



1999-265

TÜRKİYE BİLİMSEL VE
TEKNİK ARAŞTIRMA KURUMU

THE SCIENTIFIC AND TECHNICAL
RESEARCH COUNCIL OF TURKEY

1999-265

**SEYİTÖMER TERMİK SANTRALİ KÜLLERİNİN
ÇEVREYE ETKİSİNİN İNCELENMESİ**

PROJE NO: VDARCA G 523

Yer Deniz Atmosfer Bilimleri ve
Çevre Araştırma Grubu

Earth Marine Atmospheric Sciences and
Environmental Researches Grant Group

1999-00265

1999-265

**SEYİTÖMER TERMİK SANTRALI KÜLLERİNİN
ÇEVREYE ETKİSİNİN İNCELENMESİ**

PROJE NO: YDABÇAG-523

(1977065)

DOÇ. DR. NİLGÜN GÜLEÇ
PROF. DR. AYHAN ERLER
PROF. DR. GÜRDAL TUNCEL
BURCU ÇANCI
AYŞEGÜL HAMZAOĞLU
ARDA ARCASOY

EYLÜL 1999
ANKARA

ÖNSÖZ

Bu proje, toplam 600 MW güce ve 3.6×10^9 kWh yıllık üretim kapasitesine sahip Seyitömer (Kütahya) termik santralinden kaynaklanan küllerin çevreye etkilerinin araştırılması üzerine bir çalışmadır. Seyitömer santralında günde yaklaşık 20 000 ton kömür kullanılıp, 8000 ton kül üretilmekte ve döküm alanlarında depolanan kül yığınlarının hacmi 2.5 milyon metreküpü bulmaktadır. Küllerin çevreyi etkileme potansiyeli, cüruf, kül, toprak, aerosol ve su örnekleri üzerinde gerçekleştirilen kimyasal analizler yoluyla araştırılmış ve sonuçlar, olası bir kirliliğin düzeyi ve alansal dağılımı açısından irdelenmiştir. Bu çalışma, Türkiye Bilimsel ve Teknik Araştırma Kurumu tarafından desteklenmiştir. Proje araştırmacıları bu desteğinden dolayı kuruma teşekkürlerini sunarlar.

TEŞEKKÜR

Bu proje kapsamında, tezleri tamamlanmış ve tez savunma çalışmalarını başarıyla tamamlayan öğrencilerden bazıları şunlardır: Dr. Öğr. Üyesi Ayhan ERLER, Dr. Öğr. Üyesi Mehmet KAYA ve Öğretim Görevlisi Mehmet KAYA.

İTHAF

Bu proje, 13 Ekim 1998 tarihinde ebediyen aramızdan ayrılan, projenin pekçok aşamasında değerli katkılarını aldığımız, yeri doldurulamayacak hocamız Prof. Dr. AYHAN ERLER'in anısına ithaf edilmiştir.

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR

Sayfa

Proje araştırmacıları, santral civarında yapılan örnek toplama çalışmaları sırasında sundukları olanaklar ve yardımlarından dolayı TEAŞ Çevre Daire Başkanı Ahmet Karamustafaoğlu ile Seyitömer Termik Santrali yetkililerinden Mehmet Beyaz, Kazım İşlek, Sami Kaya ve Ayşegül Bahayetmez'e, projenin çeşitli aşamalarında yardımlarını esirgemeyen Prof. Dr. Çoşkun Yurteri'ne, kimyasal analizlerdeki yardımlarından dolayı Ömer El-Agha ve Başak Onat'a teşekkür ederler.

1	Giriş	1
1.1	Araştırmaya Amaçları	2
1.2	Materyal Alınan Coğrafik Konumu	2
1.3	Araştırmaya Kapsamı ve Çeşitli Yöntemler	4
1.3.1	Arazi Çalışmaları	4
1.3.2	Laboratuvar Çalışmaları	4
1.3.3	Veri Değerlendirme	5
2	Literatür Özeti, Kömürün Tanımı, Türleri, Kalınlıkları ve Üretimi Üstleri	7
2.1	Kömürün Tanımı ve Üstleri Üstleri	7
2.2	Kalınlıklarına Göre Üstleri	8
2.3	Kalınlıklarına Göre Üstleri	8
2.4	Kalınlıklarına Göre Üstleri	8
3	Seyitömer Bölgesinin Jeolojisi	12
4	Seyitömer Termik Santrali	14
4.1	Tarihçe	14
4.2	Santralin Yapısı	15
4.3	Ruhsat Değeri	17
5	Jeokimyasal Çalışmaları ve Mineralojik Analizler Çalışma Yöntemleri	20
5.1	Örnek Alma	20
5.2	Örnek Hazırlanması	25
5.3	Analitik Yöntemler	26
5.4	Veri Değerlendirme Yöntemleri	27
6	Tartışma	29
6.1	Kömür ve Kömür Örneklerinin Mineralojisi	29
6.2	Kömür, Kömür, Kömür, Kömür ve Kömür Örneklerinin Kömürü	30
6.2.1	Elementlerin Birlikte Bulunmaları ve Üstleri	30
6.2.2	Elementlerin Birlikte Bulunmaları ve Üstleri	35
6.2.3	Elementlerin Birlikte Bulunmaları ve Üstleri	44

İÇİNDEKİLER

6.2.4. Yanma Kaynaklı Toksikarı Dağılımlarının Matematiksel Modellemesi.....	49
6.2.5. Seyitömer Bölgesinde Çevre Kirliliği Değerlendirmesi.....	58
	Sayfa
Önsöz.....	ii
İthaf.....	iii
Teşekkür.....	iv
İçindekiler.....	v
Şekillerin Listesi.....	vii
Çizelgelerin Listesi.....	ix
Öz.....	x
Abstract.....	xi
1. Giriş.....	1
1.1. Araştırmanın Amacı.....	2
1.2. Araştırma Alanının Coğrafik Konumu.....	2
1.3. Araştırmanın Kapsamı ve Çalışma Yöntemleri.....	4
1.3.1. Arazi Çalışmaları.....	4
1.3.2. Laboratuvar Çalışmaları.....	4
1.3.3. Veri Değerlendirme.....	5
2. Literatür Özeti: Kömürün Yanma Ürünü Katı Atıklar ve Çevresel Etkileri.....	6
2.1. Kömürün Yanması ile Oluşan Katı Atıklar.....	6
2.2. Katı Atıkların Mineralojisi.....	8
2.3. Katı Atıkların Jeokimyası.....	9
2.4. Katı Atıkların Çevresel Etkileri.....	9
3. Seyitömer Bölgesinin Jeolojisi.....	13
4. Seyitömer Termik Santrali.....	15
4.1. Tarihçe.....	15
4.2. Santralin Yapısı.....	15
4.3. Katı Atık Deşarjı.....	17
5. Jeokimyasal Çalışmalar ve Mineralojik Analizler : Çalışma Yöntemleri.....	20
5.1. Örnekleme.....	20
5.2. Örnek Hazırlanması.....	25
5.3. Analitik Yöntemler.....	26
5.4. Veri Değerlendirme Yöntemleri.....	27
6. Tartışma.....	29
6.1. Kömür ve Kül Örneklerinin Mineralojisi.....	29
6.2. Kömür, Katı Atık, Toprak, Su ve Aerosol Örneklerinin Kimyası.....	30
6.2.1. Elementlerin Farklı Malzemelerdeki Görelî Dağılımları.....	30
6.2.2. Element Derişim Düzeyleri ile Kül döküm Alanlarından Uzaklığın İlişkisi.....	35
6.2.3. Element Derişimleri ile Uçucu Küllerin Tane Boyutu Arasındaki İlişki.....	45

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
1.1. Çalışma alanının yerbulduru haritası.....	3
2.1. Kömürün yanmasından kaynaklanan katı atıklar ve oluşumlarını gösterir şema.....	7
2.2. Kömürün yanması sırasında inorganik fazlardaki termal transformasyonları gösterir şema.....	10
2.3. Uçucu küllerdeki elementlerin jeokimyasal davranışlarına göre sınıflanması.....	11
3.1. Seyitömer bölgesinin şematik jeoloji haritası.....	14
4.1. Seyitömer termik santralının genel yapısı, kül-cüruf akış şeması ve kül döküm sahaları.....	16
4.2. Katı atıkları santraldan döküm alanlarına taşıyan konveyör bantların fotoğrafı.....	17
4.3. Seyitömer termik santralından kaynaklanan katı atıkların döküm sahasını gösterir fotoğraf.....	18
4.4. Yıkılan kül barajının yerini gösterir fotoğraf.....	18
4.5. TEAŞ Çevre Daire Başkanlığı denetiminde yürütülen temizlik çalışmalarında Kınık vadisi boyunca kaldırılan külleri gösterir fotoğraf.....	19
5.1. 1997 sonbaharında toplanan toprak ve su örneklerinin lokasyonlarını gösterir şematik harita.....	22
5.2. 1998 baharında toplanan toprak örneklerinin lokasyonlarını gösterir harita.....	23
6.1. Kömür, katı atık, toprak ve su örneklerine ait ana element derişim düzeyleri.....	36
6.2. Kömür, katı atık, toprak ve su örneklerine ait iz element derişim düzeyleri.....	37
6.3. Kül örneklerinin element derişim düzeyleri ile döküm alanından uzaklık arasındaki ilişkiyi gösterir grafikler.....	40
6.4. Toprak örneklerinin element derişim düzeyleri ile döküm alanından uzaklık arasındaki ilişkiyi gösterir grafikler.....	41
6.5. Dere suyu örneklerinin element derişim düzeyleri ile döküm alanından uzaklık arasındaki ilişkiyi gösterir grafikler.....	42

6.6. Dere sedimanı örneklerinin element derişim düzeyleri ile döküm alanından uzaklık arasındaki ilişkiyi gösterir grafikler.....	43
6.7. Dere suyu örneklerine ait Br ve I içerikleri ile döküm alanından uzaklık arasındaki ilişkiyi gösterir grafik.....	44
6.8. Uçucu küllere ait ana element içeriklerinin küllerin tane boyutuna göre değişimleri....	46
6.9 a. Uçucu küllere ait iz element (Mn, Co, Cr, Ni) içeriklerinin küllerin tane boyutuna göre değişimleri	47
b. Uçucu küllere ait iz element (Cu, Zn, Pb, Cd) içeriklerinin küllerin tane boyutuna göre değişimleri	48
6.10. Modelleme çalışmaları için kullanılan çalışma alanının sayısallaştırılmış üç boyutlu topoğrafik haritası.....	50
6.11 a. Al ve Fe derişimlerinin toprak örtüsündeki alansal dağılımları.....	54
b. Cd ve Cu derişimlerinin toprak örtüsündeki alansal dağılımları.....	55
c. Zn ve Cd derişimlerinin toprak örtüsündeki alansal dağılımları.....	56
d. Cr ve Ni derişimlerinin toprak örtüsündeki alansal dağılımları.....	57
6.12 a. Aerosol örneklerine ait element içeriklerinin literatürde verilen diğer çalışmalara ait veriler ile karşılaştırılması.....	59
b. Toprak örneklerine ait element içeriklerinin literatürde verilen diğer çalışmalara ait veriler ile karşılaştırılması.....	59
<p>1. Su örneklerinden elde edilen element içeriklerine ilişkin değer sınırlarına, Sağlık Bakanlığı tarafından "İçme Suyu" (SAĞLIK BAKANLIĞI, 1997) ve Devlet Bakanlığı tarafından "Sulama Suyu" (DEVLET BAKANLIĞI, 1991) için kabul edilen üst sınır değerleri ile karşılaştırılması</p>	

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
6.1. Kömür, taban külü ve uçucu kül örneklerinin mineralojik bileşimleri.....	29
6.2. Kömür ve cüruf örneklerinin kimyasal analiz sonuçları.....	31
6.3. Uçucu kül ve taban külü örneklerinin kimyasal analiz sonuçları.....	32
6.4. Toprak örneklerinin kimyasal analiz sonuçları.....	33
6.5. Su örneklerinin kimyasal analiz sonuçları.....	34
6.6. Çalışma alanından karelej yöntemi ile toplanan toprak örnekleri ile aerosol örneklerine ait kimyasal analiz sonuçları.....	51
6.7. Uzun ve kısa vade için “askıda partikül madde (SPM)” derişimleri (Ground Level Concentration, GLC).....	52
6.8. Uzun ve kısa vade için SO ₂ derişimleri (Ground Level Concentration, GLC).....	52
6.9. Toprak örneklerinden elde edilen toksik element içeriklerine ilişkin değer aralıklarının, çeşitli ülkelerce tarım toprakları için kabul edilebilirlik (üst) sınırı olarak belirlenen değerler ile karşılaştırılması.....	61
6.10. Su örneklerinden elde edilen element içeriklerine ilişkin değer aralıklarının, Sağlık Bakanlığı tarafından “İçme Suları” (SAĞLIK BAKANLIĞI, 1997) ve Devlet Bakanlığı tarafından “Sulama Suları” (DEVLET BAKANLIĞI, 1991) için kabul edilen üst sınır değerler ile karşılaştırılması.....	62

ÖZ

Bu çalışma, Seyitömer (Kütahya) termik santralından kaynaklanan katı atıkların çevreye etkisinin jeokimyasal bazda incelenmesini konu almaktadır. Santral civarından toplanan cüruf, taban külü, uçucu kül, toprak, aerosol, dere ve çeşme suyu örnekleri üzerinde gerçekleştirilen analizlerin sonuçları, atıkların matriksine girmekten çok yüzeyine adsorbe olan Cu, Pb, Zn, Cd gibi volatil elementlerin, tane boyutunun küçülmesi ve yüzey alanının artması nedeniyle, cüruf ve taban külünden çok uçucu küllerde deriştiğini göstermektedir. Toprak, aerosol, dere ve çeşme sularının Na, K, Ca, Mg, Mn, Al, Fe, Cr ve Ni içerikleri temel litolojisinden, Cd, Pb, Zn ve – sularda analiz edilen- Br içerikleri ise santral kökenli atıklardan kaynaklanmakta, antropojenik kaynaklı elementler santralin ve kül döküm alanlarının güney-güneybatısında yoğunlaşmaktadır. Santral bacasından emisyon ve kül döküm alanlarından tozuma yoluyla oluşan kirliliğin matematiksel modellemeler yoluyla incelenmesi, kirliliğin bölgesel boyutta olmadığını, daha çok santral civarındaki Bozcahöyük ve Kınık köylerini etkilediğini göstermektedir.

Seyitömer civarındaki toprak örneklerinin Ni, Cr, Co, Cu ve Pb içerikleri, çeşitli ülkelerce tarım toprakları için benimsenmiş sınır değerleri aşmaktadır. Sulama amaçlı kullanılan Kınık deresinin element derişim düzeyleri, Cr ve Co haricinde, Devlet Bakanlığı'nın sulama suları için kabul ettiği sınır değerlerin altındadır. Kınık deresinin beslediği ve Eskişehir'e içme suyu tahsisinde kullanılan Porsuk nehrinin suları Ca ve Cr haricinde, bölgedeki çeşme suları ise Mg, Cr ve K haricinde, Sağlık Bakanlığı'nın içme suları için kabul ettiği sınır değerlerin altındadır. Ca, Mg, K, Ni ve Cr içerikleri daha çok temel litolojisinden kaynaklanıyor olmakla birlikte, gerek toprak örtüsündeki Co, Cu ve Pb derişimleri, gerekse – sınır değerleri aşıyor olmamakla birlikte – döküm alanı güneyinde yeralan çeşme sularında gözlenen Pb artışı, santral kaynaklı kirlenmeyi işaret etmektedir. Bölgesel ölçekte olmasa da, santral yakın civarında gözlenen çevre kirliliği gözardı edilemeyeceğinden, bölgede atık deşarjı ile ilgili iyileştirmelerin yapılması gerekmektedir.

Anahtar Kelimeler: Seyitömer, Termik Santral, Katı Atık, Uçucu Kül, Döküm Alanı, Çevre Kirliliği

Key Words: Seyitömer, Thermal Power Plant, Solid Waste, Fly Ash, Disposal Site, Environmental Pollution

ABSTRACT

This study is concerned with the geochemical assessment of the environmental effects of solid waste products from the Seyitömer (Kütahya) thermal power plant. The results of analysis carried out on slag, bottom-ash, fly-ash, soil, aerosol and water samples (from streams and fountains) reveal that the volatile elements like Cu, Pb, Zn and Cd which are adsorbed at the surface of solid waste products (rather than partitioned into their matrix structure) are more concentrated in fly-ash compared to slag and bottom-ash, as fly-ash has smaller particle size and hence larger surface area. Na, K, Ca, Mg, Mn, Al, Fe, Cr and Ni contents of soil, aerosol and water samples are governed by the basement lithology, whereas Cd, Pb, Zn and (for water samples) Br contents by the solid waste products; the elements contributed by anthropogenic sources are especially concentrated at the south-southwest of the plant and the disposal sites. Mathematical modeling of pollution from stack emissions and disposal sites reveal that the degree of pollution is not high at regional scale but the effects are considerable for Kınık and Bozcahöyük villages in the close vicinity of the plant.

The Ni, Cr, Co, Cu and Pb contents of soil samples in Seyitömer area exceed the limits accepted by several countries for agricultural purposes. Except for Cr and Co, the elemental concentration levels of Kınık stream, which is currently used for irrigation purpose, are below the limits accepted by the State Ministry for irrigation waters. According to the regulations put forward by the Ministry of Health, the Porsuk river, which is fed by the Kınık stream and which is used to provide drinking water to the city of Eskişehir, have concentration levels, except for Ca and Cr, below the accepted limits for drinking water; the waters from the fountains also have levels below the accepted limits except for Mg, Cr and K. Although Ca, Mg, K, Ni and Cr contents are essentially governed by the basement lithology, Co, Cu and Pb concentrations in soil cover, and –though not exceeding the accepted limits- the increase in the Pb concentration of waters from the fountain at the south of disposal sites, point to pollution from the power plant. Although it is not at a regional scale, environmental pollution in the close vicinity of the plant can not be neglected and the waste disposal methods should be improved in the area.

Key Words: Seyitömer, Thermal Power Plant, Solid Waste, Fly-Ash, Disposal Site, Environmental Pollution

BÖLÜM 1

GİRİŞ

Son yıllarda, artan elektrik ihtiyacını karşılayabilmek amacıyla kömür ve benzeri yakıtların yaygın olarak kullanımını sonucu, özellikle endüstri bölgesi olan şehirlerde, çevre kirliliği önemli bir sorun olarak karşımıza çıkmaktadır. Kömür yakıtlı termik santrallarda üretilen kül ve cüruf gibi katı atıklar, toprağa, yüzey ve yeraltı sularına ve atmosfere karışma özelliği olan toksik iz elementler içermektedir. Bu nedenle, kömür yakıtlı termik santrallarda, çevre kirliliğine yolaçan ve beraberinde çeşitli sağlık sorunlarını getirmesi olası olan katı atıkların deşarjı büyük önem kazanmaktadır.

Ülkemizde enerji ihtiyacını karşılamak üzere kurulan büyük kapasiteli termik santrallarda özellikle endüstrinin diğer kesimlerinde değerlendirilme imkanı çok az olan, düşük kalorili ve kül oranı yüksek linyit kullanılmaktadır. Bu projeye konu olan Seyitömer (Kütahya) termik santralında, kalori değeri düşük ve kül oranı yüksek olan Seyitömer basenine ait linyit kullanılmaktadır. Söz konusu santral 600 MW güce ve 3.6×10^9 kWh yıllık üretim kapasitesine sahip olup, günde 20 000 ton kömürün kullanıldığı santralda günlük kül üretimi 8000 tondur. Kömürün yanması sonucu ortaya çıkan bu küller, yaklaşık 3 km uzunluğundaki konveyör bantlar ile santraldan kül döküm alanlarına taşınmakta ve burada depolanmaktadır. Uzun yıllar kuru deşarj yönteminin kullanıldığı bu alanda şimdiye kadar depolanan küller yaklaşık 2.5 milyon metreküplük bir kül dağı oluşturmuştur. Toprak örtüsü üzerine kuru deşarjı sağlanan santral küllerinin tozumasını önlemek amacıyla son zamanlarda su ile bastırma yöntemi uygulanmaya başlanmış, ancak oluşturulan kül barajı, yoğun yağış nedeniyle, 1997 yılı Mayıs ayı başında yıkılmış ve atık küllerin hızla bölgeye yayılması sonucu çok geniş bir alanda ekili araziler kül yığını altında kalmıştır. Haziran-Eylül 1997 tarihleri arasında gerçekleştirilen dekapaj çalışmaları ile Kınık deresi boyunca uzanan ekili alanlara yayılan küllerin büyük bir kısmı toplanmıştır. Ancak, bölgede kuru deşarja devam ediliyor olması ve uçucu küllerin santral bacasından emisyon yoluyla havaya karışması nedeniyle, katı atıkların çevreyi kirlenme potansiyelinin incelenmesi, özellikle ekili alanların söz konusu olması durumunda, büyük önem taşımaktadır.

1.1. Araştırmanın Amacı

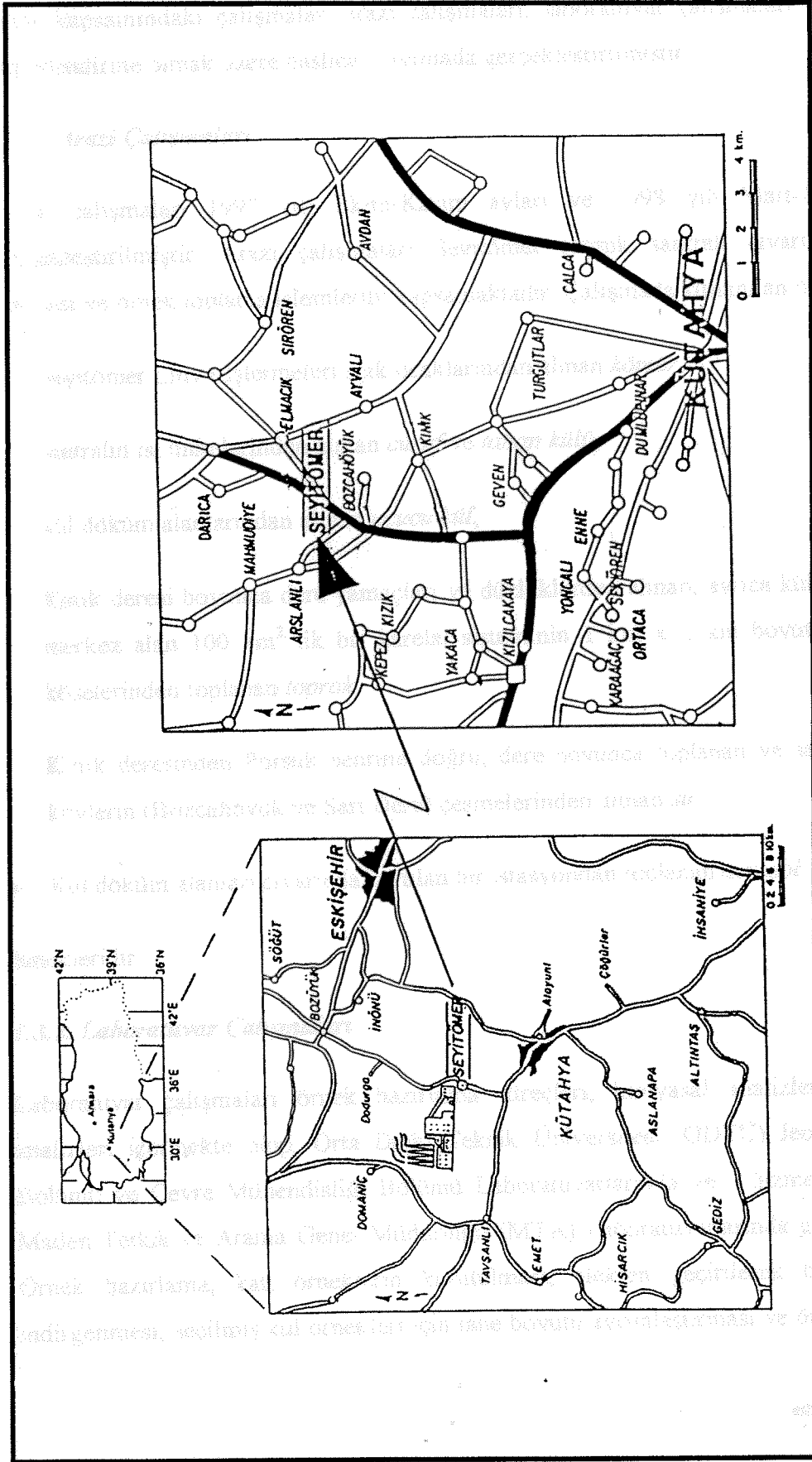
Bu projenin amacı, Seyitömer (Kütahya) kömür yakıtlı termik santralinden kaynaklanan küllerin çevreye etkisinin jeokimyasal analizler yoluyla incelenmesidir. Bu çerçevede, Seyitömer baseni kömürlerinden, santral ısı ünitelerindeki taban külleri ve cürüflardan, kül döküm alanlarından, küllerin yayılım gösterdiği alanlardaki toprak örtüsünden, civardaki dere ve çeşme sularından ve döküm alanları civarında kurulan bir istasyon aracılığıyla havadaki tozlardan (aerosol) alınan örnekler, ana element (Na, K, Ca, Mg, Fe, Al) ve iz element (Mn, Cr, Ni, Cu, Zn, Pb, Cd, As, Se, Co, Br, I) içerikleri açısından analiz edilmişlerdir. Analiz sonuçları, elementlerin kömür, cüruf, kül, toprak, aerosol ve su örneklerindeki göreceli dağılımları, havadaki ve toprak örtüsündeki alansal dağılımları ve toprak, su ve havadaki derişim düzeyleri açısından incelenmiştir.

