonardittir. Bu bölge numunesi ile yapılan karakterizasyon çalışmalarında, 9,51/4,75 mm tane aralığı yüzdürme batırma testlerinde teorik olarak, besleme malının %95,73'ü %62,71 toplam humik asit içerikli konsantre olarak elde edilebilmektedir. 9,51/4,75 mm tane aralığındaki besleme malı toplam humik asit içeriği %60,14'tür. Bu sonuçlar, bu tane aralığında serbest mineral madde oranının çok az olduğunu göstermektedir. Meriç numunesi 4,75/2 mm yüzdürme batırma testlerinde, ağırlık yüzdesi olarak besleme malının %7,12'si %5,92 toplam humik asit oranında artıktır, geri kalan %92,88'lik numune yaklaşık %56 toplam humik asit içeriğindedir. 2/0,710 mm tane aralığında, 1,7 gr/cm³ yoğunlukta ağırlık yüzdesi olarak besleme malının yaklaşık olarak %83'ü %62,72 toplam humik asit oranında elde edilebilir. 0,355/0 mm tane aralığı yüzdürme batırma testlerinde ise, 1,8 gr/cm³ ayırma yoğunluğunda, numunenin %46,58'i %73,43 toplam humik asit yüzdesi ile konsantre olarak elde edilebilmektedir. Bu da leonardit kalite sınıflandırmasına göre yüksek kalite leonardittir.

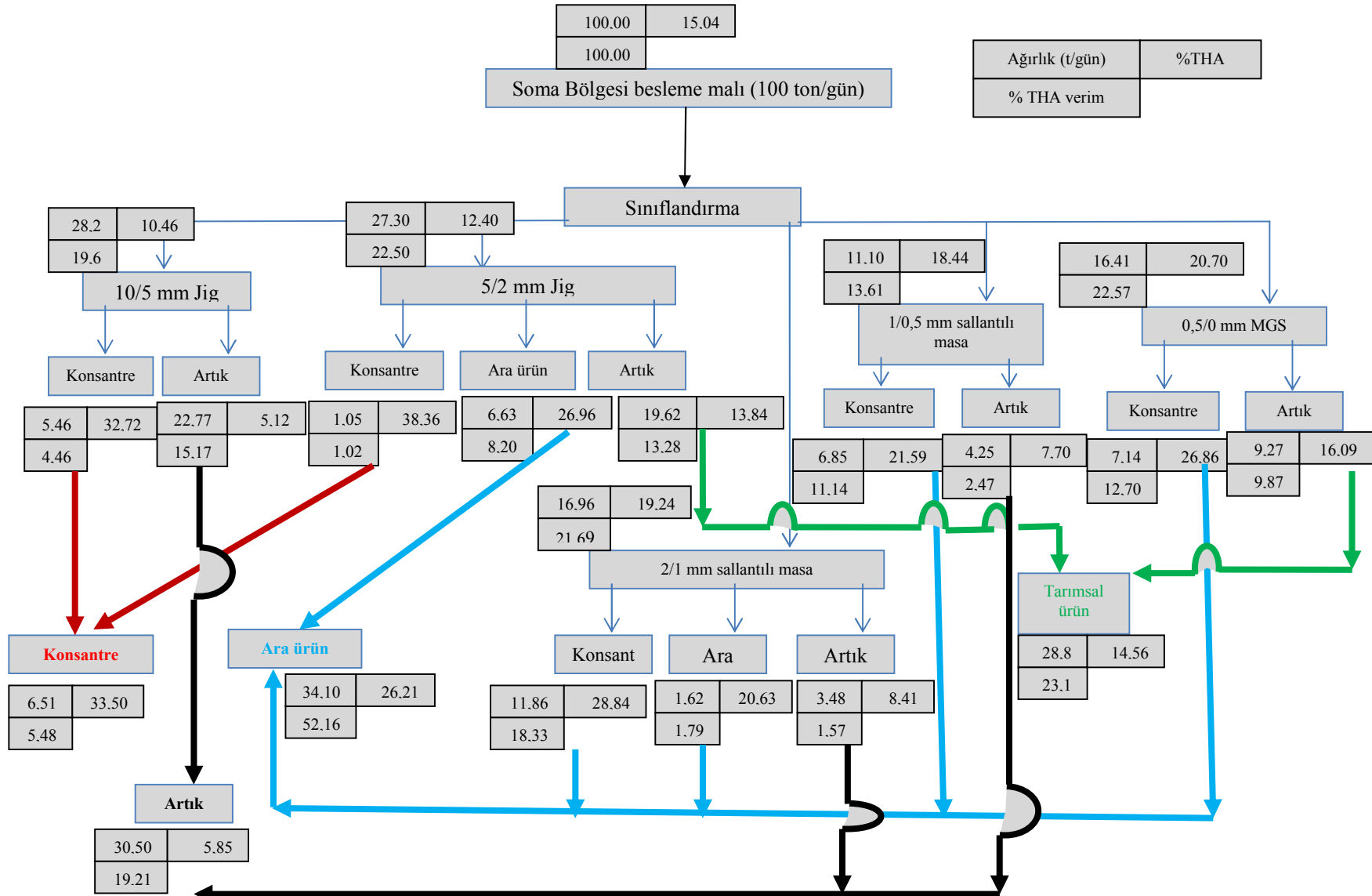
Meriç Bölgesi 9,51/4,75 mm tane aralığı jig testinde, %86,98 ağırlık oranında ve %63,96 toplam humik asit içeriğine sahip konsantre elde edilmiştir. 4,75/2 mm tane aralığı sallantılı masa testlerinde, besleme malının ağırlıkça %96,25'i %50,91 toplam humik asit içerikli konsantre olarak elde edilmiştir 2/0,710 mm tane aralığı