Projenin esas amacını teşkil eden katı atıkların çevresel etkilerinin incelenmesine yönelik jeokimyasal çalışmalar yanında, projenin (tali) amaçlarından biri de küllerin endüstriyel amaçlı kullanım potansiyelinin belirlenmesine ilişkin olarak, ileride yapılması olası çalışmalarda kullanılmak üzere, küllerin kimyasal bileşiklerinin belirlenmesidir. Bu amaçla seçilmiş kül örnekleri üzerinde mineralojik analizler gerçekleştirilmiştir.

1.2. Araştırma Alanının Coğrafik Konumu

Seyitömer termik santrali, Batı Anadolu bölgesinde, Kütahya il merkezinin 28 km kuzeybatısında yer almaktadır (Şekil 1.1). Çalışma alanı santral, ilişkin birimler, döküm alanları ve bazı civar köyleri içermektedir. Çalışma alanına ulaşım Eskişehir-Afyon yolu üzerinden sağlanmaktadır. Termik santrale en yakın köyler Kınık, Ayvalı, Bozcahöyük ve Turgutlar köyleridir (Şekil 1.1).

Çalışma alanındaki başlıca geçim kaynağı tarımdır. Ekili alanlara su civardaki derelerden sağlanmaktadır. Eskişehir ilinin içme suyunun temin edildiği Posuk nehri çalışma alanı civarından geçen dereler ile beslenmektedir.



Şekil 1.1. Çalışma alanının yerbulduru haritası

1.3. Araştırmanın Kapsamı ve Çalışma Yöntemleri

Proje kapsamındaki çalışmalar, arazi çalışmaları, laboratuvar çalışmaları ve veri işleme-değerlendirme olmak üzere başlıca 3 aşamada gerçekleştirilmiştir.

1.3.1. Arazi Çalışmaları

Arazi çalışmaları 1997 yılı Ekim-Kasım ayları ve 1998 yılı Mart-Nisan aylarında gerçekleştirilmiştir. Arazi çalışmaları Seyitömer termik santrali civarındaki inceleme gezisini ve örnek toplama işlemlerini kapsamaktadır. Çalışmada kullanılan örnekler

- Seyitömer Linyit İşletmeleri açık ocaklarından alınan *kömür*,
- santralin ısı ünitelerinden alınan *cüruf ve taban külü*,
- kül döküm alanlarından alınan *uçucu kül*,
- Kınık deresi boyunca dere yamaçları ve düzlüklerden alınan, ayrıca kül döküm sahasını merkez alan 100 km² lik bir karelej sisteminin 1 km x 1 km boyutlu elemanlarının köşelerinden toplanan *toprak*,
- Kınık deresinden Porsuk nehrine doğru, dere boyunca toplanan ve santral civarındaki köylerin (Bozcahöyük ve Sarı Dere) çeşmelerinden alınan *su*,
- Kül döküm alanları civarında kurulan bir istasyondan toplanan *aerosol*

örnekleridir.

1.3.2. Laboratuvar Çalışmaları

Laboratuvar çalışmaları örnek hazırlama süreçleri, kimyasal analizler ve mineralojik analizleri içermekte olup, Orta Doğu Teknik Üniversitesi (ODTÜ) Jeoloji Mühendisliği Bölümü ve Çevre Mühendisliği Bölümü Laboratuvarlarında ve – hizmet alımı yoluyla – Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü (MTA) Laboratuvarlarında gerçekleştirilmiştir. Örnek hazırlama, katı örneklerin kurutulması, elekten geçirilerek belirli bir boyuta indirgenmesi, seçilmiş kül örnekleri için tane boyutu ayırma ve örneklerin çözeltiye

alınması aşamalarını kapsamaktadır. Kimyasal analizler, kömür, cüruf, taban külü, uçucu kül, toprak, su ve aerosol örnekleri üzerinde Atomik Absorpsiyon Spektrofotometresi (*Atomic Absorption Spectrophotometry, AAS*) yöntemi ile gerçekleştirilen Na, K, Ca, Al, Mg, Fe, Mn, Ni, Cr, Cu, Zn, Pb, Cd, Co analizlerini, su örneklerinde iyon metre ve iyon seçici elektrod yardımıyla gerçekleştirilen I ve Br analizlerini ve seçilmiş örnekler üzerinde *Inductively Coupled Plasma (ICP)* yöntemi ile gerçekleştirilen As, Se, Te ve Sb analizlerini içermektedir. Mineralojik analizler, kül örneklerinin kimyasal bileşenlerin belirlenmesine yönelik olup, X-Işınları Kırınım (*X-Ray Diffraction, XRD*) yöntemi ile gerçekleştirilmiştir.

1.3.3. Veri Değerlendirme

Analizler sonucu elde edilen veriler, elementlerin kömür, katı atıklar (cüruf, taban külü, uçucu kül), toprak, su ve havadaki görelî dağılımı açısından incelenmiştir. Ayrıca su, toprak ve aerosol örnekleri için element derişiminin i) kül döküm alanından ve santraldan uzaklıkla ilişkisinin incelenmesi ve ii) literatürde verilen sınır değerler ile karşılaştırması yoluyla, Seyitömer termik santralî küllerinin çevre kirliliğine etkisi araştırılmıştır. Küllerin potansiyel etkileri toprak ve aerosol örnekleri için matematiksel modelleme ile belirlenmiştir.

BÖLÜM 2

LİTERATÜR ÖZETİ:

KÖMÜRÜN YANMA ÜRÜNÜ KATI ATIKLAR VE ÇEVRESEL ETKİLERİ

2.1. Kömürün Yanması ile Oluşan Katı Atıklar

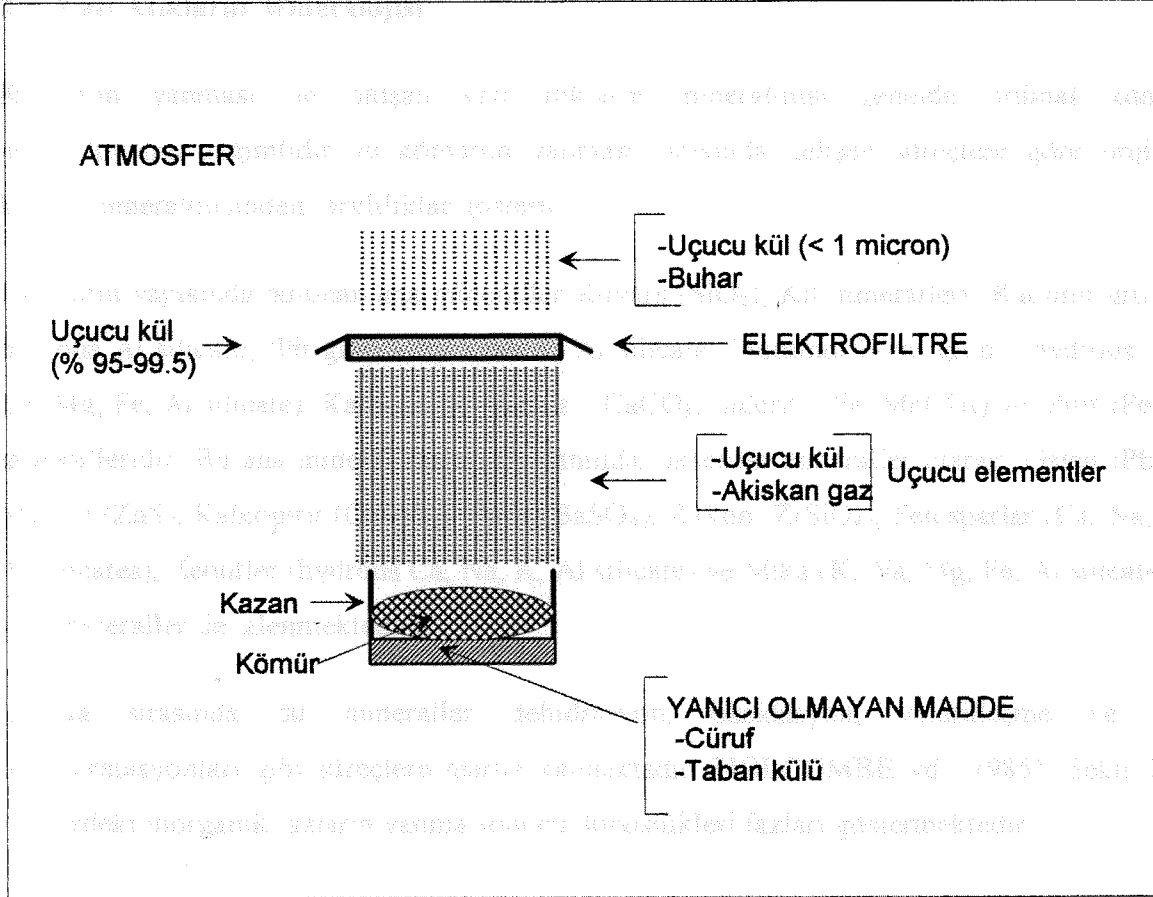
Günümüzde gittikçe artan enerji ihtiyacını karşılamak için kullanılan en önemli enerji kaynaklarından birini oluşturan kömürün yanmasından kaynaklanan katı atıklar uçucu kül, taban külü ve cüruf olarak sınıflandırılırlar (Şekil 2.1).

Uçucu küller, kömürün yanmasından geriye kalan inorganik atıklar olup, 0.01-200 mikron çapa sahip, camsı, küresel karakterde parçacıklardır (FISCHER vd., 1978) ve katı atıkların %10 ile 85 arasında değişen bir bölümünü oluşturmaktadır. Bu parçacıkların bir bölümü, kömürün yanması sırasında bacadan gaz emsiyonları ile taşınan parçacıklardır. Taban külleri, uçucu küllerden (tane boyutu açısından) daha büyük ve daha ağır olup, yanma anında yerçekimi etkisiyle kazan dibine çöken atıklardır. Cüruf, kömürün yanması sırasında kazanda kalan atık maddelerdir ve bir tür katılaştırmış bir eriyik görünümünde olup camsı yapısı itibariyle obsidiyeni andırır. Taban külüne oranla özgül ağırlığı yüksek, adsorplama kapasitesi düşüktür (BERTINE ve Goldberg, 1971).

Kömürün yanması ile ortaya çıkan bu katıkların miktar açısından birbirlerine oranları, kömürün kül içeriği, tane yapısı ve kullanılmakta olan partikül toplama cihazına bağlı olarak değişiklik göstermekte ise de, uçucu kül genelde katı atıkların %50'sinden fazla bir bölümünü oluşturmaktadır.

Kömürün yanması sırasında yanıcı olmayan maddeler taban külü ve cüruf olarak kazan dibine çökerken, geriye kalanlar (gaz fazını tercih eden) volatil elementler ve baca gazları olarak kazandan ayrılır. Tane boyunun küçük olması nedeniyle akışkan baca gazları ile taşınabilen uçucu küller elektostatik filtreye ulaştıklarında tekrar bir ayrışmaya uğrar (Şekil 2.1). Elektostatik filtreler uçucu külleri %95-99 tutma kapasitesine sahiptir; ancak, 1 mikrondan daha küçük olan uçucu kül parçacıkları filtrelerden geçerek baca gazları ile atmosfere

gibi diğer uçucu küller, küçük tane boyutları ve yoğunluğu nedeniyle, diğer katı atıklara oranla yüksek elemanların oranını taşıyan daha hafif kısımlara sahiptir.



Şekil 2.1. Kömürün yanmasından kaynaklanan katı atıklar ve oluşumlarını gösterir şema

gaz oluşturmaktadır (MULHILL ve Weisberger, 1980). Manyetik sıvı fazda birkaç element manyetik (Fe_2O_3 ve hematit (Fe_3O_4)) mineralleridir.

bu (Si) fazından zengin olan katı fazlar, çamur, bentonit, Na, K, Ca ve Mg gibi diğer elementlerin çoğu da katı fazla ayrılmazdır. Kurumculuk sırasında diğer katı elementler çoğunlukla katı fazda kalır. Kurumculuğunun bağlı olarak, Fe oksit şeklinde alüminosilikat mineralleri içindeki zengin manyetik sıvı fazında esas

yayırlılar. Uçucu küller, küçük tane boyları ve dolayısıyla büyük yüzey alanları itibariyle, diğer katı atıklara oranla toksik elementleri tutmak açısından daha büyük kapasiteye sahiptir.

2.2. Katı Atıkların Mineralojisi

Kömürün yanması ile oluşan katı atıkların mineralojisi genelde orijinal kömür mineralojisine bağlıdır ve kömürün yanması sırasında gelişen süreçlere göre orijinal kömür mineralojisinden farklılıklar gösterir.

Kömürün yapısında bulunan ana mineraller Kuvars (SiO_2), Kil mineralleri (Kaolinit grup – hydrous Al silicate; İllit grup – hydrous K, Al silicate; Montmorillonit grup – hydrous Na, Ca, Mg, Fe, Al silicate), Karbonatlar (Kalsit – CaCO_3 ; Siderit – Fe, MnCO_3) ve Pirit (FeS_2) mineralleridir. Bu ana mineral fazlarının yanında, aksesuar mineraller olarak, Galen (PbS), Sfelearit (ZnS), Kalkopirit (CuFeS_2), Barit (BaSO_4), Zirkon (ZrSiO_4), Feldsparlar (Ca, Na, K, Al silicates), Zeolitler (hydrous Ca, Na, K, Al silicate) ve Mika (K, Na, Mg, Fe, Al silicates) gibi mineraller de izlenmektedir.

Yanma sırasında bu mineraller dehidrasyon, oksidasyon, volatilleşme ve faz transformasyonları gibi süreçlere maruz kalmaktadır (HOLCOMBE vd., 1985). Şekil 2.2, kömürdeki inorganik fazların yanma sonucu dönüştükleri fazları göstermektedir.

Uçucu küller, genelde, Cam (amorf), Mullit-Kuvars ve Manyetik Spinel olmak üzere 3 ana fazdan oluşmaktadır (HULETT vd., 1980; ROY vd., 1984). Ana elementler her üç fazda da yer alabilmektedir. Kristal fazın başlıca mineralleri kuvars (SiO_2) ve mullit ($3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$) mineralleridir. Mullit, kil minerallerinin termal parçalanması sonucu oluşmaktadır. Uçucu küllerin aluminosilikat matriksinin %30-40'ını mullit ve kuvars, geri kalan bölümünü ise cam faz oluşturmaktadır (HULETT ve Weinberger, 1980). Manyetik spinel fazın başlıca mineralleri manyetit (Fe_3O_4) ve hematit (Fe_2O_3) mineralleridir.

Silikon (Si) açısından zengin cam fazda en çok derişen elementler Na, K, Ca ve Mg'dur. Toksik iz elementlerin çoğu da cam fazında yer almaktadır. Kuvars-mullit fazında yer alan metallik elementler çoğunlukla +3 ve +4 değerliklidir. Kömür kaynağına bağlı olarak, Fe gerek oksit şeklinde aluminosilikat matriks içerisinde, gerekse manyetik spinel fazında esas

atmosfere karışması

bileşenlerden birini teşkil edebilmektedir. Co, Cr, Ni gibi elementler çoğunlukla manyetik spinel fazında derişim göstermektedir.

2.3. Katı Atıkların Jeokimyası

Uçucu küllerdeki elementler jeokimyasal davranış açısından 2 grupta toplanmaktadır: litofiller ve kalkofiller. Litofil elementler oksit bileşikleri olarak aluminosilikat fazlarda derişen, Al, Ca, K, Mg, Na, Si gibi elementlerdir. Kalkofil elementler metalik ya da silikat fazlardan çok sülfid fazlarında derişen, As, Cd, Pb, Sb, Sn, Zn gibi elementleridir. Litofil elementler uçucu (volatil) karakterde olmadıkları için küllerin aluminosilikat matriksini oluştururlar. Kalkofil elementler ise uçucu (volatil) olduklarından matriks içerisinde yeralmayıp, küllerin yüzeyinde yoğunlaşırlar. Br, Cl, F gibi elementler halojen elementler olup gaz fazında yeralırlar ve - kısmen uçucu küllerin yüzeyine adsorbe olmakla birlikte - çoğunlukla baca gazları ile atmosfere karışırlar. Ba, Be, Bi, Co, Ni, Cr, Mn, Cu, U, V ve W gibi elementler ortaç davranış sergileyen ve matriks yapısı ile uçucu küllerin yüzeyine aynı oranda dağılan elementleridir (KLEIN ve Russel, 1973) (Şekil 2.3).

Katı atıkların tane boyutu, kalkofil elementlerin derişimini denetleyen en önemli faktörlerden biridir. Element derişimi yüzey alanı ile bağıntılı olduğundan, yüzey alanı büyüdükçe (yani tane boyu küçüldükçe) atıkların yüzeyine adsorbe olan element derişimi de artmaktadır (KLEIN vd. , 1975; HANSEN ve Fisher, 1980; NORTON vd., 1988). Bu nedenle, çoğu toksik kabul edilen bu elementlerin derişimi taban küllerinde cürufa, uçucu küllerde ise taban küllerine göre daha yüksektir.

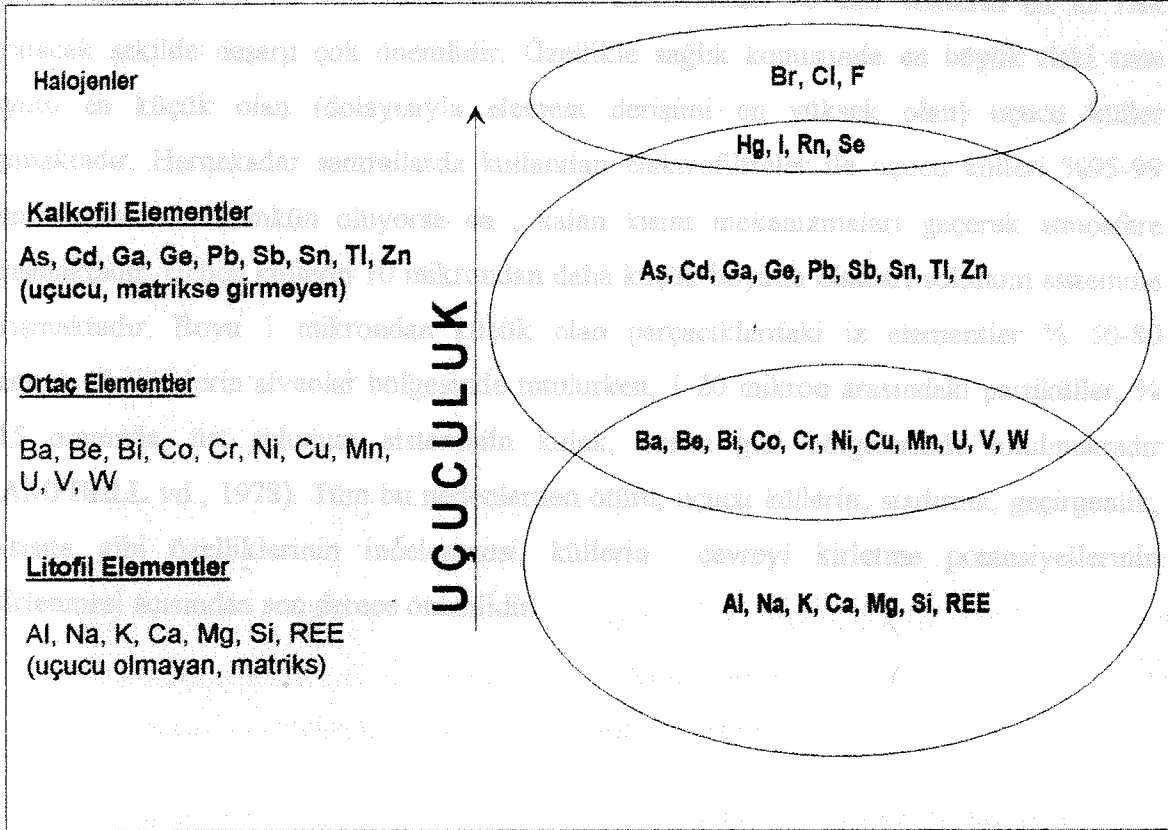
2.4. Katı Atıkların Çevresel Etkileri

Kömür yakıtlı termik santrallardan kaynaklanan katı atıklar, toksik element içerikleri nedeniyle, çevresel açıdan büyük önem taşımaktadır (BLOCK ve Dams, 1975; BOLTON vd., 1975). Bu toksik elementler başlıca iki yoldan çevre kirliliğine neden olmaktadır:

- i) Katı atık deşarjı - döküm alanlarında toplanan küllerin tozuması yoluyla atmosfere, toprak örtüsüne ve yağmur ile yıkanması yoluyla yüzey ve yeraltı sularına karışması
- ii) Baca Gazları - gaz fazında yoğunlaşan uçucu elementlerin emisyon yoluyla atmosfere karışması.

<u>Kömürdeki Mineraller</u>	<u>Uçucu Küllerdeki Transformasyon Ürünleri</u>
-Filosilikatlar	→ -Cam, Mullit ($Al_6Si_2O_{13}$), Kuvars (SiO_2)
-Kuvars	→ -Cam, Kuvars (SiO_2)
-Pirit (FeS_2) Siderit ($FeCO_3$) Demir Sülfat	→ -Hematit (Fe_2O_3), Manyetit (Fe_3O_4)
-Kalsit ($CaCO_3$)	→ -Kireç (CaO)
-Dolomit ($CaMg(CO_3)_2$)	→ -Kireç (CaO), Periklaz (MgO)
-Jips ($CaSO_4 \cdot 2H_2O$)	→ -Anhidrit ($CaSO_4$)

Şekil 2.2. Kömürün yanması sırasında inorganik fazlardaki termal transformasyonları gösterir şema



Şekil 2.3. Uçucu küllerdeki elementlerin jeokimyasal davranışlarına göre sınıflandırılması (FINKELMAN, 1996)

Toksik elementlerin toprağa, suya ve havaya karışması, çevre, arazi kullanım ve sağlık açısından tehlikeli sonuçlar yaratabilmektedir (LEE, 1982; GEHRS vd., 1979). Bu nedenle, santral bacasında iyi bir filtreleme sisteminin kullanılması ve katı atıkların en az risk yaratacak şekilde deşarjı çok önemlidir. Özellikle sağlık konusunda en büyük riski tane boyutu en küçük olan (dolayısıyla element derişimi en yüksek olan) uçucu küller taşımaktadır. Hernekadar santrallarda kullanılan elektrofiltreler ile uçucu külleri %95-99 oranında tutmak mümkün oluyorsa da , kalan kısım mekanizmaları geçerek atmosfere karışmaktadır. Uçucu küllerin 10 mikrondan daha küçük boyutta olanları solunum sistemine karışmaktadır. Boyu 1 mikrondan küçük olan parçacıklardaki iz elementler % 50-80 oranında akciğerlerin alveolar bölgesinde tutulurken, 1-20 mikron arasındaki partiküller, % 5-15 oranında, üst solunum sisteminin kulak, burun gibi bölgelerinde tutulmaktadır (CAMPBELL vd., 1978). Tüm bu nedenlerden ötürü, uçucu küllerin, sızdırma, geçirgenlik, toksisite gibi özelliklerinin incelenmesi, küllerin çevreyi kirletme potansiyellerinin belirlenmesi açısından son derece önemlidir.

BÖLÜM 3

SEYİTÖMER BÖLGESİNİN JEOLJİSİ

Seyitömer Baseni Batı Anadolu Bölgesinde Kütahya il sınırları içerisinde yer almaktadır. Seyitömer ilçesi, KD-GB yönlü bu basenin orta kesiminde, Kütahya ilinin 20 km Kuzey-Kuzeydoğusundadır.

Seyitömer bölgesinin jeolojik haritası Şekil 3.1'de verilmektedir. Bölgede temel kayalar Paleozoyik yaşlı metamorfik ve Mesozoyik yaşlı ofiyolitik kayalar oluşturmaktadır. Neojen yaşlı sedimanter birimler temel birimlerini üzerlemekte ve Kuvaterner alüvyon tarafından üzerlenmektedir.

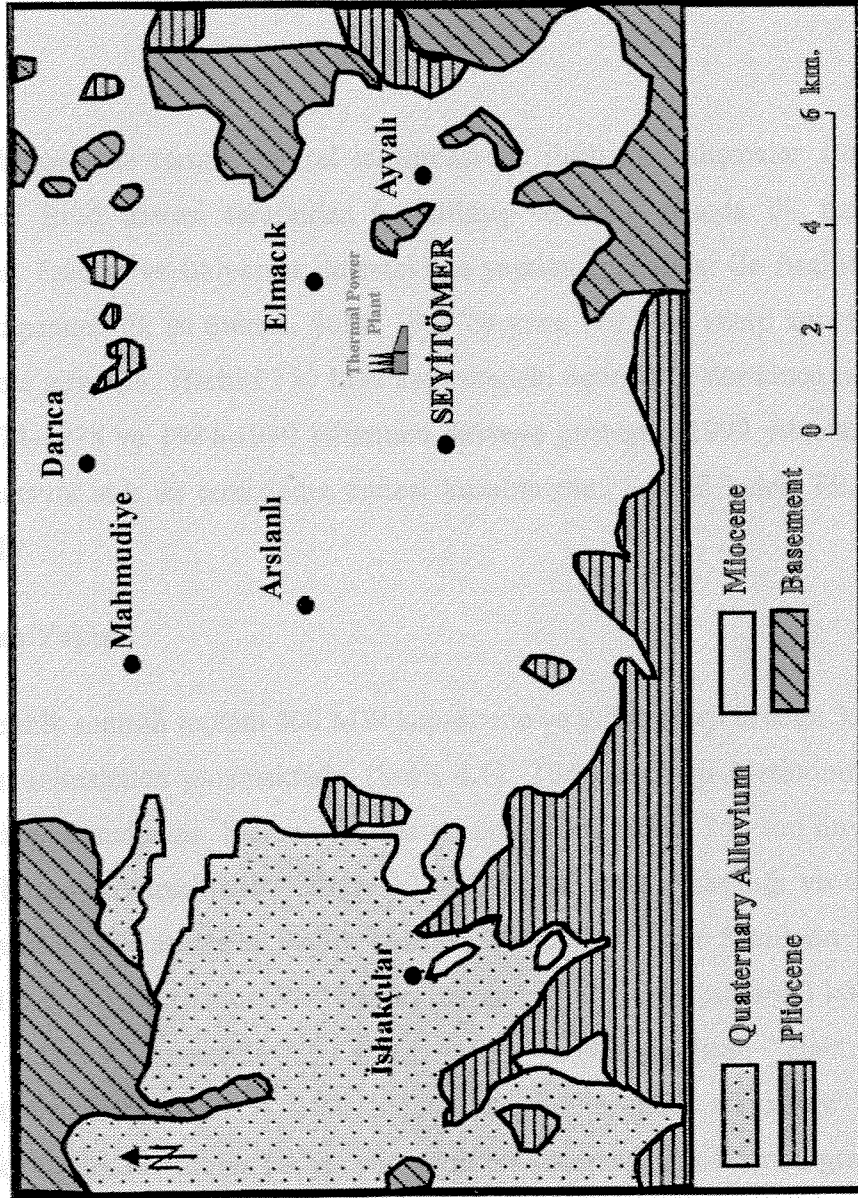
LEBKÜCHNER (1959) Seyitömer Basenindeki Neojen yaşlı birimleri, Yaşlı Neojen (Miyosen) ve Genç Miyosen (Pliyosen) olmak üzere ikiye ayırmıştır. Yaşlı Neojen birimleri BAŞ (1986) tarafından Beke ve Tunçbilek Formasyonları, SARIYILDIZ (1987) tarafından Seyitömer Formasyonu olarak adlanmıştır. Genç Neojen birimleri ise BAŞ (1986) tarafından Saruhanlar, Çökköy ve Emet Formasyonları olarak adlanmıştır.

Seyitömer linyit damarları, SARIYILDIZ (1987) tarafından Seyitömer Formasyonu olarak adlanan Orta-Üst Miyosen yaşlı birim içerisinde yer almaktadır. Söz konusu formasyon 50-100 metre kalınlığındaki konglomera ve kumtaşı seviyeleri ile başlamakta, 15-30 metre kalınlığındaki kil ve çamurtaşı seviyeleri ile devam etmektedir. 37 metre kalınlığa kadar varan ana linyit damarı bu çamurtaşı seviyelerini üzerine gelmektedir. Ana linyit damarını 20-80 metre kalınlığındaki bitümlü kiltası ve marn-kireçtaşı seviyeleri örtmektedir. Bu seviyelerin üzerine killi linyit - kiltası ardalanmasından (6-25 m) oluşan üst linyit damarı gelmekte ve damar, diatomitçe zengin kiltası - silisifiye kireçtaşı - killi kireçtaşı seviyeleri ile örtülmektedir.

Yapısal olarak, Neojen yaşlı birimlerde BKB-DGD yönlü kıvrımlar ve KD-GB yönlü faylar izlenmektedir.

BÖLÜM 4

SEYİTÖMER TERMİK SANTRELİ



Şekil 3.1. Seyitömer bölgesinin şematik jeoloji haritası (Nakoman, 1968'den alınmıştır).

BÖLÜM 4

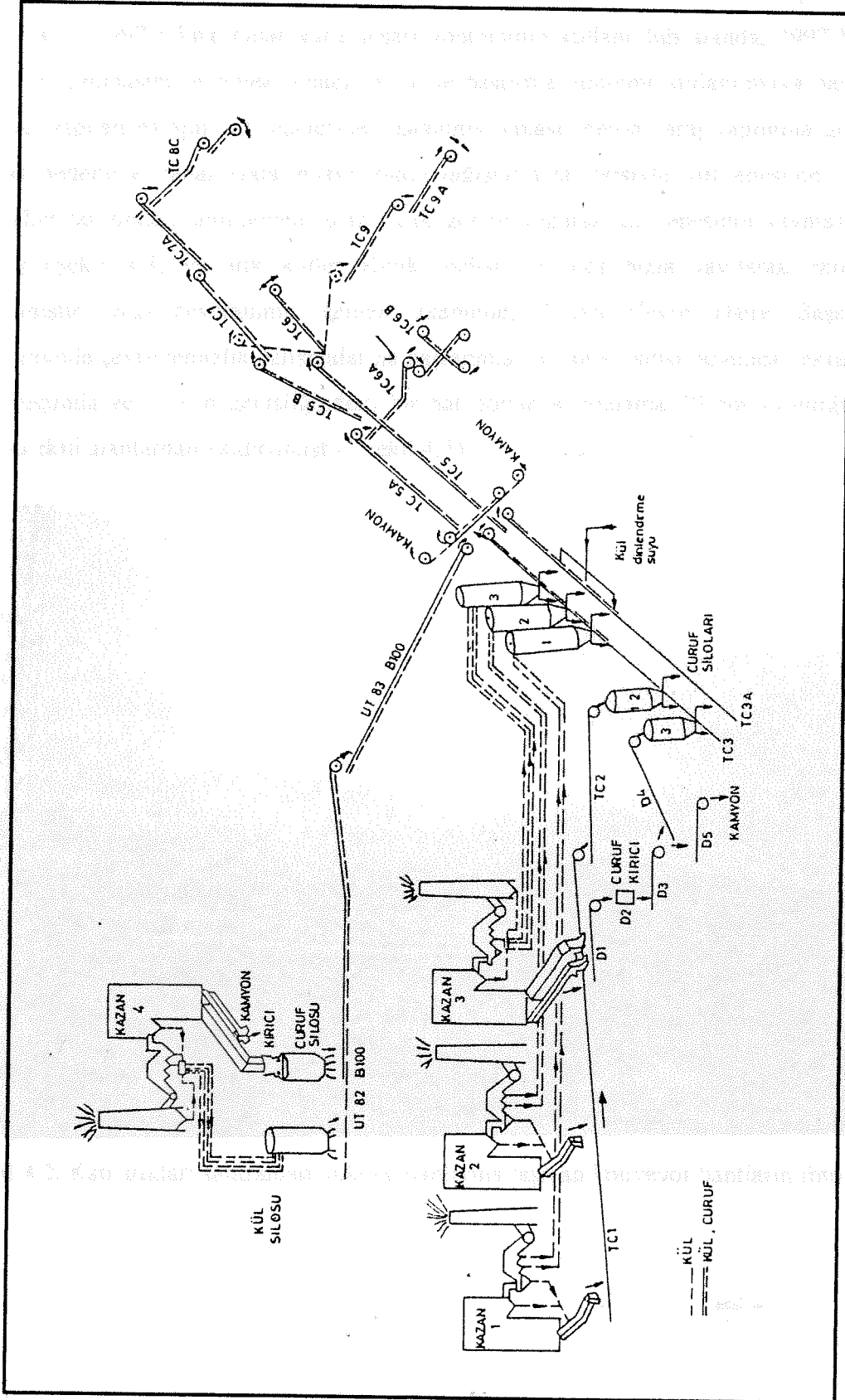
SEYİTÖMER TERMİK SANTRALI

4.1. Tarihçe

Seyitömer bölgesinde termik santral kurulması ile ilgili ilk çalışmalar 1960 lı yıllarda Elektrik İşleri Etüd İdaresi tarafından başlatılmış ve 1966 yılında ilk fizibilite raporu hazırlanmıştır. Fransız ve İtalyanlar ile ortaklaşa yapılan çalışmalar ile Aralık 1968'de 150 MW enerji kapasiteli ilk ısı ünitesi, Şubat 1969'da gene 150 MW enerji kapasiteli ikinci ısı ünitesi hizmete girmiştir. Herbiri 150 MW kapasitedeki üçüncü ve dördüncü ısı üniteleri ise, sırasıyla, 1974-1978 ve 1984-1989 yıllarında devreye girmiştir. 1999 yılında, su kirliliğini önlemek amacıyla atık su temizleme ünitesi kurulmuştur. Santral halen TEAŞ tarafından işletilmektedir.

4.2. Santralin Yapısı

Seyitömer termik santrali toplam 600 MW kapasitede ve yıllık enerji üretimi 3.9×10^9 KWH olan dört ısı ünitesinden oluşmaktadır (Şekil 4.1). Türkiye enerji üretiminin % 4.6'sı bu santraldan karşılanmaktadır. Santraldaki her ısı ünitesinde saatte 260 ton linyit yakılmakta ve 500 ton buhar üretilmektedir. Günde 20 000 ton kömürün yakıldığı ve 6000-8000 ton uçucu külün üretildiği santralda, yıllık bazdaki kömür kullanımı 5 milyon ton, yıllık kül üretimi ise 1.5-2 milyon tondur. Santraldaki her ısı biriminde (kazanlarda) küllerin bacadan kaçmasını önlemek amacıyla 2 adet, %98 verimle çalışan elektrostatik filtre kullanılmaktadır. Geri kalan % 2'lik bölüm bacadan kaçarak atmosfere karışmaktadır. Elektrostatik filtreler ile tutulan küller, pnömomatik bir sistemle kül silolarına gönderilmektedir (Şekil 4.1). Kömür yakılması ile ortaya çıkan cüruf da gene taşıyıcı bantlar ile bu silolara yollanmaktadır.



Şekil 4.1. Seyitömer termik santralının genel yapısı, kül-cüruf akış şeması ve kül döküm sahaları

4.3. Katı Atık Deşarjı

Seyitömer termik santralinden elde edilen katı atıklar yaklaşık 3 km uzunlukta ve 450 ton/saat kapasitedeki konveyör bantlar yardımıyla (Şekil 4.2) santralin kuzeydoğusunda Yumaklı Tepe'de yer alan kül döküm alanlarına taşınmakta ve burada depolanmaktadır (Şekil 4.3). 1997 yılına kadar kuru deşarj yönteminin kullanıldığı alanda, 1997 baharında, küllerin tozumasını önlemek amacıyla su ile bastırma yöntemi kullanılmaya başlanmıştır. Ancak, yapılan barajın kül tepelerine yaslanmış olması (beton baraj yapımına gidilmemiş) olması nedeniyle, bahar aylarındaki yoğun yağışların da etkisiyle, kül tepesinin altına sızan ve küller tarafından emilmeyen sular kızak görevi yaparak kül tepesinin kaymasına neden olmuş (Şekil 4.4) ve atık küller Kınık vadisi boyunca hızla yayılarak ekili alanları kaplamıştır. Kül heyelanının hemen akabinde, TEAŞ Çevre Daire Başkanlığı'nın denetiminde çevre temizlik çalışmalarına başlanmış ve Kınık vadisi boyunca yaklaşık 13 km uzunluğunda ve 150 m genişliğindeki bir hat boyunca ortalama 30 cm kalınlığındaki kül örtüsü ekili alanlardan kaldırılmıştır (Şekil 4.5).



Şekil 4.2. Katı atıkları santraldan döküm alanlarına taşıyan konveyör bantların fotoğrafı



Şekil 4.3. Seyitömer termik santralinden kaynaklanan katı atıkların döküm sahasını gösterir fotoğraf

Şekil 4.3. TEAŞ Çevre Daire Başkanlığı denetiminde yürütülen uzaylılık çalışmaları kapsamında Seyitömer çölü boyunca kaldırılan külleri gösterir fotoğraf.



Şekil 4.4. Yıkılan kül barajının yerini gösterir fotoğraf



Şekil 4.5. TEAŞ Çevre Daire Başkanlığı denetiminde yürütülen temizlik çalışmalarında Kınık vadisi boyunca kaldırılan külleri gösterir fotoğraf

BÖLÜM 5

JEOKİMYASAL ÇALIŞMALAR VE MİNERALOGİK ANALİZLER :

ÇALIŞMA YÖNTEMLERİ

5.1. Örnekleme

Araştırma kapsamında kömür, cüruf, taban külü, uçucu kül, toprak, su ve aerosol örnekleri çalışılmıştır.

Kömür Örnekleri:

Toplam 2 adet kömür örneği, Seyitömer Linyit İşletmeleri açık ocaklarından alınmıştır.

Cüruf ve Taban Külü Örnekleri:

Cüruf ve taban külü örnekleri santral ısı ünitelerinden (kazanlardan) toplanmıştır (Şekil 4.1). Örnek toplama işlemlerinin gerçekleştirildiği tarihlerde 3 no.lu ünite çalışır durumda olmadığı için, 1, 2 ve 4 no.lu ünitelerin herbirinden birer adet olmak üzere 3 adet cüruf ve 3 adet taban külü örneği alınmıştır.

Uçucu Kül Örnekleri:

Uçucu kül örnekleri TC-9A, TC-8C ve TC-6A no.lu kül döküm alanlarından (Şekil 4.1) ve kül döküm alanlarının eteklerinden güneye (Kınık köyüne) doğru 200 m uzunluğunda bir hat boyunca (Şekil 5.1) toplanmıştır. Örnek lokasyonu ve sayısına ilişkin detaylar şu şekildedir:

Döküm Alanları

- TC-9A ve TC-8C no.lu döküm alanlarının (Şekil 4.1) herbirinden 6 adet (herbir döküm alanında, döküm noktasından itibaren üç ayrı hat boyunca, döküm noktası ve 50 m ilerisinden),
- TC-6A no.lu döküm alanından (Şekil 4.1) 4 adet (döküm noktasından itibaren üç ayrı hat boyunca; ilk hat için döküm noktası ve 50 m ilerisinden; diğer iki hat için döküm noktasının 50 m ilerisinden)

toplam 16 adet örnek alınmıştır.

Döküm Alanı Eteği

- Döküm alanı TC-8A'dan, örnek toplama tarihinde rüzgarın esme yönü olan güneydoğuya (Kınık köyüne) doğru bir hat boyunca (Şekil 5.1), 0, 50 100 ve 200 üncü metrelerden olmak üzere, toplam 4 adet örnek alınmıştır.

Toprak Örnekleri:

Toprak örnekleri iki farklı örnekleme periyodunda (Ekim-Kasım 1997 ve Mart-Nisan 1998) iki farklı yöntemle toplanmıştır.

Ekim – Kasım 1997 döneminde,

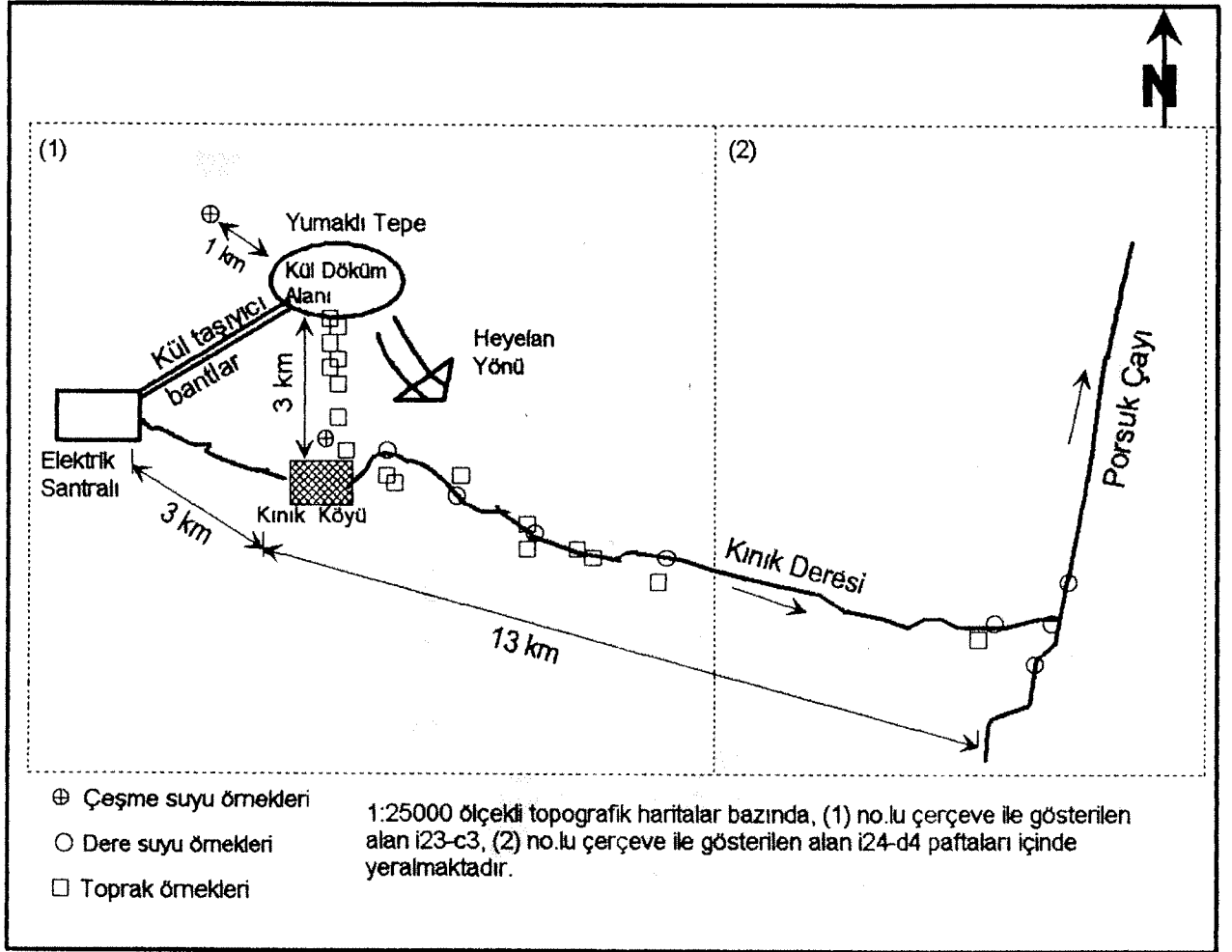
- Döküm alanı TC-8A'dan, örnek toplama tarihinde rüzgarın esme yönü olan güneydoğuya (Kınık köyüne) doğru bir hat boyunca (Şekil 5.1), 100 m, 380 m, 500 m, 750 m, 1000 m, 1500 m ve 2000 m mesafelerinde olmak üzere 7 adet,
- Döküm alanı TC-8A'dan kuzeybatıya (rüzgar esme yönünün tersine) 1 adet,
- Kınık köyünden itibaren, kınık vadisi boyunca, yaklaşık 2 km aralıklar ile, Kınık deresi ile Porsuk nehrinin birleşme noktasına kadar (Şekil 5.1), dere yamaçları ve düzlüklerinden olmak üzere 9 adet,

toplam 17 adet örnek toplanmıştır.