zenginleştirme testleri de sallantılı masa ile yapılmıştır. Bu testlerde elde edilen konsantre besleme malının ağırlıkça %55,23'ü olup, %62,56 toplam humik asit içeriklidir. 0,710/0,355 mm tane aralığı sallantılı masa zenginleştirme testlerinde elde edilen konsantre %61,77 ağırlıkta ve %56,72 toplam humik asit içeriklidir. Meriç bölgesi 0,355/0 mm tane aralığı MGS testlerinde, en yüksek humik asit oranına 300 dev/dak'da ulaşılmaktadır. MGS testlerine göre en yüksek toplam humik asit değerinin elde edildiği 300 dev/dak'da numunenin ağırlıkça %35,85'i %61.21 toplam humik asit değerindedir. Bu değerde organik verimlilik yaklaşık %55 ve ayırma yoğunluğu ise 1.8 gr/cm³ olmaktadır.

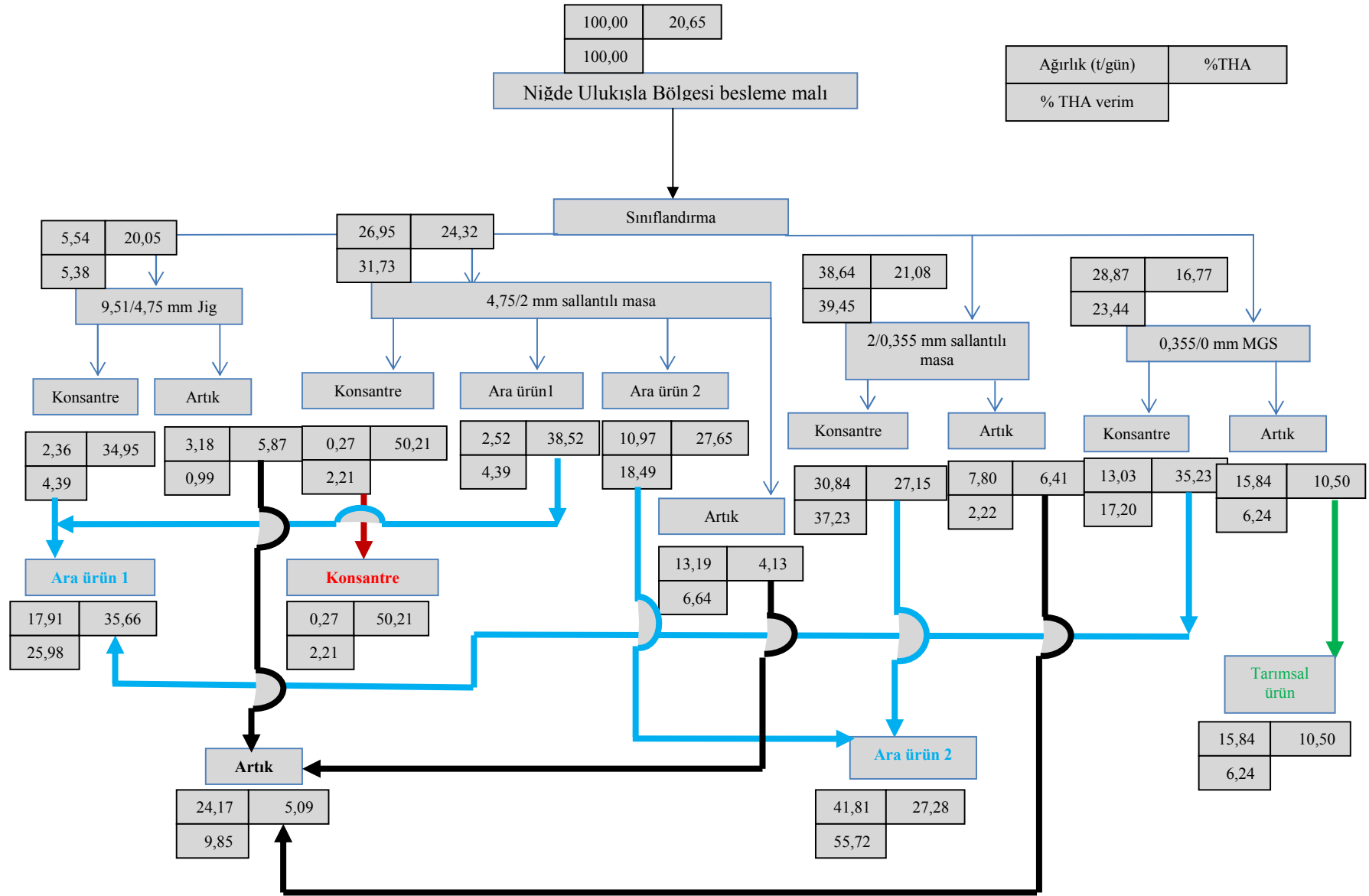
Soma Bölgesi numuneleri ile yapılmış olan zenginleştirme işlemleri genel balanslı akım şeması Şekil 4.1, Niğde Ulukışla Bölgesi numuneleri ile yapılmış olan zenginleştirme işlemleri genel balanslı akım şeması Şekil 4.2, Meriç Bölgesi numuneleri ile yapılmış olan zenginleştirme işlemleri genel balanslı akım şeması Şekil 4.3'te verilmiştir.