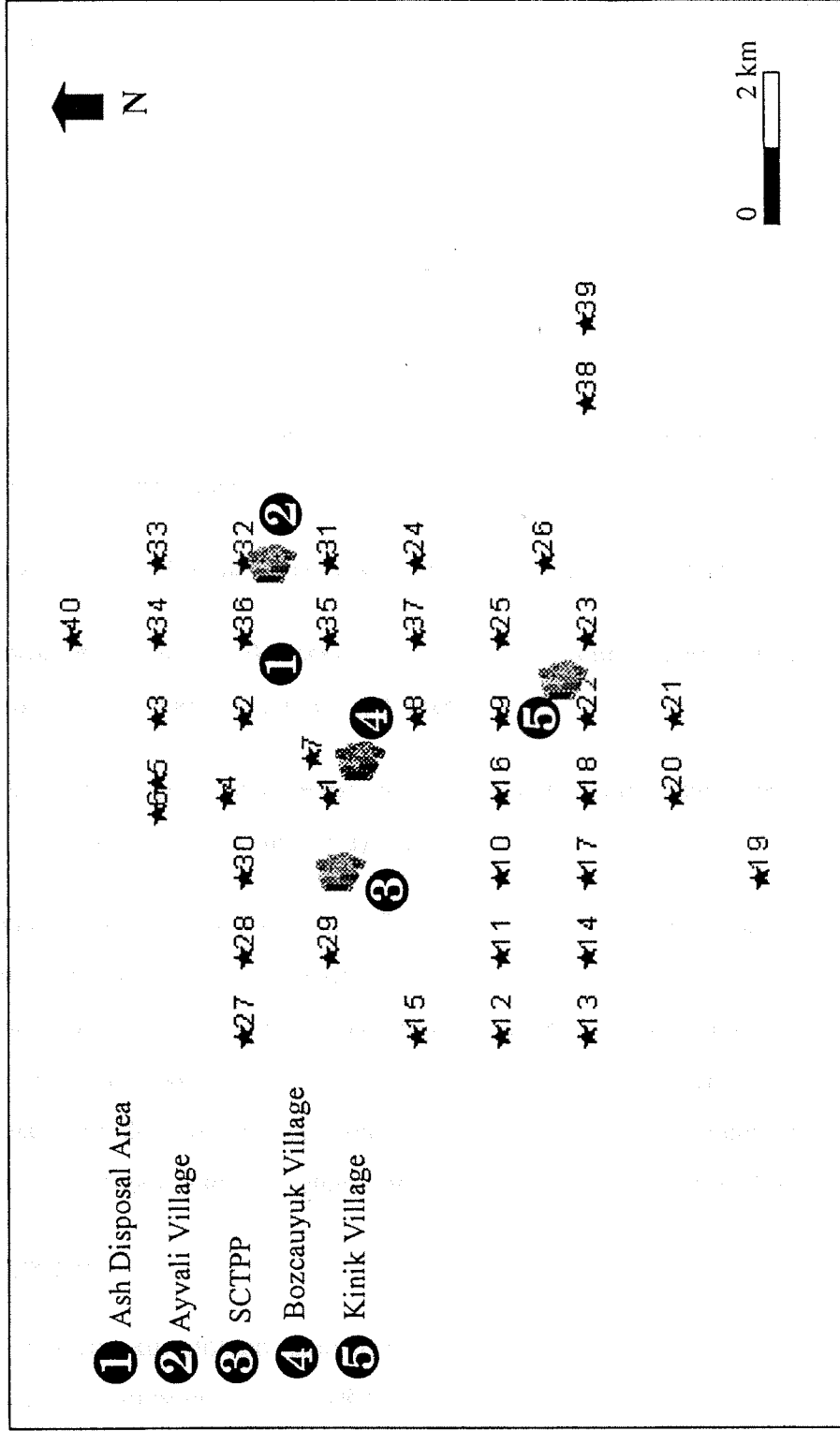
Mart – Nisan 1998 döneminde,

- kül döküm alanını merkez alan 10 km x 10 km'lik bir alanda, karelaj yöntemi ile, 1 km²'lik hücrelerin köşelerinden toplam 100 adet örnek toplanması planlanmış, ancak arazi koşullarının elverişli olmaması nedeniyle alanı temsil edecek toplam 40 adet örnek toplanabilmiştir (Şekil 5.2).

Toprak örnekleri, kayaç parçası, ot ve benzeri malzemeler içerisinden ayıklandıktan sonra, polietilen torbalara alınmıştır.



Şekil 5.1. 1997 sonbaharında toplanan toprak ve su örneklerinin lokasyonlarını gösterir şematik harita



Şekil 5.2. 1998 baharında toplanan toprak örneklerinin lokasyonlarını gösterir harita

Su örnekleri:

Çalışma kapasamında civardaki dere ve çeşmelerden su örnekleri toplanmıştır. Örnek lokasyonu (Şekil 5.1) ve sayısına ilişkin detaylar şu şekildedir:

Çeşme suları

- döküm alanlarının kuzebatısında ve güneybatısında yer alan 2 adet çeşmenin herbirinden birer (toplam 2 adet) örnek alınmıştır.

Dere Suları

- Kınık deresinden, yaklaşık 2 km aralıklarla (toprak örneklerinin alındığı lokasyonlardan) 5 adet,
- Kınık deresi ile Porsuk nehrinin kesişim noktasında, Kınık deresinden 1 adet,
- Porsuk nehrinden (Kınık deresi ile kesişim noktasının güneyinde akış-yukarı yönde, Kınık deresi ile karışmadan önce) 1 adet,
- Porsuk nehrinden (Kınık deresi ile kesişim noktasının kuzeyinde akış-aşağı yönde, Kınık deresi ile karıştıktan sonra) 1 adet,

olacak şekilde 8 adet örnek alınmıştır. Gerek dere suyu örnekleri (toplam 8 adet) gerekse çeşme suyu örnekleri (toplam 2 adet) 200 cc hacmindeki polietilen şişelere toplanmıştır. Herbir örnek için iki ayrı polietilen şişe kullanılmıştır. Bu şişelerden birine sular, Br ve I analizlerinde kullanılmak üzere, filtre edilmeden toplanmıştır, diğerine ise filtre edilerek ve - metal analizlerinde kullanılmak üzere, metallerin çökmesini engellemek amacıyla - asitlenerek toplanmıştır (asitleme işleminde 200 ml su örneğine 2 ml HCl konulmuştur).

Aerosol Örnekleri:

Aerosol örnekleri, kül döküm alanlarının yaklaşık 1.5 km doğusunda yer alan Ayvalı köyünde kurulan istasyondan (SIERRA-ANDERSEN Model SAUV-10H PM-10, yüksek hacimli örnekleme cihazı kullanılarak) toplanmıştır. Örnekleme, 11 Mart – 1 Nisan 1998

tarihleri arasında 22 günlük bir periyod süresince günlük bazda gerçekleştirilmiştir. Örneklemeler sırasında filtreler (Whatman-41 selüloz) hergün aynı saatte değiştirilmiştir.

5.2. Örnek Hazırlanması

Kömür, katı atık (cüruf ve kül) ve bir kısım toprak örneklerinin hazırlama işlemleri ODTÜ Jeoloji Mühendisliği Bölümü Örnek Hazırlama ve Kimya Laboratuvarlarında, karelej yöntemi ile toplanmış toprak örnekleri ile aerosol örneklerinin hazırlama işlemleri ise ODTÜ Çevre Mühendisliği Bölümü Laboratuvarlarında gerçekleştirilmiştir. Su örnekleri herhangi bir muameleden geçirilmemiş, asitlenerek toplanan örnekler metal analizlerinde, asitlenmeden toplanan örnekler ise I ve Br analizlerinde kullanılmıştır.

ODTÜ Çevre Mühendisliği Bölümü Laboratuvarlarında, karelej yöntemi ile toplanmış toprak örnekleri yaklaşık 60°C sıcaklığındaki fırında 3-4 gün kurumaya bırakılmış, kurumuş örnekler elle ezilip homojenleştirildikten sonra 250 mg'lık örnek, 4 ml HNO₃ ve 1.5 ml HF karışımı ile muamele edilerek teflon bombalar içerisine yerleştirip 150 °C'lik fırında 1.5 saat tutulmuştur. Fırından çıktıktan sonra oda sıcaklığında soğumaya bırakılan örnek çözeltileri daha sonra hot-plate üzerinde buharlaştırılmış ve kalıntı %1'lik HNO₃ ve distile su ile 50 ml'ye tamamlanmıştır. Aerosol örneklerinde filtreler önce tartılmış, sonra herbiri ayrıca tartılan çeyrek parçalara ayrılmış, daha sonra da çeyrek parçalardan biri "total acid digestion" yöntemiyle çözeltiliye alınmıştır. Bu aşamada çeyrek filtre önce 250 ml'lik teflon beherlerde 30 ml HNO₃ eklenerek 10-12 saat süreyle 130 °C'de tutulmuş, daha sonra ağzı açılarak buharlaşmaya bırakılmıştır. Tam buharlaşma olmadan HF eklenmiş, daha sonra tekrar buharlaşmaya bırakılmıştır. Kalıntı %1'lik HNO₃ ve distile su ile 50 ml'ye tamamlanmıştır.

Jeoloji Mühendisliği Bölümü Laboratuvarlarında kül ve toprak örnekleri, neminden arındırılması amacıyla, 2-3 gün süreyle oda sıcaklığında kurumaya bırakılmıştır. Kurutulan örnekler, 28 mesh (plastik) elekten geçirilerek, elek altı fraksiyonları (< 600 µm) analizler için ayrılmıştır. Tane boyutu ile metal dağılımı arasındaki ilişkinin belirlenmesi amacıyla, 2 adet kül örneği, 38-180 µm, 10-38 µm ve < 10 µm olmak üzere 3 ayrı fraksiyona ayrılmıştır. Fraksiyonlaştırma işlemi *isopiril alkol* kullanılarak gerçekleştirilmiştir. İsopiril alkol içindeki örnekler 38-180 µm ve 10-38 µm fraksiyonlarını elde etmek için 2 dakika

süreyle 2500 rpm hızında, < 10 µm fraksiyonunu elde etmek için ise 5 dakika süreyle 3500 rpm hızında sentrifuj edilmiştir. Jeoloji Mühendisliği Laboratuvarlarında teflon bomba mevcut olmayışı nedeniyle, katı örnekleri sadece HNO₃ ve HF karışımı içerisinde çözündürmek mümkün olmamış ve örnekler HNO₃, HF, HCl ve HClO₄ asitlerinin kullanıldığı bir dizi çözündürme işleminden geçirilmiştir. Bu işlemler sırasında 250 mg örnek teflon kaplara tartılmış ve 10 ml HNO₃ ile 4 ml HF karışımı içinde buharlaşmaya bırakılmıştır. Örnek kuruluğa yakinken üzerine 5 ml HCl konulmuş ve ağzı kapalı olarak 1 saat 150°C'lik hot-plate üzerinde tutulmuştur. Daha sonra oda sıcaklığında soğumaya bırakılan örnek, üzerine önce 5 ml HClO₄, daha sonra da 5 ml HNO₃ konularak buharlaşmaya bırakılmıştır. Örnek, tam buharlaşma olmadan, 1ml %1'lik HNO₃, 1 ml hidrazin sülfat ve 8-10 damla kral suyu karışımı içinde çözündürülerek, balon jöjeler içinde distile su ile 50 ml'ye tamamlanmıştır.

5.3. Analitik Yöntemler

Çalışmada 2 adet kömür, 3 adet cüruf, 3 adet taban külü, 20 adet uçucu kül, 57 adet toprak, 22 adet aerosol ve 10 adet su örneği Na, K, Ca, Al, Mg, Fe, Mn, Cr, Cu, Zn, Pb, Ni, Cd ve Co içeriği açısından analiz edilmiştir. Na, K, Ca, Al, Mg, Fe, Mn, Cr, Cu ve Zn analizleri Alevli Atomik Absorpsiyon/Emisyon Spektrofotometresi (*Flame Atomic Absorption/Emission Spectrophotometer, FAAS / FAES*) yöntemi ile, Pb, Ni ve Cd analizleri Grafit Fırın Atomik Absorpsiyon Spektrofotometresi (*Graphite Furnace Atomic Absorption Spectrophotometer, GFAAS*) yöntemi ile, Perkin-Elmer 1100B model AAS cihazı kullanılarak, ODTÜ Çevre Mühendisliği Bölümü Laboratuvarında gerçekleştirilmiştir. Co analizleri, ODTÜ Jeoloji Mühendisliği Laboratuvarında, Rank Hilger-1550 model AAS cihazı kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

Toprak ve su örneği element dengelerinin tayini için taktiklerde likir alınma sonucunda, suyun 10 adet su örneği, pH-iyon metre ve iyon seçici elektrod kullanılarak, toksik uçucu element kabul edilen Br ve I içerikleri açısından analiz edilmiştir. pH-iyon metre ve iyon seçici elektrod yönteminde Cl elementinin - içeriğinin yüksek olması durumunda - Br ve I elementlerine interferans yaparak yanlış sonuç alınmasına yolaçması ve çalışmada kullanılan katı örneklerin çözeltiyeye alınması sırasında HCl kullanılmış olması nedeniyle, katı örneklerde Br ve I analizi yapılmamıştır.

Derişim seviyelerinin genelde düşük olması nedeniyle As, Se, Sb ve Te elementlerinin analizleri, *Inductively Coupled Plasma* (ICP) yöntemi kullanılarak, hizmet alımı yoluyla MTA Laboratuvarlarında, seçilmiş 13 adet örnek üzerinde gerçekleştirilmiştir. Söz konusu 13 adet örnekten 7 adeti uçucu kül, 1 adeti taban külü ve 5 adeti de toprak örnekleridir.

Mineral analizleri, toplam 9 adet örnek üzerinde, X-Işınları Kırınım (*X-Ray Diffractometer*, XRD) yöntemi kullanılarak, hizmet alımı yoluyla MTA Laboratuvarlarında gerçekleştirilmiştir. 9 adet örnekten 1 adeti kömür, 6 adeti uçucu kül, 2 adeti ise taban külü örnekleridir.

Bu çalışmada kimyasal analizleri yapılan elementlere ait tayin limitleri şu şekildedir: Na: 0.11 ppm, K: 0.03 ppm, Ca: 0.12 ppm, Mg: 0.02 ppm, Fe: 0.01 ppm, Mn: 0.18 ppm, Al: 0.01 ppm, Cu: 0.10 ppm, Zn: 0.02 ppm, Cr: 0.08 ppm, Ni: 0.05 ppb, Cd: 0.06 ppb, Pb: 0.08 ppb, Co: 0.6 ppm, As: 0.5 ppm, Sb: 0.5 ppm, Se: 1 ppm, Te: 1 ppm, Br: 0.04 ppm, I: 0.04 ppm.

5.1.4. Veri Değerlendirme

Araştırma kapsamında mineralojik ve kimyasal analizlerden elde edilen sonuçlar aşağıda belirtilen doğrultularda değerlendirilmiştir:

- kömürün yanması sürecinde gelişen mineralojik değişimleri belirlemek açısından kömür, taban külü ve uçucu küllerin mineralojik bileşimlerinin karşılaştırılması.
- kömürün yanması ve katı atıkların su ile yıkanması gibi süreçlerde element davranışını belirlemek açısından elementlerin kömür, cüruf, taban külü, uçucu kül, toprak ve su örneklerindeki görelî dağılımlarının belirlenmesi,
- toprak ve sudaki element derişimlerinin kaynağı hakkında fikir edinme açısından, uçucu kül, toprak ve su örnekleri için, element derişim düzeyleri ile kül döküm alanlarından olan uzaklık arasındaki ilişkinin incelenmesi
- element derişimleri ile uçucu küllerin tane boyutu arasındaki ilişkinin incelenmesi,

- aerosol örnekleri ve kareyaj yöntemi ile toplanan toprak örnekleri kullanılarak, havaya karışmış olan santral kaynaklı tozların dağılımlarının matematiksel modeller ile belirlenmesi,
- elementlerin toprak, su ve havadaki derişim değerlerinin literatürde verilen değerler ile karşılaştırılması.

Kısmen ve kalbi örnekleme yapılmıştır. Bu kapsamda, her hafta belirli aralıklarla toprak ve hava örnekleri alınmaktadır. Toprak örnekleri, belirli alanlarda belirli derinliklerde alınmaktadır. Hava örnekleri ise, belirli yüksekliklerde alınmaktadır. Elde edilen örnekler, laboratuvar ortamında analiz edilerek, sonuçları raporlanmaktadır. Ayrıca, elde edilen sonuçlar, literatürdeki verilerle karşılaştırılmaktadır. Bu karşılaştırma, elementlerin toprak, su ve havadaki derişim değerlerinin, literatürdeki verilerle ne kadar uyumlu olduğunu göstermektedir. Ayrıca, elde edilen sonuçlar, sağlık açısından da değerlendirilmektedir. Örneğin, belirli elementlerin toprakta yüksek miktarda bulunması, bu elementlerin havaya karışması ve insanlara maruz kalması gibi sonuçlara sebep olabilmektedir. Bu nedenle, elde edilen sonuçların dikkatle incelenmesi ve gerekli önlemlerin alınması gerekmektedir.

İsim	Sıra	Değer	Ortalama Değer
Asitlik	1	5.2	5.5
Amonyum	2	1.5	1.8
Nitrat	3	2.1	2.5
Phosphor	4	0.8	1.0
Kalsiyum	5	12.3	15.0
Magnezyum	6	8.7	10.5
Sodyum	7	4.5	5.2
Potasyum	8	3.2	3.8
Zinc	9	0.5	0.6
Bakır	10	0.2	0.3
Demir	11	0.8	1.0
Kurşun	12	0.1	0.15
Kadmiyum	13	0.05	0.08
Chrom	14	0.02	0.03
Nickel	15	0.3	0.4
Cobalt	16	0.01	0.02
Manganez	17	0.4	0.5
Bor	18	0.1	0.15
Vanilyum	19	0.05	0.08
Molibden	20	0.01	0.02
Seleniyum	21	0.005	0.01
Kükür	22	0.1	0.15
Fluor	23	0.05	0.08
Yod	24	0.01	0.02
Brom	25	0.005	0.01
Strontiyum	26	0.01	0.02
Baryum	27	0.02	0.03
Çinko	28	0.05	0.08
Alüminyum	29	0.1	0.15
Silisyum	30	0.5	0.6
Kalsiyum	31	1.0	1.2
Magnezyum	32	0.8	1.0
Sodyum	33	0.5	0.6
Potasyum	34	0.4	0.5
Ammoniyum	35	0.2	0.3
Nitrat	36	0.3	0.4
Fosfor	37	0.1	0.15
Kükür	38	0.2	0.3
Demir	39	0.5	0.6
Zinc	40	0.1	0.15
Bakır	41	0.05	0.08
Chrom	42	0.01	0.02
Nickel	43	0.2	0.3
Cobalt	44	0.01	0.02
Manganez	45	0.3	0.4
Bor	46	0.05	0.08
Vanilyum	47	0.01	0.02
Molibden	48	0.01	0.02
Seleniyum	49	0.005	0.01
Kükür	50	0.1	0.15
Fluor	51	0.05	0.08
Yod	52	0.01	0.02
Brom	53	0.005	0.01
Strontiyum	54	0.01	0.02
Baryum	55	0.02	0.03
Çinko	56	0.05	0.08
Alüminyum	57	0.1	0.15
Silisyum	58	0.5	0.6
Kalsiyum	59	1.0	1.2
Magnezyum	60	0.8	1.0
Sodyum	61	0.5	0.6
Potasyum	62	0.4	0.5
Ammoniyum	63	0.2	0.3
Nitrat	64	0.3	0.4
Fosfor	65	0.1	0.15
Kükür	66	0.2	0.3
Demir	67	0.5	0.6
Zinc	68	0.1	0.15
Bakır	69	0.05	0.08
Chrom	70	0.01	0.02
Nickel	71	0.2	0.3
Cobalt	72	0.01	0.02
Manganez	73	0.3	0.4
Bor	74	0.05	0.08
Vanilyum	75	0.01	0.02
Molibden	76	0.01	0.02
Seleniyum	77	0.005	0.01
Kükür	78	0.1	0.15
Fluor	79	0.05	0.08
Yod	80	0.01	0.02
Brom	81	0.005	0.01
Strontiyum	82	0.01	0.02
Baryum	83	0.02	0.03
Çinko	84	0.05	0.08
Alüminyum	85	0.1	0.15
Silisyum	86	0.5	0.6
Kalsiyum	87	1.0	1.2
Magnezyum	88	0.8	1.0
Sodyum	89	0.5	0.6
Potasyum	90	0.4	0.5
Ammoniyum	91	0.2	0.3
Nitrat	92	0.3	0.4
Fosfor	93	0.1	0.15
Kükür	94	0.2	0.3
Demir	95	0.5	0.6
Zinc	96	0.1	0.15
Bakır	97	0.05	0.08
Chrom	98	0.01	0.02
Nickel	99	0.2	0.3
Cobalt	100	0.01	0.02

BÖLÜM 6

TARTIŞMA

6.1. Kömür ve Kül Örneklerinin Mineralojisi

Bu çalışmada, kömürün yanması sürecinde gelişen mineralojik değişimleri belirlemek amacıyla kömür, taban külü ve uçucu küllerin mineralojik bileşimleri XRD analizleri ile belirlenmiştir. Analizlerde kullanılan toplam 9 adet örnekten 1 adeti kömür, 6 adeti uçucu kül, 2 adeti ise taban külü örnekleridir. Söz konusu örneklere ait, XRD analizleri ile belirlenen mineral içerikleri Çizelge 6.1'de gösterilmektedir.

Çizelge 6.1'den görüleceği üzere, Kuvars hem kömür hem de kül örneklerinin ortak mineralidir. Kömür örneklerinde, kuvarsa ilave olarak jips, amorf malzeme, margarit, mika ve simektit grubu kil mineralleri izlenirken, taban külü ve uçucu kül örneklerinde kuvarsa opal ve plajiyoklaz eşlik etmektedir. Margarit taban külü örneklerinde gözlenmekte, buna karşın analiz edilen uçucu kül örneklerinde gözlenmemektedir. Mineralojik bileşimlerdeki bu farklılıklar (örneğin jips, kil mineralleri ve mika mineralleri gibi bünyesinde su molekülü bulunduran minerallerin kömür örneklerinde izlenirken uçucu kül örneklerinde görülmemesi,) kömürün yanması sırasında gelişen dehidrasyon ve faz transformasyonları gibi süreçlerin etkisini yansıtmaktadır.

Çizelge 6.1. Kömür, taban külü ve uçucu kül örneklerinin mineralojik bileşimleri

Örnek Tipi	*Örnek No.	Mineral Bileşimi
Kömür	3	Kuvars, Jips, Amorf malzeme, Mika, Klorit, Simektit grubu kil, Margarit
Taban Külü	No. 1	Opal, Kuvars, Margarit, Plajiyoklaz
Taban Külü	No. 2	Opal, Kuvars, Margarit, Plajiyoklaz
Uçucu Kül	TC-8C-sol B	Opal, Kuvars, Plajiyoklaz
Uçucu Kül	TC-9A-sağ A	Opal, Kuvars, Plajiyoklaz
Uçucu Kül	TC-6A-ön A	Opal, Kuvars, Plajiyoklaz
Uçucu Kül	TC-8C-ön A > 180 μ	Opal, Kuvars, Plajiyoklaz
Uçucu Kül	TC-8C-Ön A 38-180 μ	Opal, Kuvars, Plajiyoklaz
Uçucu Kül	TC-8C-Etek 100 m	Opal, Kuvars, Plajiyoklaz

*TC-8C ve TC-9A farklı döküm alanlarını; ön, sağ ve sol, döküm alanlarından örnek toplamak üzere seçilen farklı hatları; A ve B, sırasıyla, döküm noktası ve 50 m ilerisini göstermektedir.

6.2. Kömür, Katı Atık, Toprak, Su ve Aerosol Örneklerinin Kimyası

Kömür, katı atıklar (cüruf, taban külü, uçucu kül), kül döküm alanı eteğinden K-G yönlü yaklaşık 3 km uzunluktaki bir hat boyunca ve Kınık Deresi yamaç ve düzlüklerinden toplanmış olan toprak örnekleri ile dere ve çeşme sularına ait analiz sonuçları Çizelge 6.2, 6.3, 6.4 ve 6.5’de gösterilmiştir. Toplam 13 adet örnek üzerinde analiz edilen As, Se, Te ve Sb elementlerine ait içerikler, tüm örnekler için tayin limitlerinin altında olduğundan çizelgelerde gösterilmemiştir.

6.2.1. Elementlerin Farklı Malzemelerdeki Görelî Dağılımları

Çizelge 6.2, 6.3, 6.4 ve 6.5’de verilen analiz sonuçlarının değerlendirilmesine ilişkin olarak, öncelikle, kömürün yanması ve katı atıkların su ile yıkanması gibi süreçlerde element davranışını belirlemek açısından, elementlerin farklı malzemelerdeki görelî dağılımları kömür, cüruf, taban külü, uçucu kül, toprak ve su örneklerindeki element derişim aralıkları şeklinde Şekil 6.1 ve Şekil 6.2’de gösterilmiştir; analizlerde tayin limitinin altında kalan elementler (As, Se, Sb ve Te) histogramlarda gösterilmemiştir. Bu histogramlardan görüleceği üzere ana element (K, Na, Ca, Al, Mg ve Fe) içeriklerine ait değer aralıkları, birbirleriyle kısmen çakışmakla birlikte, kömür ve cüruf örneklerinden taban külü ve uçucu kül örneklerine doğru yüksek derişimlere giden bir yönelim sunmaktadır. İz elementler açısından bu yönelim Cu, Zn, Pb ve Cd içeriklerinde daha da belirgin olarak gözlenmektedir. Kalkofil ve volatil (uçucu) özelliğe sahip olmaları nedeniyle, sözkonusu bu iz elementler kömürün yanması sonucu oluşan katı atıkların yüzeyine adsorbe olmaktadır. Adsorbe olan elementin derişimi, bu elementi adsorbe eden partikülün *yüzey alanı / hacim* oranına bağlı olduğundan, partikül boyutu küçüldükçe derişim artmaktadır. Bu nedenle, Cu, Zn, Pb ve Cd elementlerinin kömür ve farklı katı atık malzemelerindeki dağılımı beklentilere uygundur. Bu arada, Cd elementi için derişim aralığının beklentiler yönünde yüksek değerlere çıkmasının yanısıra, kömür örneklerinden elde edilen aralığın altına kadar inmesi

Çizelge 6.2. Kömür ve cüruf örneklerinin kimyasal analiz sonuçları (element derişimleri ppm cinsinden verilmiştir)

Örnek Tipi	Örnek No.	Na	K	Ca	Al	Mn	Mg	Fe	Cr	Ni	Cu	Zn	Pb	Cd	Co
Kömür	3	2936	5880	5990	44441	232	16225	80336	223	0.159	61	52	15.93	0.336	60
	4	2608	5520	14502	38551	446	13975	80736	189	0.16	48	48	14.89	0.387	78
	3 (yakılmış)	6288	11228	14918	84181	503	29455	164936	397	0.161	120	112	17.84	0.521	132
	4 (yakılmış)	6824	10132	35670	77511	947	25225	166536	339	0.175	93	101	20.81	0.410	128
Cüruf	1	4584	8472	12190	60671	613	22825	137936	423	0.165	103	127	24.72	0.437	72
	2	5824	7620	12326	79251	587	20065	150936	517	0.168	103	61	17.08	0.229	90
	3	5120	5124	21694	58441	652	23785	128936	385	0.173	92	49	12.95	0.266	122
	4	5120	5124	21694	58441	652	23785	128936	385	0.173	92	49	12.95	0.266	122

Çizelge 6.3. Uçucu kül ve taban külü örneklerinin kimyasal analiz sonuçları (element derişimleri ppm cinsinden verilmiştir; n.d. :tayın limitinin altında)

Örnek Tipi	*Örnek No.	Na	K	Ca	Al	Mn	Mg	Fe	Cr	Ni	Cu	Zn	Pb	Cd	Co
Uçucu kül	TC-6A-ön A	10416	9872	23382	78151	783	28585	143136	383	0.160	90	96	25.70	0.518	100
	TC-6A-ön B	8592	13236	31318	83441	877	25645	153036	403	0.160	97	105	27.75	0.474	150
D	TC-6A-sağ B	7696	9048	20502	77291	629	27355	152436	457	0.161	100	94	25.47	0.424	105
Ö	TC-6A-sol B	3020	10630	32292	63774	830	22288	120474	350	0.169	167	102	37.02	0.008	147
K	TC-8C-ön A	3700	10010	22112	68974	640	22205	119214	382	0.169	177	96	36.69	0.003	140
Ü	TC-8C-ön B	3600	10510	22192	67954	670	22175	120354	374	0.160	175	98	36.69	0.003	144
M	TC-8C-sağ A	9336	8456	27782	89111	739	23785	169736	477	0.162	108	246	23.15	0.430	140
	TC-8C-sağ B	6824	8880	18070	90581	678	26845	164736	519	0.161	107	66	21.40	1.042	128
A	TC-8C-sol A	8912	8936	15422	84791	679	30745	164336	499	0.160	108	88	24.21	0.427	123
L	TC-8C-sol B	6380	9330	20672	67314	610	22135	119994	400	0.164	175	90	37.67	0.148	163
A	TC-9A-ön A	5500	9070	24252	60434	628	22155	114834	348	0.168	175	98	34.72	0.007	103
N	TC-9A-ön B	9504	8560	18062	81441	644	25845	155736	487	0.162	108	91	25.96	0.424	68
L	TC-9A-sağ A	7560	8500	15998	82821	633	24865	151536	463	0.161	104	96	25.81	0.632	62
A	TC-9A-sağ B	8280	8736	21054	80301	663	25195	151936	503	0.160	107	92	25.11	0.467	69
R	TC-9A-sol A	6060	9370	29392	60314	720	21955	113634	336	0.162	169	88	30.79	0.006	n.d.
I	TC-9A-sol B	4480	9290	26752	58334	714	22225	113694	330	0.161	159	94	29.15	0.009	92
Uçucu kül	TC-8C-Etek 0 m	5620	12030	27772	72014	688	22595	120594	270	0.169	201	118	43.25	0.024	82
Döküm	TC-8C-Etek 50m	5560	12250	26412	70494	740	22005	120594	432	0.161	197	116	38.33	0.024	151
Alanı	TC-8C-Etek 100m	5560	11930	29332	72354	724	22375	120654	338	0.166	191	122	46.85	0.022	80
Eteği	TC-8C-Etek 200m	6340	11470	31772	67774	812	22665	120414	292	0.167	183	122	36.36	0.014	96
Uçucu kül	TC-8C <10 µ	13840	15628	24614	90361	1060	25375	205236	357	0.166	279	1048	55.42	1.240	140
Tane Boyu	TC-8C 38-180 µ	8384	8828	19398	96201	697	27475	166036	499	0.163	115	91	10.53	0.518	236
Fraksiyon	TC-8C >180 µ	7896	7744	12366	84731	586	25705	161236	517	0.160	116	76	30.17	0.269	115
	TC-9A <10 µ	5840	13470	35332	65074	1178	22755	125514	388	0.168	363	258	57.02	0.038	80
	TC-9A 38-180 µ	8000	9300	22230	90731	568	25435	171936	563	0.163	124	99	24.86	0.383	92
	TC-9A >180 µ	4208	7184	11446	90101	609	26845	157636	547	0.161	117	75	23.01	0.329	115
Taban	No.1	9128	8988	21430	95901	887	20935	180436	519	0.161	112	76	21.12	0.316	96
Külü	No.2	7776	9800	18206	94301	231	25555	178535	519	0.162	110	109	25.36	0.551	128
	No.4	8008	12836	18078	90601	846	23335	178036	513	0.160	111	138	32.19	0.575	215

*TC-6A, TC-8C ve TC-9A farklı döküm alanlarını; ön, sağ ve sol döküm alanlarından örnek toplamak üzere seçilen farklı hatları; A ve B, sırasıyla, döküm noktası ve 50 m ilerisini göstermektedir.

Çizelge 6.4. Toprak örneklerinin kimyasal analiz sonuçları (element derişimleri ppm cinsinden verilmiştir; n.d. : tayin limitinin altında)

Örnek Tipi	Örnek No.	Na	K	Ca	Al	Mn	Mg	Fe	Cr	Ni	Cu	Zn	Pb	Cd	Co
Dere Yamaç Ve Düzlük	T-1D Düzlük	5240	3530	63092	34314	1072	27015	112374	364	0.162	93	56	6.20	n.d.	60
	T-1Y Yamaç	4140	10650	52812	62834	834	23255	119574	362	0.165	163	62	37.35	0.024	93
	T-2 Düzlük	5840	3270	76712	49094	792	26435	109194	346	0.167	105	58	11.44	n.d.	30
	T-3K Düzlük	6920	4150	64892	39654	1022	25785	110154	398	0.160	91	56	10.46	n.d.	88
	T-3Y Yamaç	4580	6350	65352	54334	840	24655	115554	364	0.160	153	82	27.84	0.006	73
	T-4a Düzlük	6080	1570	93892	36094	946	26885	111654	658	0.160	171	50	2.60	n.d.	95
Döküm Alanı Eteği	T-4b Düzlük	8784	4340	54798	59641	1043	69625	150136	419	0.164	89.13	63	9.41	0.595	133
	T-5 Düzlük	3640	6140	53630	70441	991	65665	148836	253	0.209	82.53	71	13.01	0.440	97
	T-6 Düzlük	7656	8392	63526	69321	905	54505	142036	339	0.172	83.93	88	21.60	0.8	103
	TC-8 / 100 m	5400	5290	37312	72354	1200	23505	118674	396	0.160	177	72	18.98	0.012	73
	TC-8 / 380 m	5420	2410	96592	38494	958	25245	116994	350	0.162	157	58	8.82	n.d.	127
	TC-8 / 500 m	4940	3870	41792	41094	986	23625	112494	380	0.163	101	58	33.08	0.061	91
Eteği	TC-8 / 750m	4620	4990	44072	45514	1116	24135	118074	510	0.165	125	72	19.31	0.003	85
	TC-8 / 1 km	4420	5750	57072	49754	986	23925	116634	406	0.160	5	76	25.21	0.021	106
	TC-8 / 1.5 km	4680	5650	62672	47714	42	23365	113034	278	0.161	121	76	17.02	0.028	78
	TC-8 / 2 km	4940	5930	56552	-	858	23665	112614	360	0.167	129	78	19.97	0.009	110
TC-8 / karşı etek	5060	5250	51692	49894	766	23725	114294	364	0.158	119	78	16.03	0.014	88	

Çizelge 6.5. Su örneklerinin kimyasal analiz sonuçları (element derişimleri ppm cinsinden verilmiştir; n.d. :tayin limitinin altında; -: analiz edilmedi)

Örnek Tipi	Örnek No	Na	K	Ca	Al	Mn	Mg	*Fe	Cr	Ni	Cu	Zn	Pb	Cd	Co	Br	I
	S-1	75.0	10.4	193.1	n.d.	0.05	131.2	n.d.	13.2	n.d.	n.d.	n.d.	0.0006	0.0010	0.28	2.2	0.7
	S-2	76.8	10.5	149.0	n.d.	0.04	130.5	n.d.	67.9	0.013	n.d.	n.d.	0.0003	0.0008	0.30	2.0	0.8
Dere	S-3	82.6	10.8	191.3	0.07	n.d.	139.3	n.d.	26.2	0.032	n.d.	n.d.	0.0008	0.0009	0.33	2.0	1.1
Suyu	S-5	88.5	10.5	204.9	0.07	0.01	125.7	n.d.	16.2	0.001	n.d.	n.d.	0.0007	0.0010	n.d.	1.7	0.7
	S-6	63.6	8.5	152.6	0.26	0.01	123.1	0.3	30.4	0.031	n.d.	n.d.	0.0004	0.0011	0.18	1.5	0.9
	S-7	14.8	6.2	132.5	n.d.	0.07	37.6	n.d.	7.2	0.011	n.d.	0.03	0.0015	0.0013	n.d.	1.0	0.8
	S-8	67.0	8.3	213.6	0.18	0.02	173.1	n.d.	22.1	0.034	n.d.	n.d.	0.0004	0.0009	n.d.	1.4	1.0
	S-9	19.2	6.4	142.9	n.d.	0.07	47.1	n.d.	7.9	0.014	n.d.	0.02	0.0014	0.0009	n.d.	1.2	1.2
Çeşme	Sarıçesme	75.5	22.6	-	n.d.	n.d.	349.3	n.d.	15.8	n.d.	n.d.	n.d.	0.0010	0.0014	0.45	2.6	1.7
	Bozcakhöyük	n.d.	2.5	-	n.d.	n.d.	95.8	n.d.	15.9	0.01	n.d.	n.d.	0.0052	0.0015	0.39	0.8	1.3

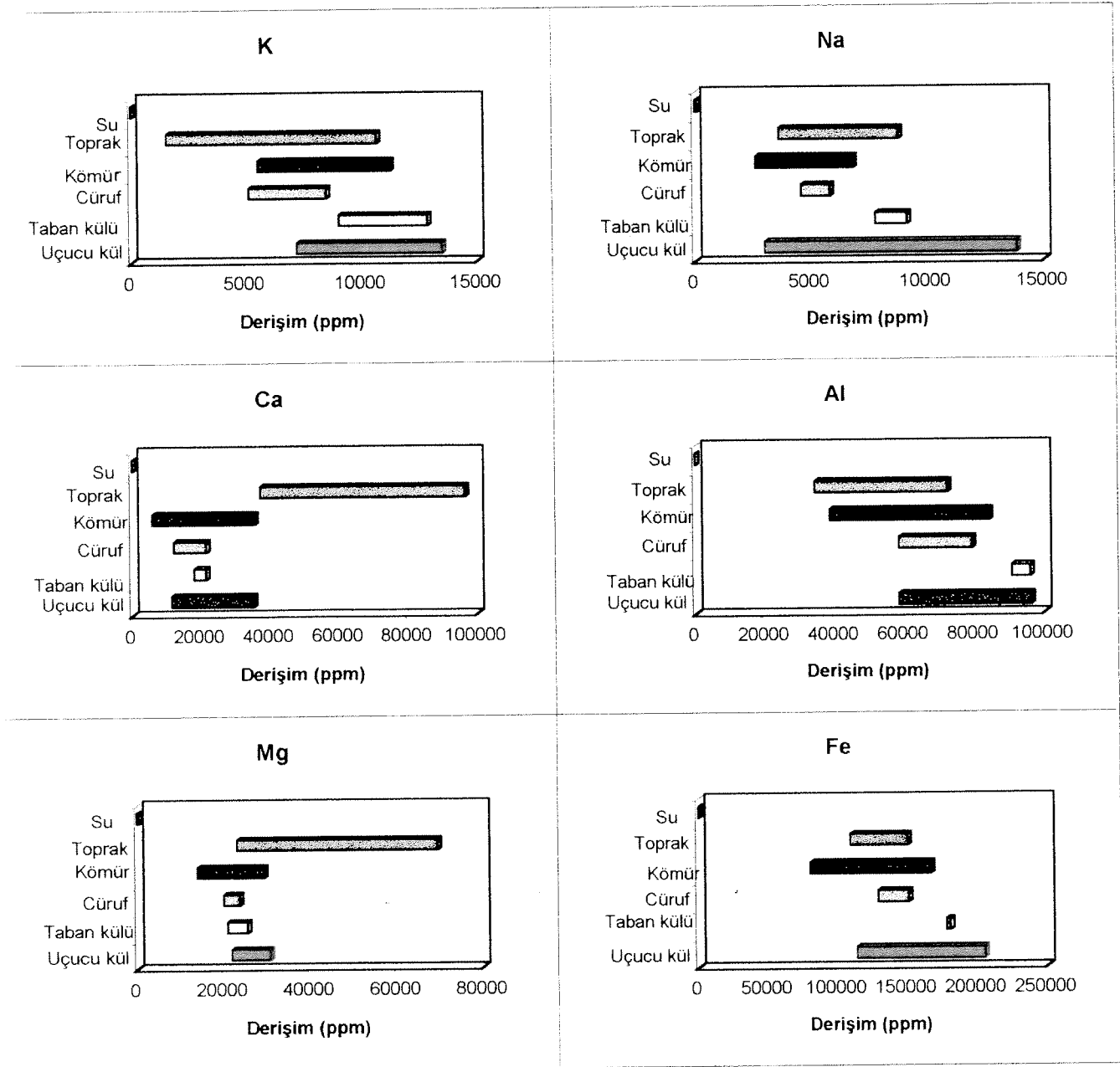
olasılıkla kömür içeriklerini temsil edecek yeterli miktarda örnek analizi yapılamamış olmasından kaynaklanmaktadır. Ni, Cr ve Mn genelde (volatil olan kalkofil ve volatil olmayan litofil elementler arasında) ortaç davranış sergileyen elementler oldukları için katı atıkların matriksi ve yüzeyi arasında eşit dağılım sergilerler; bu nedenle, sözkonusu elementlerin kömür ya da cüruftan taban külüne, oradan da uçucu küle doğru artan içerikler sergilemesi beklenemez, nitekim analiz sonuçlarından da böyle bir durum ortaya çıkmamaktadır. Ana elementler (Na, K, Ca, Mg, Al, Fe) genelde litofil karaktere sahip ve aluminosilikatlarda (dolayısıyla da matriks yapısında) yoğunlaşan elementler oldukları için, derişimlerinin tane boyutundan bağımsız olması gerekir, ancak bu çalışmada sözkonusu elementlerin de uçucu küllere doğru artan derişimler verdikleri görülmüştür.

Kömür ve katı atıklar ile karşılaştırıldığında toprak örneklerindeki K, Na, Al, Fe, Cu, Zn, Pb ve Cd içeriklerinin genelde (kömür ve katı atıklarınki ile) çakışan ve daha düşük değerlere doğru yönelen aralıklar sunduğu gözlenmektedir. Buna karşın Ca, Mg, Mn, Cr ve Ni içerikleri toprak örneklerinde, kömür ve katı atıklardakine oranla, daha yüksek derişim düzeylerine sahiptir. Bu durum, toprak örneklerindeki sözkonusu element derişimlerini olasılıkla temel litolojisinin kontrol ettiğini işaret etmektedir. Nitekim bölgede Mg (ve onunla benzer jeokimyasal davranışa sahip Cr ve Ni) açısından zengin ofiyolitik birimlerin varlığı bu savı desteklemektedir.

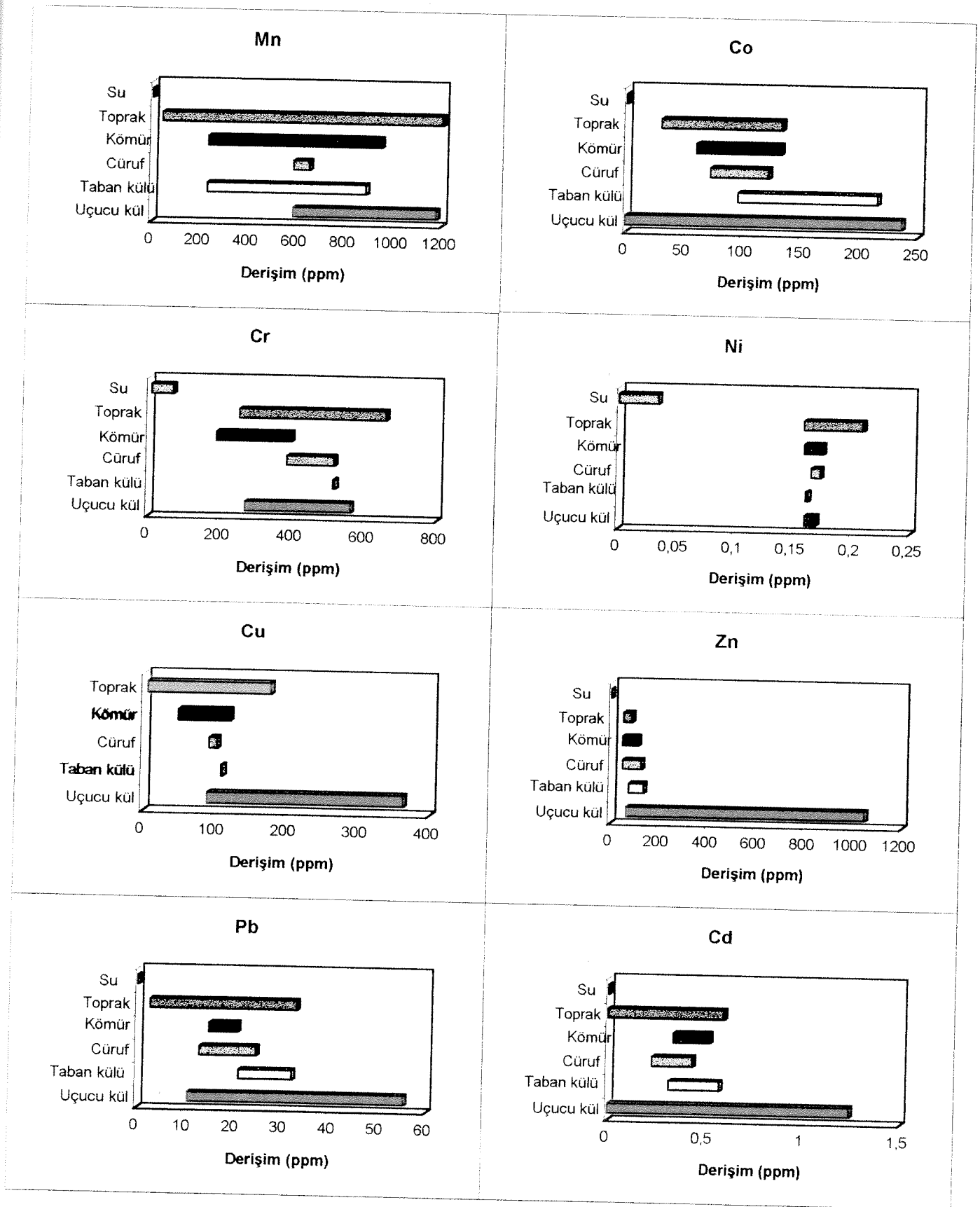
Su örneklerindeki element içerikleri, toprak, kömür ya da katı atıklardaki element düzeylerine oranla oldukça düşüktür; hernekadar raporun ileriki bölümlerinde sulardaki sınır değerler ile karşılaştırmalar yapılacaksa da, şu aşamada, elementlerin katı atıklardan yıkanma (*leaching*) yoluyla suya geçmesi pek etkin bir süreç olarak gözükmemektedir.

6.2.2. Element Derişim Düzeyleri ile Kül döküm Alanlarından Uzaklığın İlişkisi

Analiz sonuçlarının değerlendirilmesine bir diğer yaklaşım olarak, TC-8C no.lu döküm alanı eteğinden güneye doğru bir hat boyunca toplanan kül ve toprak örnekleri ile Kınık deresi boyunca toplanan su ve dere sedimanı (toprak) örneklerinin element içerikleri, döküm alanından olan uzaklığa karşı çizilerek (Şekil 6.3, 6.4, 6.5, 6.6., 6.7) aradaki ilişki gözlenmeye çalışılmıştır.



Şekil 6.1. Kömür, katı atık, toprak ve su örneklerine ait ana element derişim düzeyleri



Şekil 6.2. Kömür, katı atık, toprak ve su örneklerine ait iz element derişim düzeyleri

TC-8C no.lu döküm alanının eteğinden güneye doğru 200 m uzunluğundaki bir hat boyunca toplanan uçucu kül örneklerinin element içeriklerine (Şekil 6.3) bakıldığında, ana element derişim düzeylerinde farklı uzaklıklar arasında bir farklılık gözlenmemekte ve derişim düzeyleri hemen aynı kalmaktadır. Aynı durum, Mn hariç, iz elementler için de sözkonusudur. Genelde daha küçük tane boyutuna sahip uçucu küllerin daha uzun mesafelere taşınmış olmaları nedeniyle, küçük tanelerde derişen Cu, Pb, Zn, Cd gibi volatil elementlerin derişim düzeylerinin uzaklığın artmasına paralel olarak artması beklenmektedir. Bu çalışmadaki analiz sonuçlarının böyle bir değişim göstermemesi, olasılıkla, örnekleme yapıldığı 200 m'lik mesafenin, tane boyu ayrımlaşması için yeterli bir mesafe olmadığını göstermektedir.