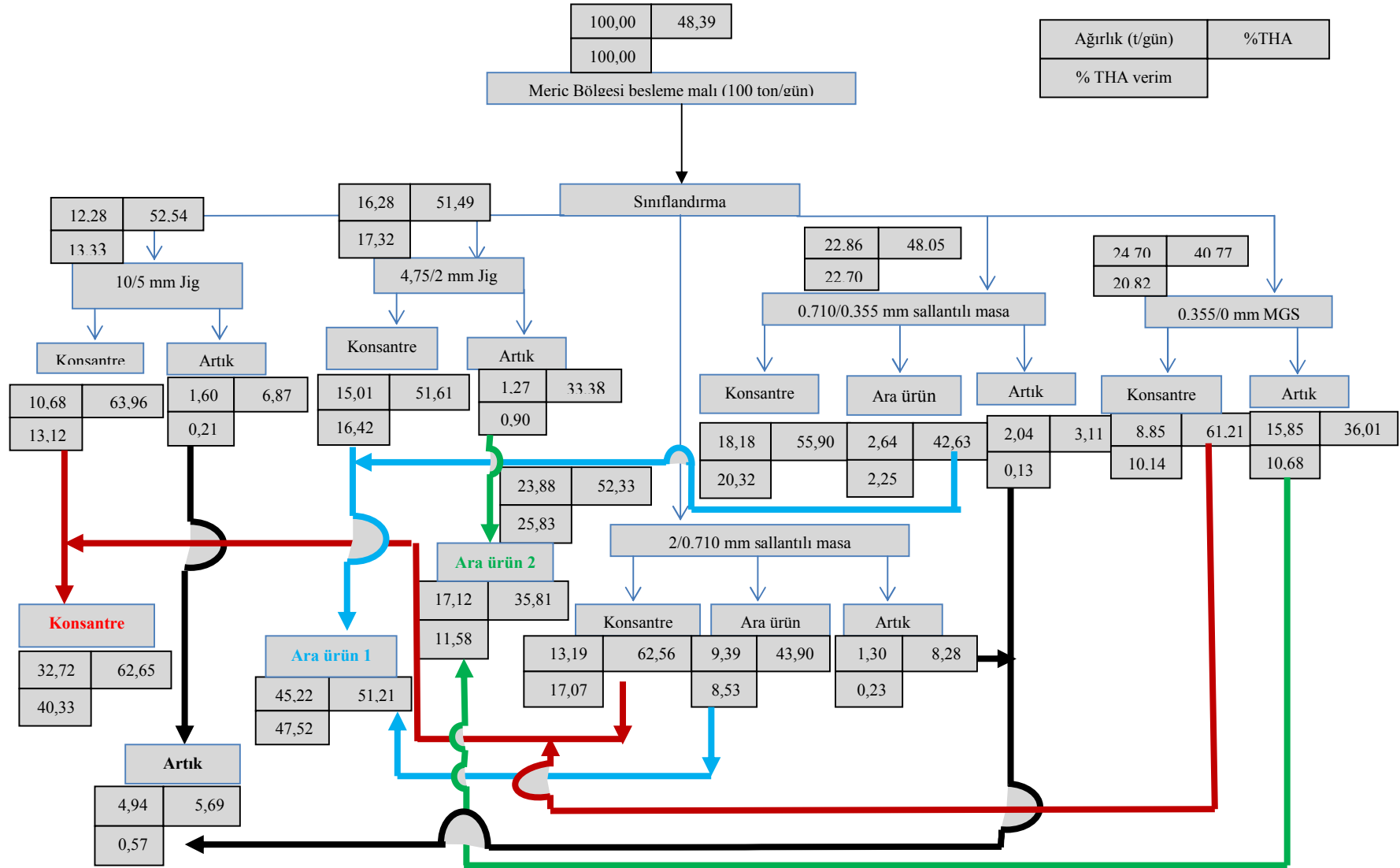
Meriç bölgesi leonarditlerinin besleme malı humik asit oranları yüksek olup, iyi kalite leonardit sınıfına girmektedir. Bu leonarditlerde yapılacak olan verimli artık atma işlemi ekstraksiyon işlemleri için büyük fayda sağlayacak olup, ekstraksiyon verimi artacak, ve zenginleşmemiş leonardite göre aynı hacimli tankta daha yüksek kapasitede konsantre ekstraksiyonu yapılacaktır. Ayrıca ekstraksiyonda üretilecek birim konsantre başına reaktif tüketimi de azalacaktır. Bununla birlikte artığın tanklara vermiş olduğu zarar da azalacaktır.

Bu çalışmada, ülkemizin çeşitli bölgelerinden numuneler alınmış ve bu numuneler toplam humik asit ve serbest humik asit analizleri yapılmıştır. Analiz sonuçları Tablo 4.1'de verilmiştir. Bu değerler tabii ki bir envanter niteliğinde değildir. Sadece bazı bölgelerdeki humik asit değerleri hakkında bir fikir vermektedirler.