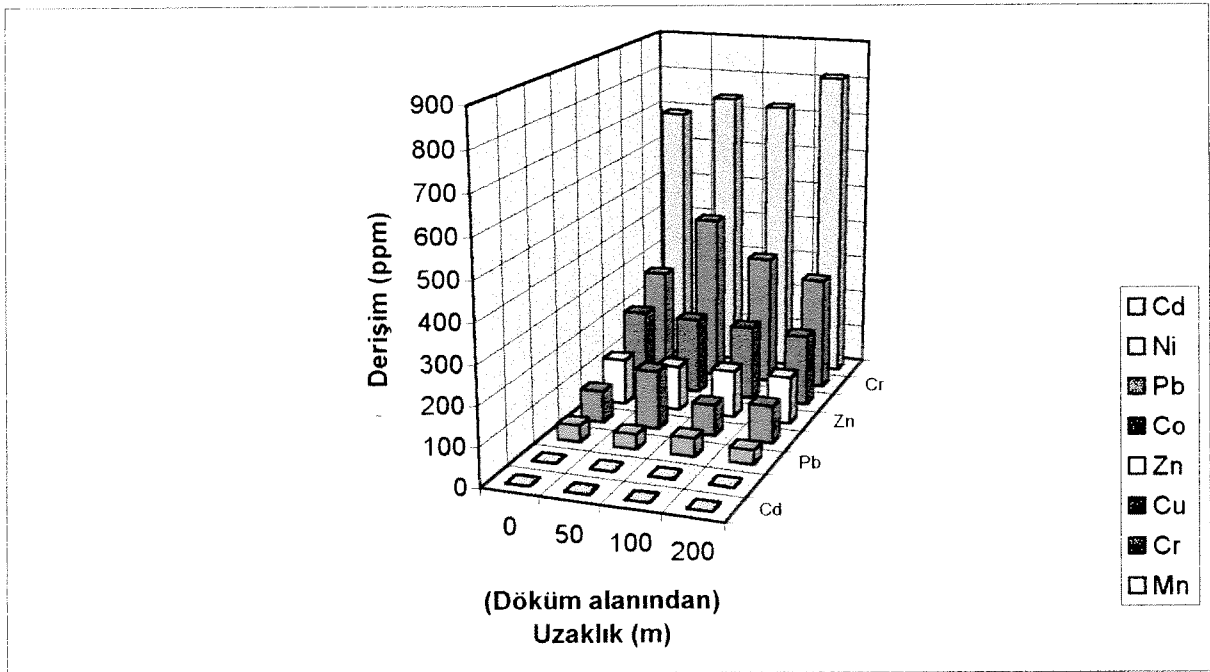
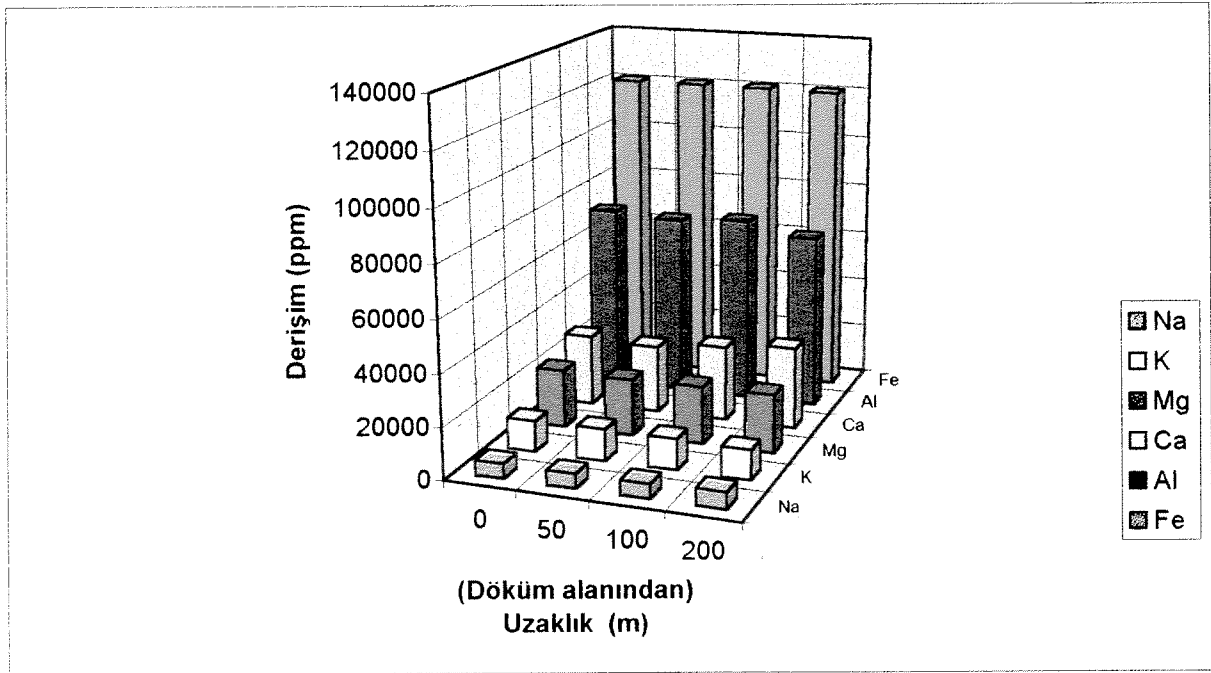
Gene TC-8C no.lu döküm alanının eteğinden güneye doğru bir hat boyunca toplanmış olan toprak örneklerine bakıldığında (Şekil 6.4), ana elementlerden Na, Mg ve Fe'de fazla bir değişiklik izlenmez iken, Al genelde azalan, K ve Ca ise genelde artan yönelimler göstermektedir. Al içeriğinin hemen döküm alanı eteğinden alınan (100 m) örnekte oldukça yüksek bir değere sahip oluşu, bu elementin küllerin aluminosilikat matriksindeki esas elementlerden biri olması nedeniyle, topraktaki Al kaynağına küllerin katkısını düşündürmektedir. K ve Ca için artan mesafe ile izlenen artışlar ise, bu element derişimlerine esas katkının (Ca elementi için daha önce yukarıda da değinildiği gibi) temel litolojisinden kaynaklandığını işaret etmektedir. İz elementler için daha çok dalgalı (belirli bir yönelim göstermeyen) değişimler gözlenmesi, topraktaki derişim düzeylerine küllerin katkısı konusunda sonuca varmayı engellemektedir.

Kınık deresi boyunca ve Porsuk nehrinden toplanan su örnekleri incelendiğinde (Şekil 6.5) elementlerin derişim düzeylerinin uzaklık ile değişiminin bir yönelim sergilemediği görülmektedir. Ancak, su örneklerine ilişkin olarak göze çarpan en önemli noktalar i) sulardaki Cr içeriklerinin diğer iz element içeriklerine oranla çok daha yüksek oluşu ve ii) Porsuk nehrinden alınan su örneklerinde (örnek no. S-7 ve S-9) Mn hariç tüm element derişimlerinin Kınık deresinden alınan örneklere oranla daha düşük olduğudur. Şekil 6.5'de yatay eksen boyunca yeralan su örneklerine ait örnek no.ları döküm alanından olan mesafe artıkça artan şekilde dizilmiştir. Şekilden görüleceği üzere çok önemli bir miktar olmamakla birlikte, Kınık deresi boyunca alınan ilk 6 örnekten sonra, Kınık deresinin Porsuk nehrine birleşiminden önce (birleşim noktasının daha güneyinde) Porsuk nehrinden alınan S-7 no.lu

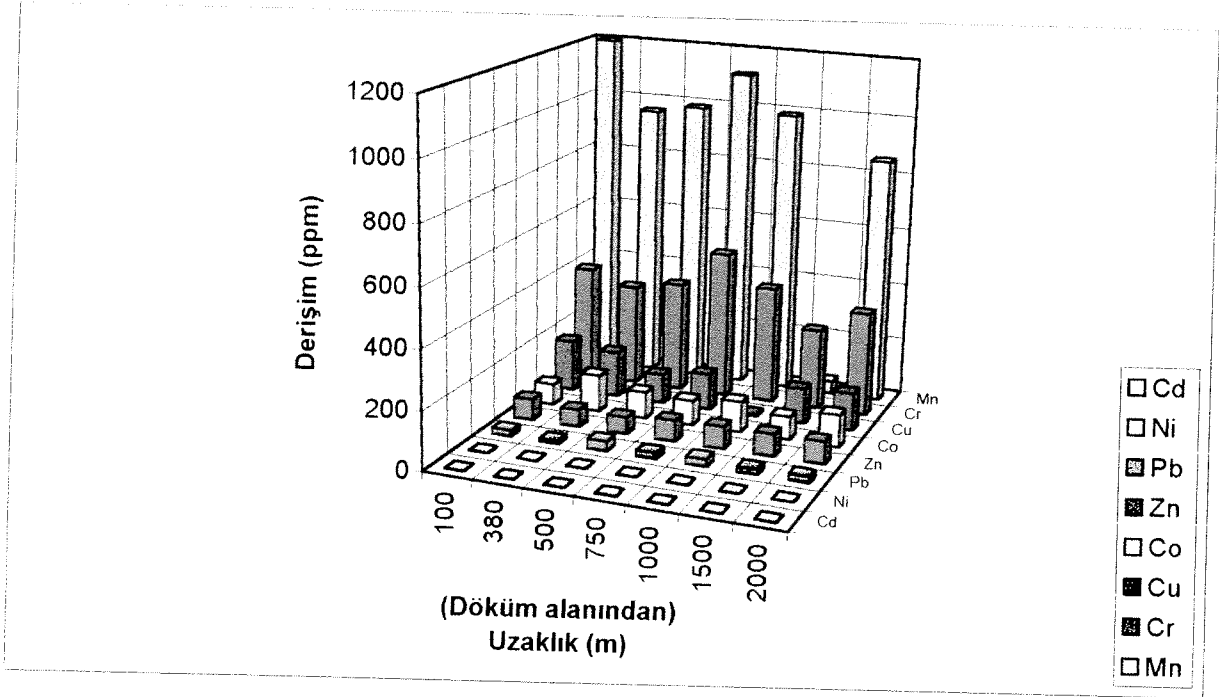
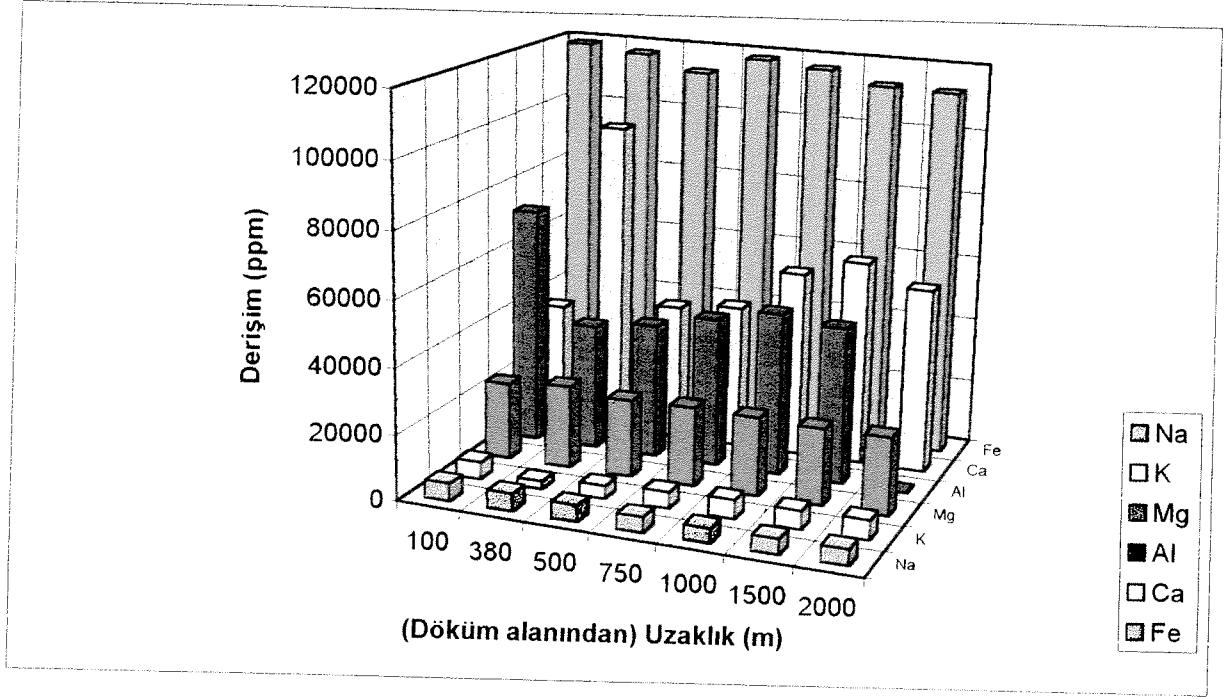
örnekte element derişimleri hemen düşmekte, Kınık deresi ile Porsuk nehrinin hemen birleşim noktasından alınan S-8 no.lu örnekte derişimler aniden yükselmekte ve birleşim noktasının kuzeyinde, yaklaşık 600-700 m'lik bir mesafe içerisinde, Kınık dere suyu ile karışmış Porsuk nehrinden alınan S-9 no.lu örnekte derişimler (Kınık deresi ile birleşmeden önceki derişimlere kadar düşmemekle birlikte) gene azalmaktadır. Dolayısıyla, Kınık deresinin santraldan kaynaklanan ve 1997 heyelanında çevreye yayılan küllerden etkilenmiş olduğu açıktır. Porsuk nehrinde ise, Kınık deresinden gelen kirlilik etkilerinin kısa bir mesafe içinde azalmaya başladığı görülmektedir. Burada dikkati çeken noktalardan biri Mn elementinin derişim düzeyinin Porsuk nehrinde Kınık deresine oranla çok daha yüksek olduğudur ki bu da Mn elementinin kaynağının kül katkısı değil jeolojik olduğunu işaret etmektedir.

Kınık deresi boyunca, su örneklerinin toplandığı lokalitelerden alınan dere sedimanı (toprak) örneklerinin element derişimlerinin kül döküm alanından uzaklık ile değişimi Şekil 6.6'da gösterilmektedir. Kınık deresi ile Porsuk nehrinin birleşim noktasından ve Porsuk nehrinden dere sedimanı örneği (topoğrafyanın elvermemesi nedeniyle) toplanamamış olduğu için, Şekil 6.6'da sadece Kınık deresi boyunca toplanan örnekler mevcuttur. Şekilden görüleceği gibi, iz elementlerde belirli bir yönlenme mevcut olmamakla birlikte, ana elementlerin Ca hariç hemen hepsi 4 no.lu lokasyondan itibaren artış göstermektedir. Bu durum suların, bu noktalarda, sözkonusu elementlerce doygunluğa erişmesi sonucu bu elementlerin (suda çözünür halde kalamayarak) dere sedimanlarına çöklediği şeklinde yorumlanabilir. Nitekim, Şekil 6.5'deki su örneklerinde, çok belirgin olmamakla birlikte, söz konusu lokalitelerde bir önceki lokalitelere oranla bu elementlerin derişim düzeyinde (dere sedimanlarındaki artışa paralel) bir düşüş izlenmektedir.

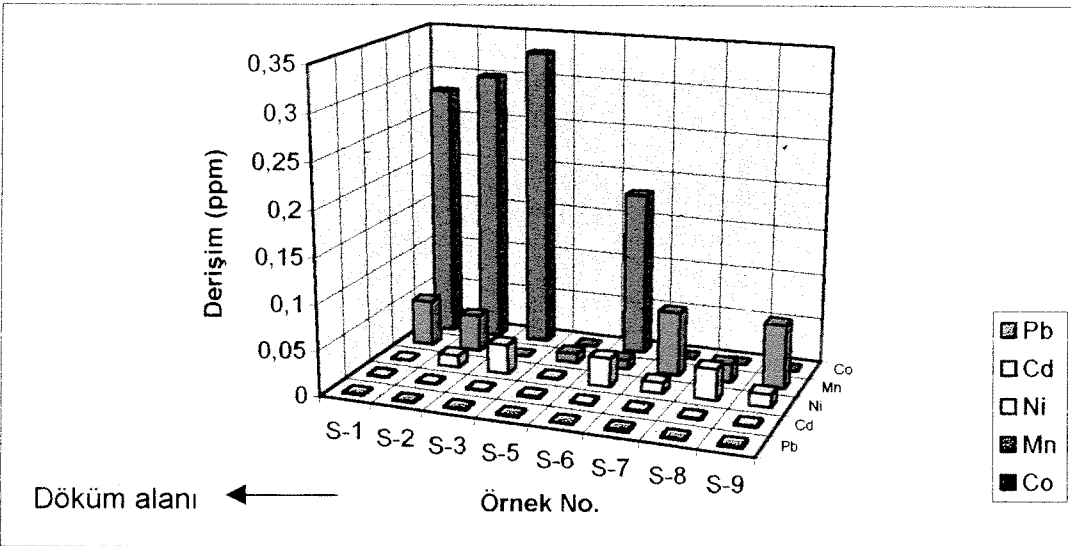
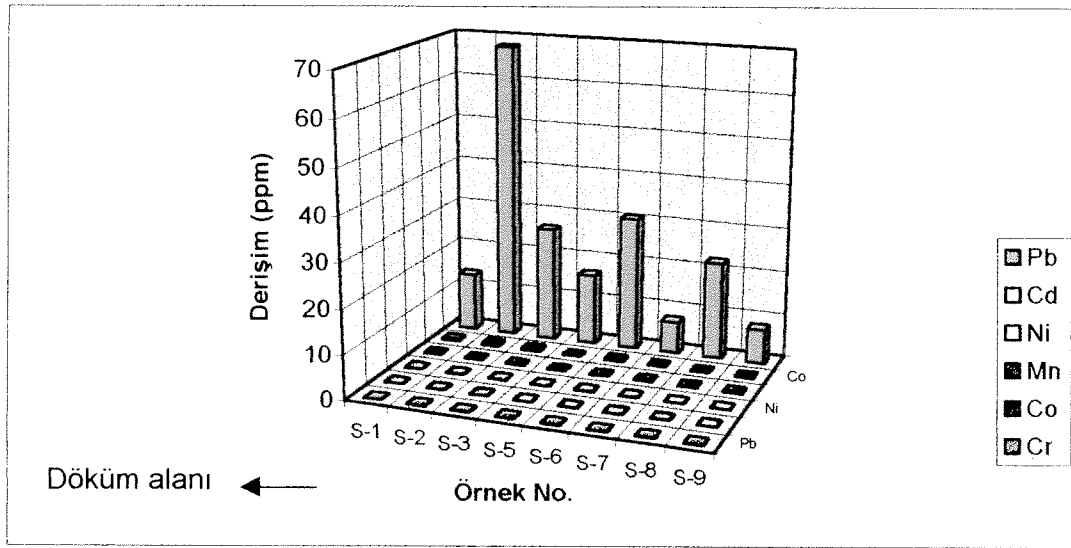
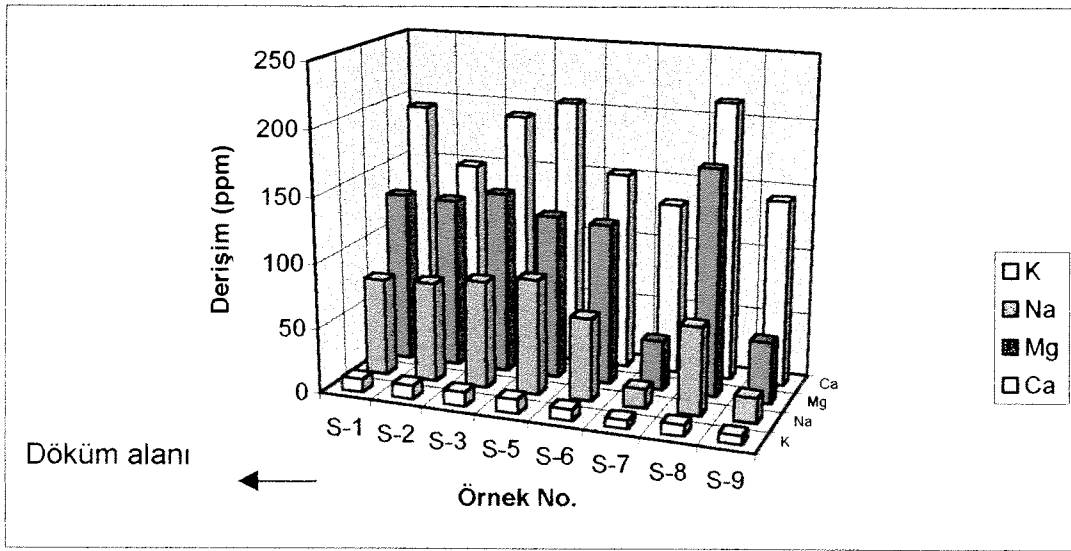
Kömür ve katı atık örneklerinde ölçülemeyen, ancak su örneklerinde analiz edilebilen I ve Br içeriklerine bakıldığında (Şekil 6.7), I için gözlenmemekle birlikte, Br için döküm alanından uzaklaştıkça düşen belirgin bir yönelim sözkonusudur. En düşük Br içeriği, Kınık deresinin Porsuk nehrine birleşiminden önce (birleşim noktasının daha güneyinde) Porsuk nehrinden alınan S-7 no.lu örnekte izlenmekte, Kınık deresi ile birleşim noktasında (S-8 no.lu örnek) Porsuk nehrinde içerikler artmakta, birleşim noktasından uzaklaştıkça ise (S-9 no.lu örnek) düşmeye başlamaktadır. Dolayısıyla, dere ve nehir sularında gözlenen Br elementinin kaynağı açık olarak santral kaynaklı atıklardır.



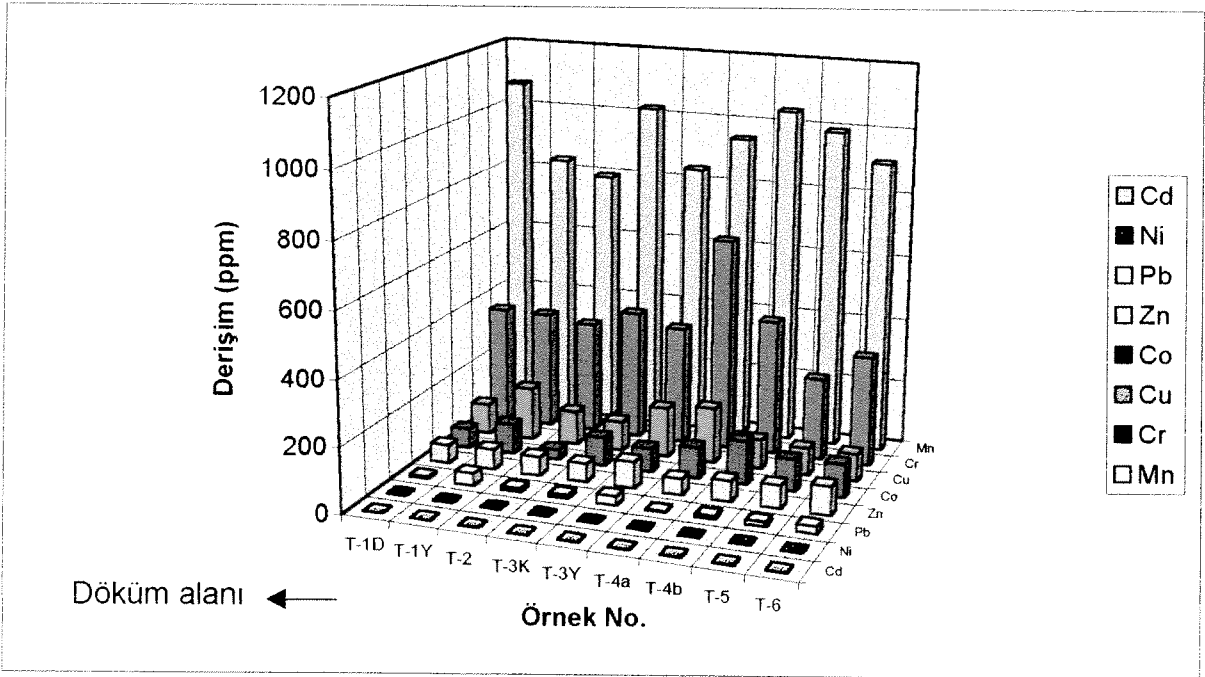
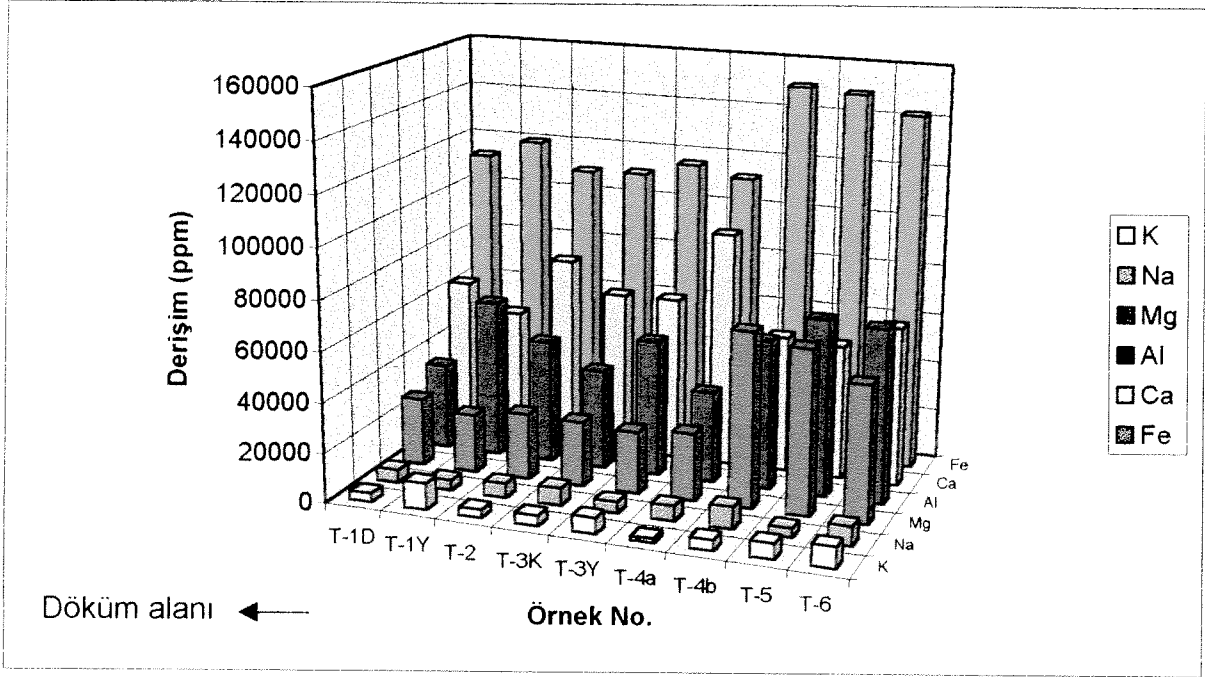
Şekil 6.3. Kül örneklerinin element derişim düzeyleri ile döküm alanından uzaklık arasındaki ilişkiyi gösterir grafikler



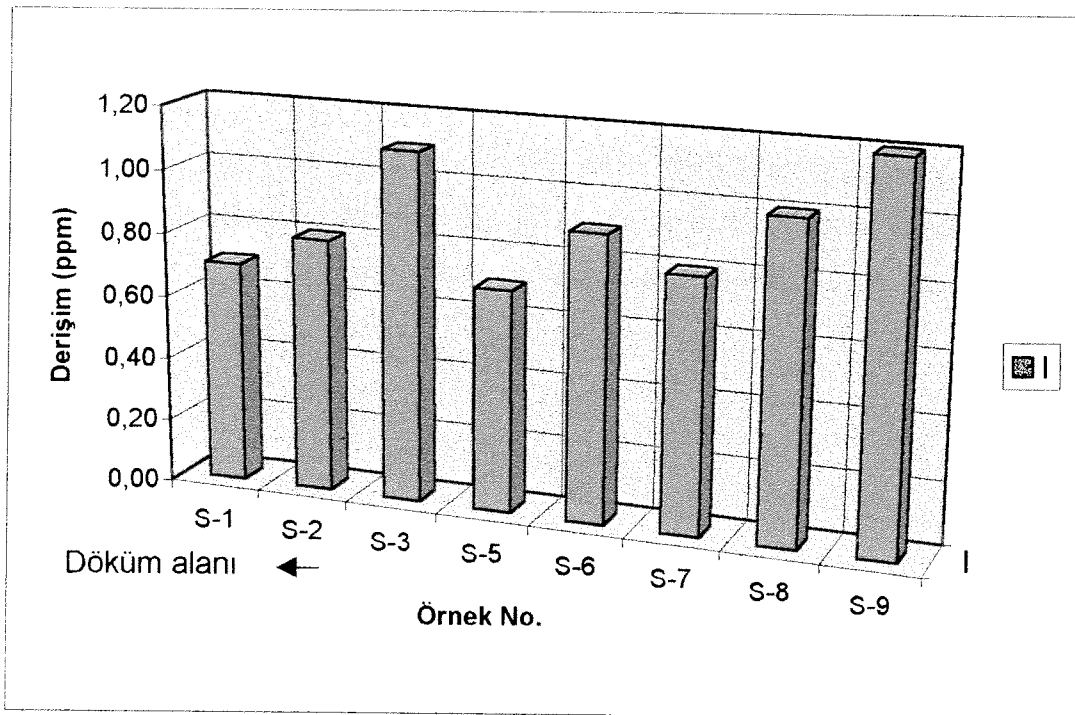
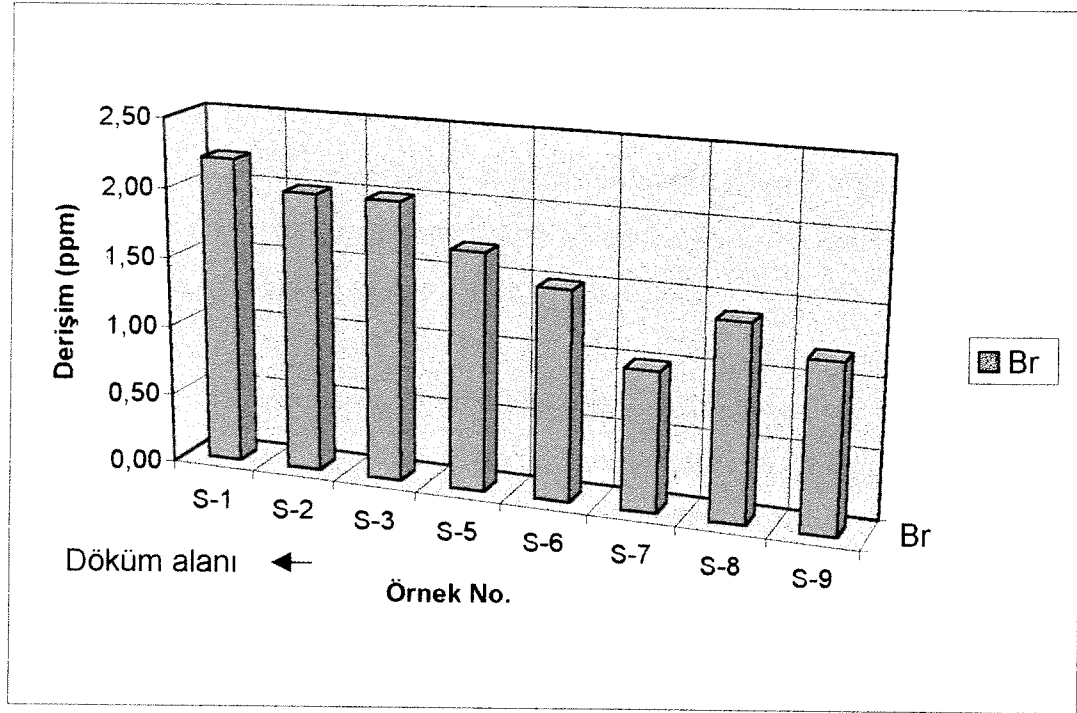
Şekil 6.4. Toprak örneklerinin element derişim düzeyleri ile döküm alanından uzaklık arasındaki ilişkiyi gösterir grafikler



Şekil 6.5. Dere suyu örneklerinin element derişim düzeyleri ile döküm alanından uzaklık arasındaki ilişkiyi gösterir grafikler



Şekil 6.6. Dere sedimanı örneklerinin element derişim düzeyleri ile döküm alanından uzaklık arasındaki ilişkiyi gösterir grafikler

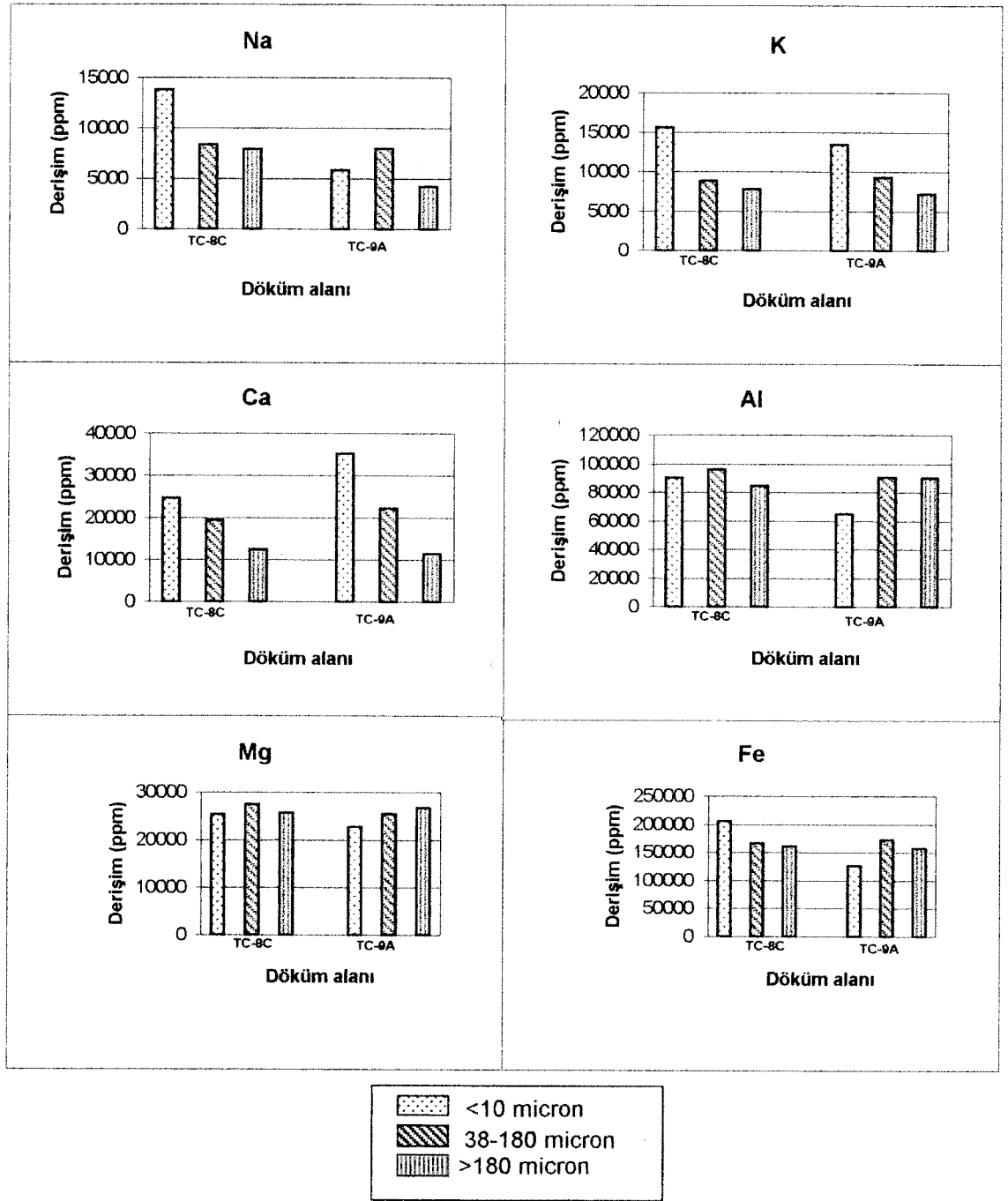


Şekil 6.7. Dere suyu örneklerine ait Br ve I içerikleri ile döküm alanından uzaklık arasındaki ilişkiyi gösterir grafik

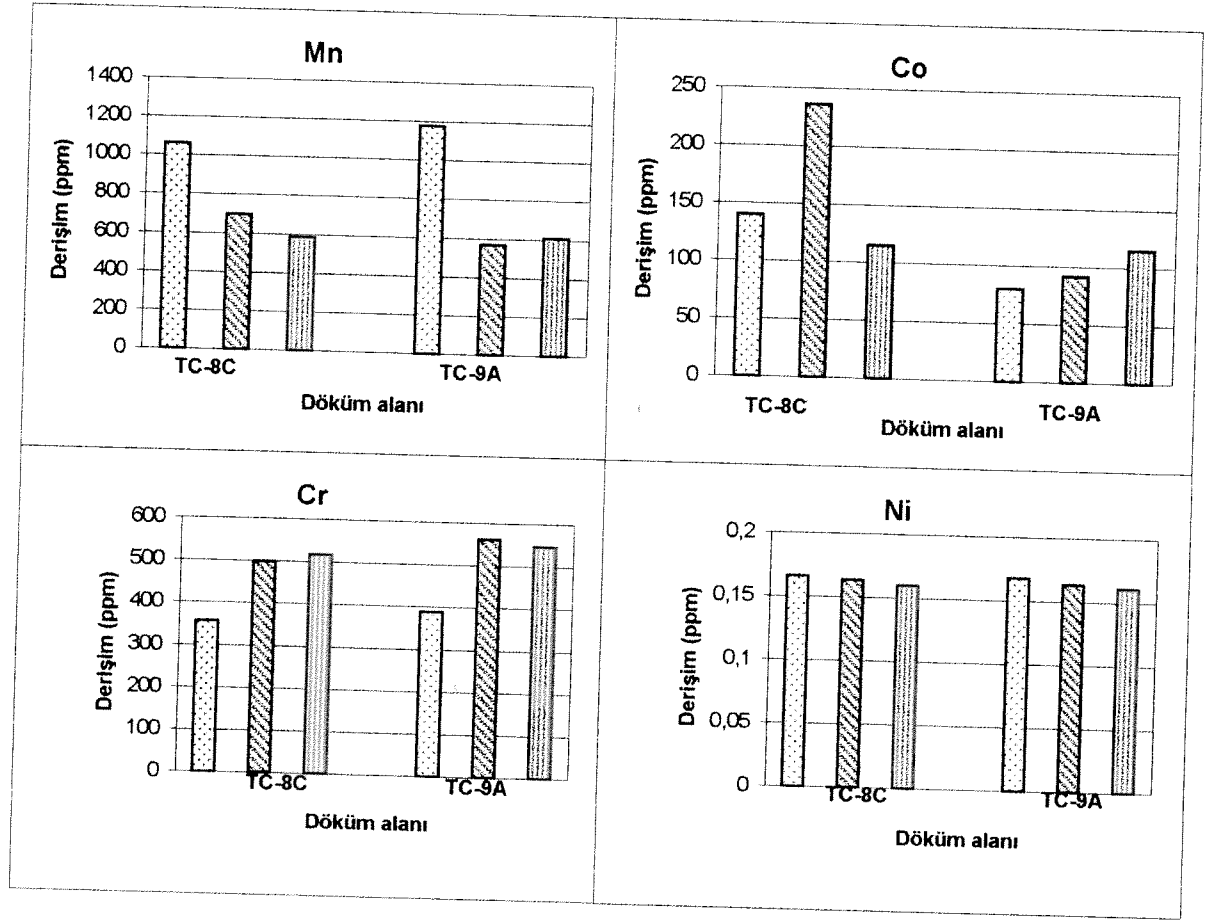
6.2.3. Element Derişimleri ile Uçucu Küllerin Tane Boyutu Arasındaki İlişki

Elementlerin farklı tane boyutlarına dağılımının incelenmesi amacıyla, TC-8C ve TC-9A no.lu kül döküm alanlarından alınan birer adet kül örneği, 38-180 μm , 10-38 μm ve < 10 μm olmak üzere 3 ayrı fraksiyona ayrılmıştır. Element analizleri herbir fraksiyon üzerinde gerçekleştirilmiş ve sonuçlar Çizelge 6.3'de sunulmuştur.

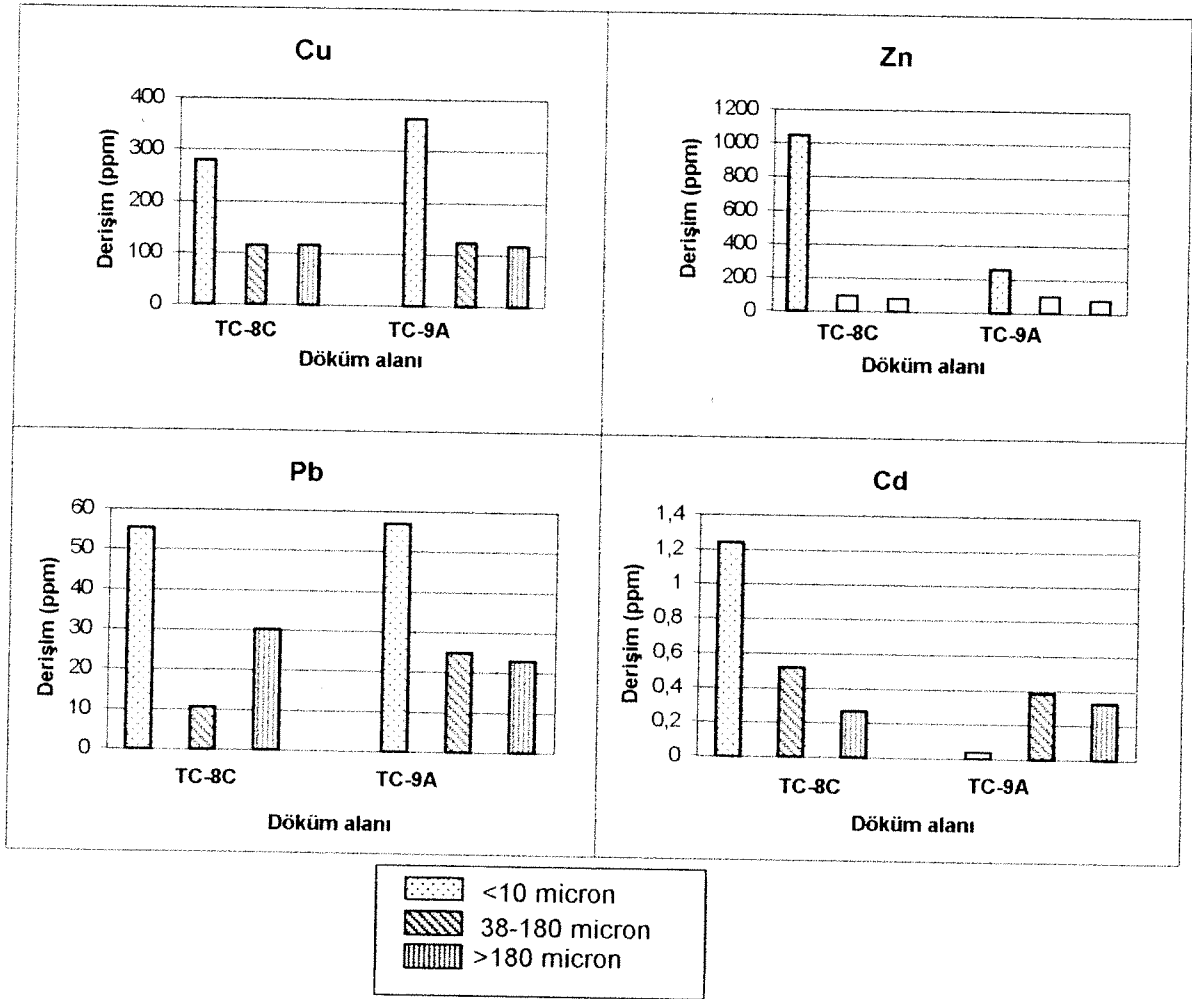
Kül örneklerinin tane boyutuna ilişkin element derişim profilleri Şekil 6.8 ve 6.9'da verilmektedir. Küçük tane boyutlarında yüzey alanı/hacim oranının artışı nedeniyle kömürün yanması sırasında Pb ve Zn gibi uçucu karaktere sahip elementlerin küllerdeki derişimlerinin tane boyutu küçüldükçe artması beklenmektedir. Bu tür bir davranış uçucu olmayan ve daha çok küllerin matriksine giren major elementler için beklenmemektedir. Şekil 6.8'de, K ve Ca haricinde diğer elementler için gerçekten de böyle bir ilişki gözlenmemektedir. K ve Ca için tane boyutu küçüldükçe gözlenen derişim artması olasılıkla bu elementlerin, diğer major elementlere oranla, kısmen de olsa daha uçucu karaktere sahip olmasına bağlıdır. Küllerin matriksi ile yüzeyi arasında dağılım gösteren ortaç karaktere sahip Co, Cr, Ni gibi elementler (Şekil 9a) tane boyutu azaldıkça artan derişimler sergilemez iken, küllerin yüzeyine toplanan uçucu karakterdeki Cd, Pb ve Zn ile daha çok ortaç karakter taşıyan Cu (Şekil 9b) ve Mn (Şekil 9a) elementleri en yüksek derişimlerini en düşük tane boyutunda vermektedir.