Şekil 4.1 Soma Bölgesi numuneleri ile yapılmış olan zenginleştirme işlemleri balanslı akım şeması





Şekil 4.3 Merici Bölgesi numuneleri ile yapılmış olan zenginleştirme işlemleri balanslı akım şeması

Tablo 4.1 Türkiye'nin Çeşitli bölgelerinden alınmış numunelerin humik asit analiz sonuçları

Numune alınan bölge	Toplam humik asit (THA, %)	Serbest humik asit (SHA,%)
Uşak/İlyaslı	26,72	24,18
Soma	14,67	13,45
Denizli/Kale	38,42	35,52
Muğla/Milas	31,94	28,60
Niğde/Ulukışla	20,65	15,86
Meriç	48,39	45,73
Çanakkale/Çan	34,36	32,33
Adıyaman	59,55	57,75

Sonuç olarak, leonardit hammadesi ile ilgili bilimsel çalışmalar ivedilikle genişletilmeli ve ülkemizin ayrıntılı leonardit potansiyel envanteri çıkartılmalıdır. Bu envantere göre leonardit yatakları işletilmesi için stratejiler tartışılıp, geliştirilmelidir. Ülkemiz topraklarının sürdürülebilir kullanımını devam ettirmek, çevre kirliliğini azaltmak, azotlu ve fosforlu gübre kullanımından kaçınmak ve GDO'lu ürünlerin de önüne geçmek gibi sebeplerle organik toprak destekleyiciler tercih edilmelidir. Türkiye'nin tarım ülkesi olması nedeniyle, leonardit ve türevlerinin tarımda kullanılması ülkemiz tarımının nicelik ve nitelik yönünden gelişmesine önemli katkılar sağlayacaktır. Ayrıca tarım sektörü dışında özellikle leonardit türevlerinin (humik asit, fulvik asit ve hymatomelanik asit) ilaç sektöründen kozmetiğe kadar birçok kullanım alanı bulunduğundan leonarditten elde edilecek uç ürünlerin üretiminin yapılması ülkemiz madenciliğine, teknolojisine, bilimine ve ekonomisine önemli faydalar sağlayacaktır. Bu uç ürünlerin elde edilmesi sırasında yapılacak ön konsantrasyon işlemleri sayesinde elde edilecek ürünler artıklardan arındırılmış ve humik asit konsantrasyonları artmış olacağından, sonraki işlemlerin ekonomikliği önemli ölçüde artacaktır. Ayrıca teknik olarak da büyük avantajlar sağlayacaktır.

Ülkemizde yapılmakta olan ve yapılacak olan bu konudaki bilimsel çalışmalar, leonardit konsantrasyonunun arttırılması, leonarditten uç ürünler elde edilmesi ve bu ürünler için yeni kullanım alanları geliştirilmesine yönelmelidir.

KAYNAKLAR

- Baglieri, A., Ioppolo, A., N gre, M. ve Gennari, M. (2007). A method for isolating soil organic matter after the extraction of humic and fulvic acids. *Organic Geochemistry*, 38, 140-150.
- Beer, A. M., Sagorchev P ve Lukanov, J., (2002). Isolation of biologically active fractions from the water soluble components of fulvic and ulmic acid from peat. *Phytomedicine*, 9, 659-666
- Butuzova, L., Krzton, A., ve Bazarova, O. (1998). Structure and properties of humic acids obtained from thermo-oxidised brown coal. *Fuel*, 77 (6), 581-584.
- Chan, S. K., Mozley, R. H. ve Childs, G. J. C., (1991). *The multigravity separator (MGS)—A mine scale machine*, Redruth, Cornwall, UK: Richard Mozley Limited,
- Engin, V. T., C cen İ. ve İnci U. (2012). Türkiye’de leonardit. *Sakarya Üniversitesi Fen Edebiyat Dergisi*, 14, 435-443.
- Gomez Serrano, V., Fernandez Gonzales M. C., Cuerda Correa, E. M., Marcias Garcia A., Alexandra Franco M. F. ve Rojas Servantes, M. L. (2004). Physico – chemical properties of low rank coals. Thermal and demineralisation effects. *Powder Technology*, 148, 38 – 42.
- Humik Asit*, (bt), 16 Nisan 2007, http://www.phelpstek.com/clients/humic_acid.html.
- Humik Maddeler*, (bt), 07 Nisan 2007, <http://www.izotar.com/teknik10.htm>.
- İnci, U., (2002). Depositional evolution of miocene coal successions in the Soma coalfield, western Turkey. *International Journal of Coal Geology*, 51, 1-29.

International Organization for Standardization ISO-5073. (1999). *Brown coals and lignites-Determination of humic acids*.

Kalaitzidis, S., Papazisimou, S., Giannouli, A., Bouzinos, A. ve Christanis, K. (2003). Preliminary comparative analyses of two Greek leonardites. *Fuel*, 82, 859-861.

Kara, H.,Tuncalı, E., Gürsoy, B., Narin, R. ve Dümenci A. (1996). *Trakya tersiyer kömür havzası raporu*. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü Raporu, No.9974, Ankara

Lee, C. L., Kuo, I. J., Wang, H. L. ve Hsieh, P., C. (2003). Effects of ionic strength of the binding of phenantherene and pyrene to humic substances: Three stage variation model. *Water Research*, 37, 4250 – 4258

Leonardit, (bt), 10 Nisan 2007, <http://www.alternatiftarim.com/leonardit.htm>.

Leonarditin fiziksel, kimyasal ve biyolojik etkileri, (bt), 10 Nisan 2007, <http://www.orfeteknik.com.tr/leonardit.htm>, (2007).

Leonardit ve özellikleri, (bt), 07 Ocak 2012, <http://www.orfeteknik.com.tr/orta-kutuphane2.htm>.

Morra, M.J., Fendrof, S. E. ve Brown, P. L. (1997). Spesification of sulfur in humic and fulvic acids using X-Ray absorbtion near edge structure (XANES) *Spectroscopy. Geochemica et Cosmochimica Acta*, 61 (3), 683 – 688

Olivella, M. Â., del Rio. J.C, Palacios, J, ve Vairavamurthy, M.A., de las Heras, F.X.C. (2002). Characterization of humic acid from leonardite coal: An integrated study of PY – GC – MS – XPS and XANES techniques. *Journal of Analytical and Applied Prolyses*, 63, 59 – 68.

- Olivella, M. Â., Sole, M., Gorchs, R., Lao, C. ve De Las Heras, F.X.C. (2011). Geochemical characterization of a Spanish leonardite coal. *Archives of Mining Sciences*, 56, 789-804.
- Ricca, G., Severini, F., Di Silvestro, G., Yuan, C. M. ve Adani, F. (2000). Derivatization and structural studies by spectroscopic methods of humic acids from leonardite. *Geoderma*, 98, 115 – 125
- Sonel, N. ve Sarı, A., (2004). Ereğli-Ulukışla (Konya-Niğde) havzasının hidrokarbon potansiyelinin incelenmesi. *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 19 (4), 393-403.
- Stevenson, F.J. (1982). *Humus chemistry genesis, composition, reactions*. New York, ABD: A Wiley – Interscience Publication John Wiley&Sons.
- Şengüler, İ., Toprak, S., Kara, H., Öner, A., Tuncalı, E. ve Kır, N. (2000). Güney Trakya Bölgesindeki kömürlerin petrografik incelemesi ve ortamsal yorumu. *Türkiye 12. Kömür Kongresi Bildiriler Kitabı*, 173-180.
- Tipping, E., (2002). *Cation binding by humic substances*, Cambridge environmental chemistry series 11. West Nyack, New York, USA: Cambridge University Press.
- Toprak İyileştirme*, (bt), 10 Nisan 2007, http://www.bahce.biz/organik/toprak_iyilestirme.htm