Şekil 6.8. Uçucu küllere ait ana element içeriklerinin küllerin tane boyutuna göre değişimleri



Şekil 6.9 a. Uçucu küllere ait iz element (Mn, Co, Cr, Ni) içeriklerinin küllerin tane boyutuna göre değişimleri



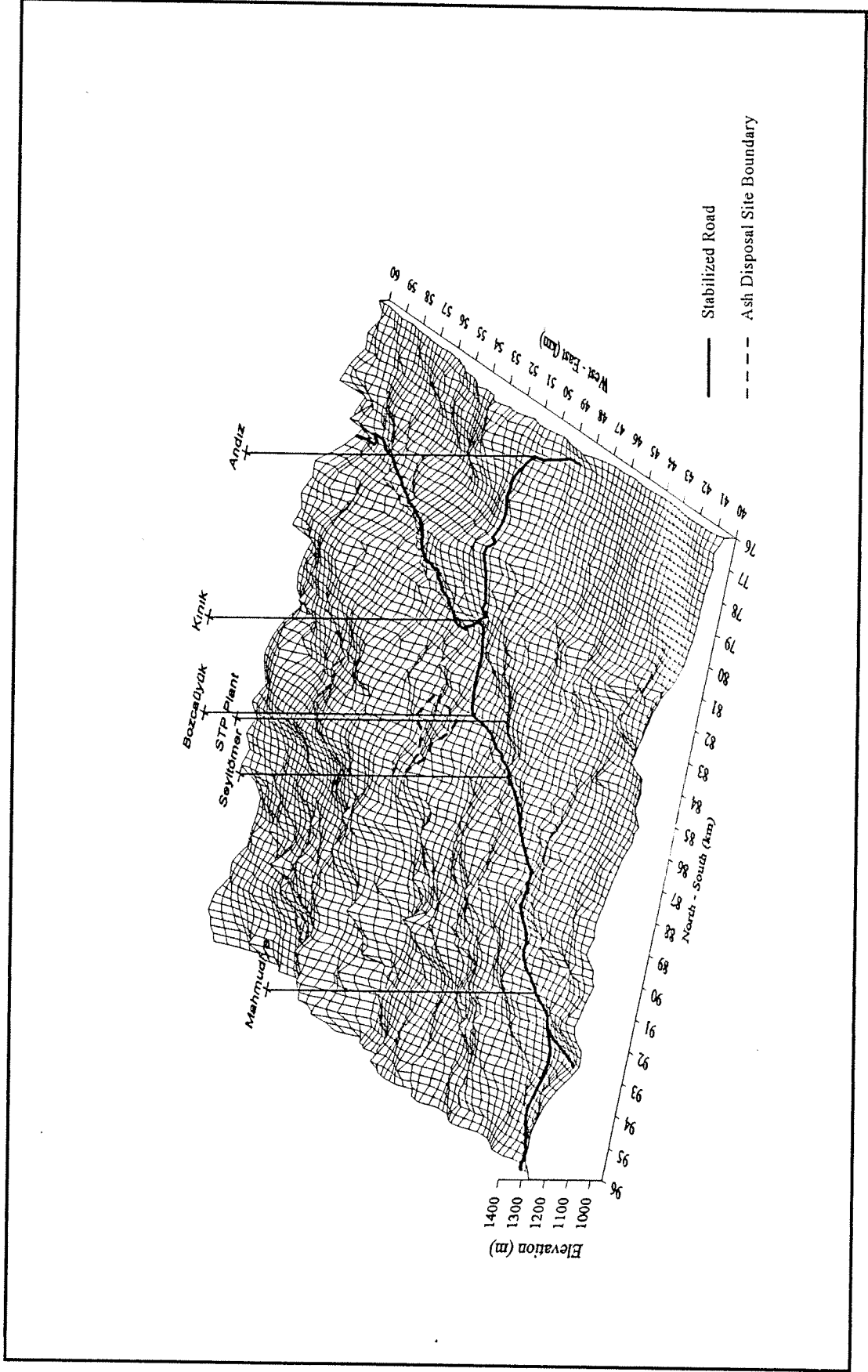
Şekil 6.9 b. Uçucu küllere ait iz element (Cu, Zn, Pb, Cd) içeriklerinin küllerin tane boyutuna göre değişimleri

6.2.4. Santral Kaynaklı Tozların Dağılımlarının Matematiksel Modellenmesi

Seyitömer termik santralından kaynaklanan tozların civardaki dağılımlarının belirlenmesine ilişkin olarak matematiksel modelleme çalışmaları yapılmıştır. Modelleme çalışmaları için seçilen alan, kül döküm sahasını merkez alan 20 km x 20 km boyutlarında bir alan olup, sözkonusu çalışma alanının sayısallaştırılmış üç boyutlu topografik haritası Şekil 6.10'da verilmektedir. Çalışmada, i) alandan karelej yöntemi ile toplanan toprak ve ii) Ayvalı köyünde kurulan istasyondan toplanan aerosol örnekleri kullanılmıştır. Bu örneklerle ait kimyasal analiz sonuçları Çizelge 6.6'da ortalama derişim değerleri ve aritmetik standart sapmalar şeklinde gösterilmektedir. Çizelgede gösterilen standart sapma değerlerinin yüksek oluşu analizlerdeki hata payını değil, aerosol örnekleri için meteorolojik koşullardaki ve kaynak kuvvetindeki değişimler gibi faktörlerin etkisini, toprak örnekleri için ise olası kontaminasyonu ya da toprak kimyasındaki değişimleri işaret etmektedir.

Modelleme çalışmalarında ilk olarak ISCST (Industrial Source Complex-Short Term) bilgisayar modeli kullanılarak, santral bacasından emisyon ve kül döküm sahasından tozuma yoluyla havaya karışan "askıda partikül madde" (Suspended Particulate Matter, SPM) ve SO₂ içeriklerine ilişkin derişimler (Ground-Level Concentration, GLC) hesaplanmıştır. Bu hesaplama simülasyon yoluyla hem uzun vade (yıllık) hem de kısa vade (saatlik ve günlük) için yapılmış (Çizelge 6.7 ve 6.8) ve Türkiye'de kullanılagelen standart değerler ile karşılaştırılmıştır. Bu standart değerler SPM için uzun vadede 200 µg m⁻³, kısa vadede ise 400 µg m⁻³ olup, Çizelge 6.7'deki değerler ile karşılaştırma sonucunda – SPM derişimi ile ilişkili olarak- şunlar görülmektedir:

- Uzun vade için yapılan hesaplamalarda, kaynak civarındaki sınırlı bir alan ile santralin hemen güneyinde (rüzgarın esme yönü üzerinde) yer alan Bozcahöyük köyü haricinde, bölgede tüm değerler standart değerinin altında olup, kirliliğin geniş bir alana özgü bir problem olmadığını göstergesidir.
- Kısa vade için hesaplanan değerler, civardaki çoğu köylerin santraldan ve döküm alanlarından gelen partiküllerin etkisi altında olduğunu göstermektedir.
- Kısa vadede gelen bu partikül akımlarının sıklığı (frekans) sadece Bozcahöyük köyünde uzun vade için belirlenen standart değerleri aşacak ölçüdedir.



Şekil 6.10. Modelleme çalışmaları için kullanılan çalışma alanının sayısallaştırılmış üç boyutlu topografik haritası (Kül döküm alanı sınırları kesikli çizgi, stabilize yol düz çizgi ile gösterilmiştir; STP: Seyitömer Termik Santrali)

Çizelge 6.6. Çalışma alanından korelaj yöntemi ile toplanan toprak örnekleri ile aerosol örneklerine ait kimyasal analiz sonuçları

Element	Toprak Örnekleri		Aerosol Örnekleri	
	Örnek Sayısı	Ortalama Derişim \pm SD (ppm)	Örnek Sayısı	Ortalama Derişim \pm SD ($\mu\text{g m}^{-3}$)
Na	40	5301 \pm 2095	22	0.301 \pm 0.297
Mg	39	46820 \pm 19154	22	1.932 \pm 2.489
Al	40	50491 \pm 13900	22	3.062 \pm 5.512
K	40	7327 \pm 2991	22	0.633 \pm 0.899
Ca	40	72222 \pm 62998	22	4.415 \pm 1.586
Cr	40	350 \pm 184	15	0.025 \pm 0.033
Mn	40	917 \pm 243	22	0.041 \pm 0.074
Fe	40	115913 \pm 29161	22	6.977 \pm 12.822
*Ni	39	301 \pm 164	22	24.028 \pm 48.447
Cu	40	56 \pm 21	22	0.034 \pm 0.008
Zn	40	80 \pm 19	22	0.031 \pm 0.021
*Cd	40	0.32 \pm 0.16	22	0.155 \pm 0.098
*Pb	40	62.5 \pm 99	22	43.122 \pm 93.299

*Aerosol örnekleri için derişimler ng m^{-3} cinsinden

Çizelge 6.7. Uzun ve kısa vade için “askıda partikül madde (SPM)” derişimleri (Ground Level Concentration, GLC)

Reseptör	Saatlik SPM GLC ($\mu\text{g m}^{-3}$)	Günlük SPM GLC ($\mu\text{g m}^{-3}$)	Yıllık SPM GLC ($\mu\text{g m}^{-3}$)
Kaynak	169385	40575	1375
Seyitömer ilçesi	1880	115	10
Bozcahöyük köyü	88075	11220	865
Ayvalı köyü	1415	300	15
Kınık köyü	21820	1975	80
Andız köyü	220	40	0.85

Çizelge 6.8. Uzun ve kısa vade için SO_2 derişimleri (Ground Level Concentration, GLC)

Reseptör	Saatlik SO_2 GLC ($\mu\text{g m}^{-3}$)	Günlük SO_2 GLC ($\mu\text{g m}^{-3}$)	Yıllık SO_2 GLC ($\mu\text{g m}^{-3}$)
Kaynak	3885	1020	80
Seyitömer ilçesi	130	5.5	0.05
Bozcahöyük köyü	3310	140	0.7
Ayvalı köyü	805	70	1.2
Kınık köyü	2095	270	3
Andız köyü	525	65	1.4

SO₂ derişimine ilişkin yapılan simülasyon sonucu elde edilen değerler (Çizelge 6.8) uzun vade için standart değerinin (150 µg m⁻³) çok altındadır. Kısa vadede, saatlik değerler, Bozcahöyük ve Kınık köylerinde standart değerinin (900 µg m⁻³) üzerindedir. Ancak, SO₂ akımlarının sıklığı yıllık değerlerin standartları geçmesine neden olacak ölçüde yüksek değildir.

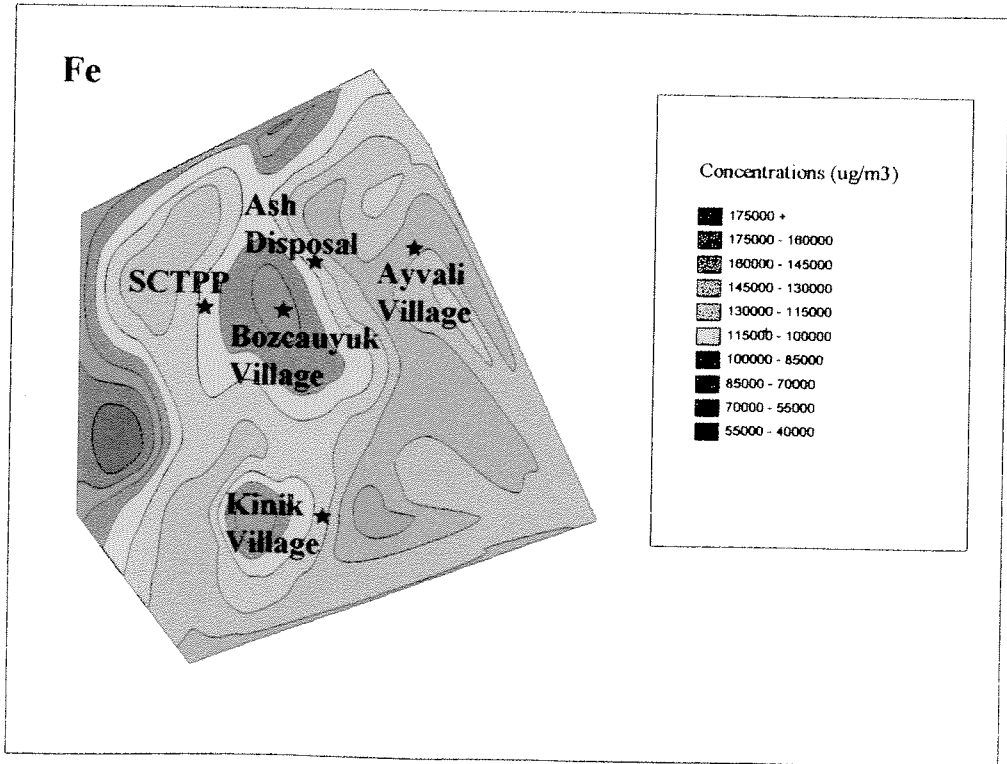
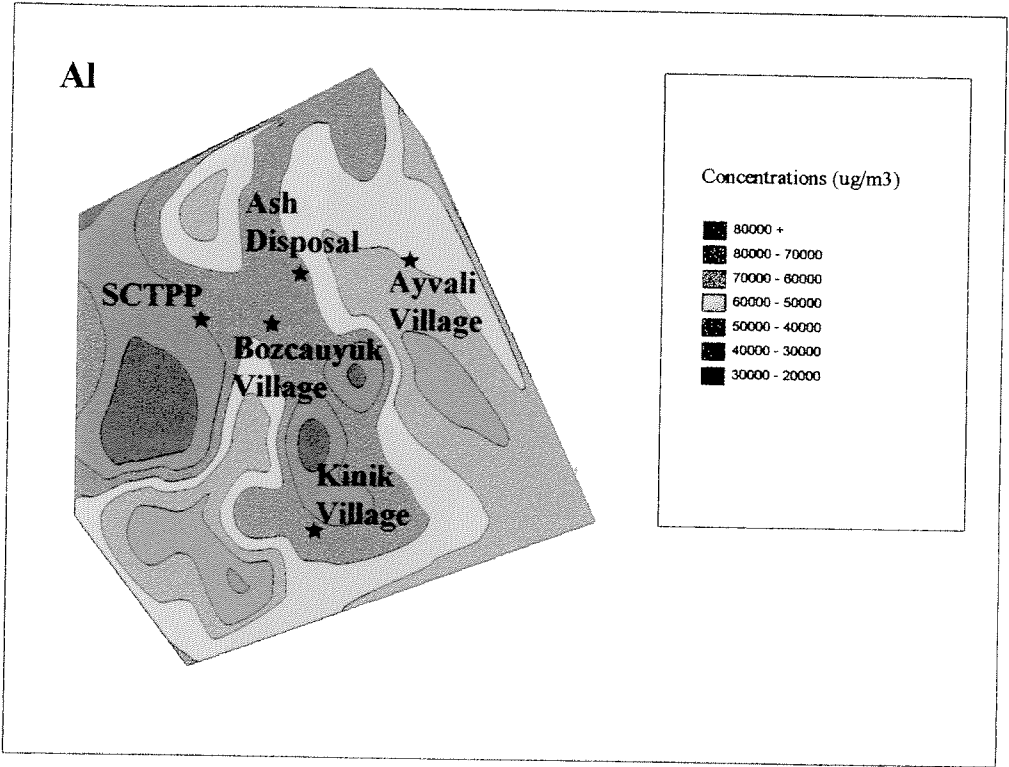
Gene ISCST modeli kullanılarak yapılan hesaplamalar, Seyitömer civarında SPM derişimini kontrol eden kaynağın, kül döküm alanlarından çok, santral bacası emisyonları olabileceğine işaret etmektedir.

Santral kaynaklı element derişimlerinin alansal dağılımına bir diğer yaklaşım olarak, analiz edilen elementlerin toprak örtüsündeki dağılımları incelenmiştir. Bu çerçevede elementler aşağıda belirtilen 3 grup altında toplanmışlar ve her bir gruba ait elementlerin alansal dağılımı, MAPInfo 4.1 programı kullanılarak, ayrı ayrı belirlenmiştir.

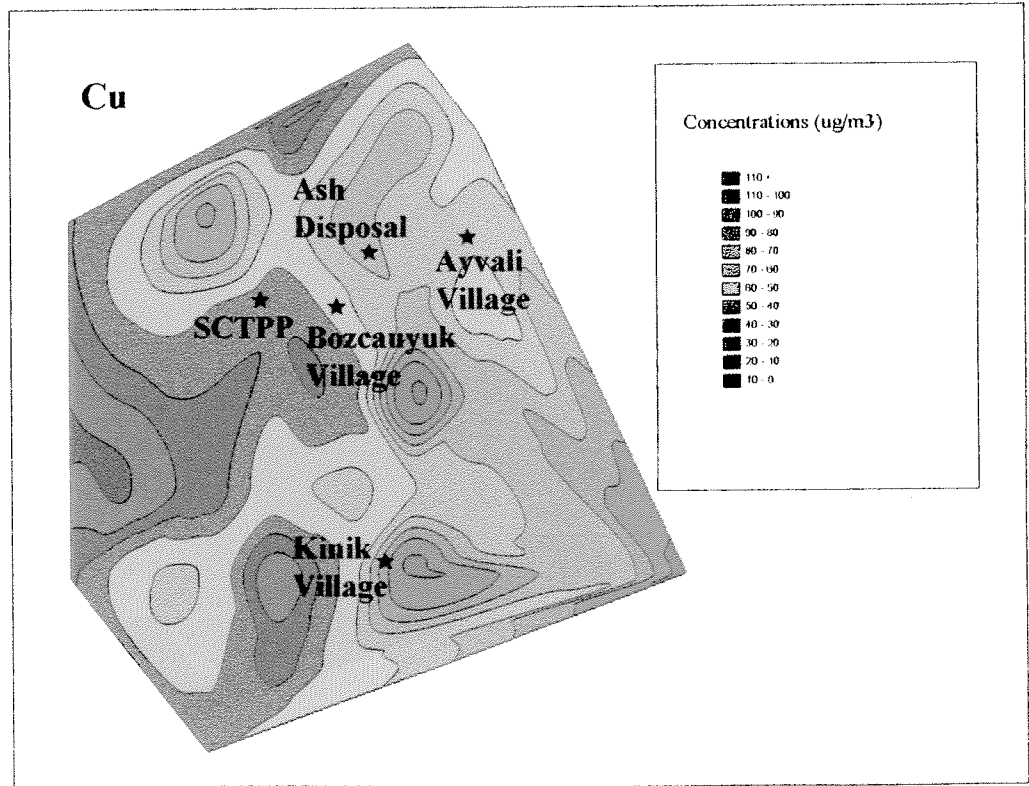
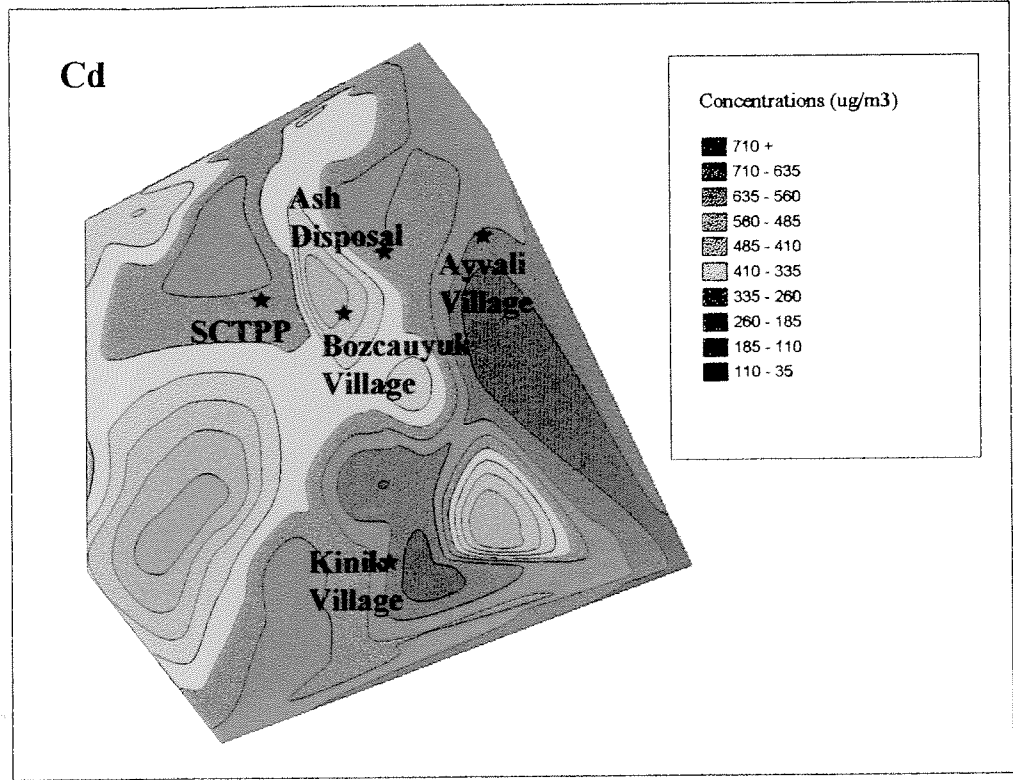
- i) kıta kabuğunun esas bileşenlerini teşkil eden ve bu nedenle derişimlerindeki antropojenik kaynak katkısı gözardı edilebilecek olan elementler (Fe, Ca, K, Na, Mn, Al)
- ii) kıta kabuğundaki derişimi az olup daha çok antropojenik kaynak katkısı taşıyan elementler (Cu, Pb, Zn, Cd)
- iii) gerek kıta kabuğunda yüksek derişim gösterebilen gerekse antropojenik kaynak katkısına sahip olan elementler (Cr and Ni)

Al ve Fe elementlerinin derişim dağılımları Şekil 6.11a'da verilmiştir. Şekilden görüleceği üzere eşderişim eğrileri çalışma alanında keskin olmayan dereceli değişimler sergilemektedir. Bu tür dağılım, 1. Grupta yer alan elementler için tipik olup, antropojenik kirlilikten çok (temel litolojisinden kaynaklanan) toprak kimyasının bileşimindeki değişiklikleri yansıtmaktadır.

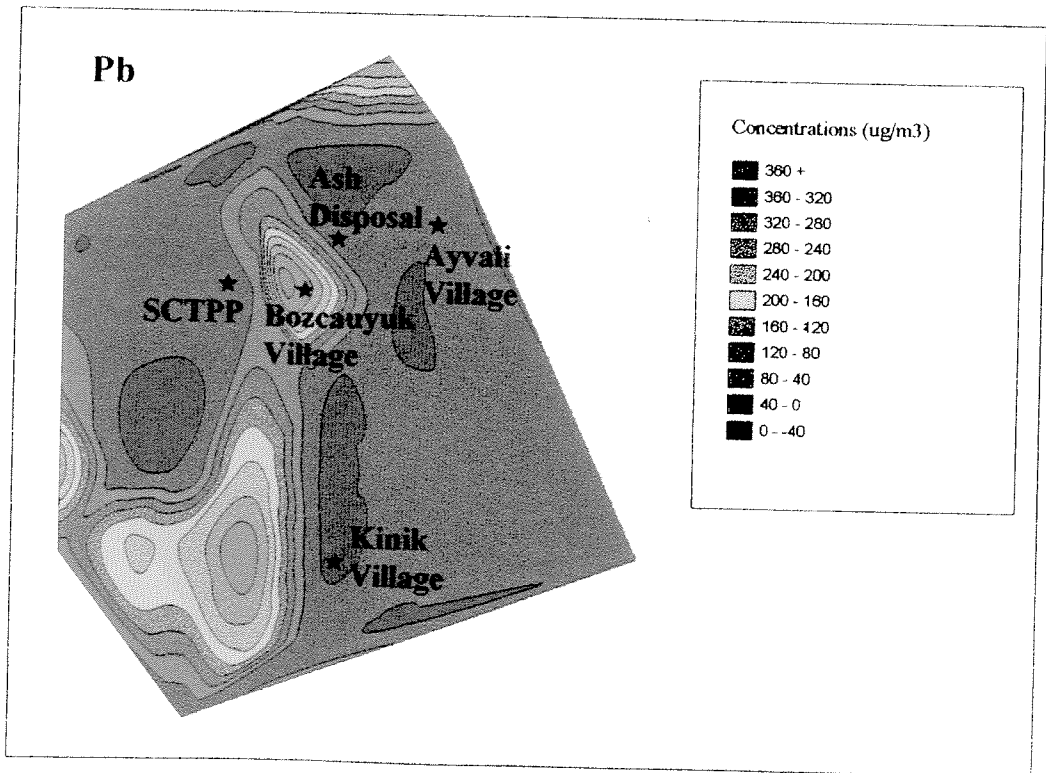
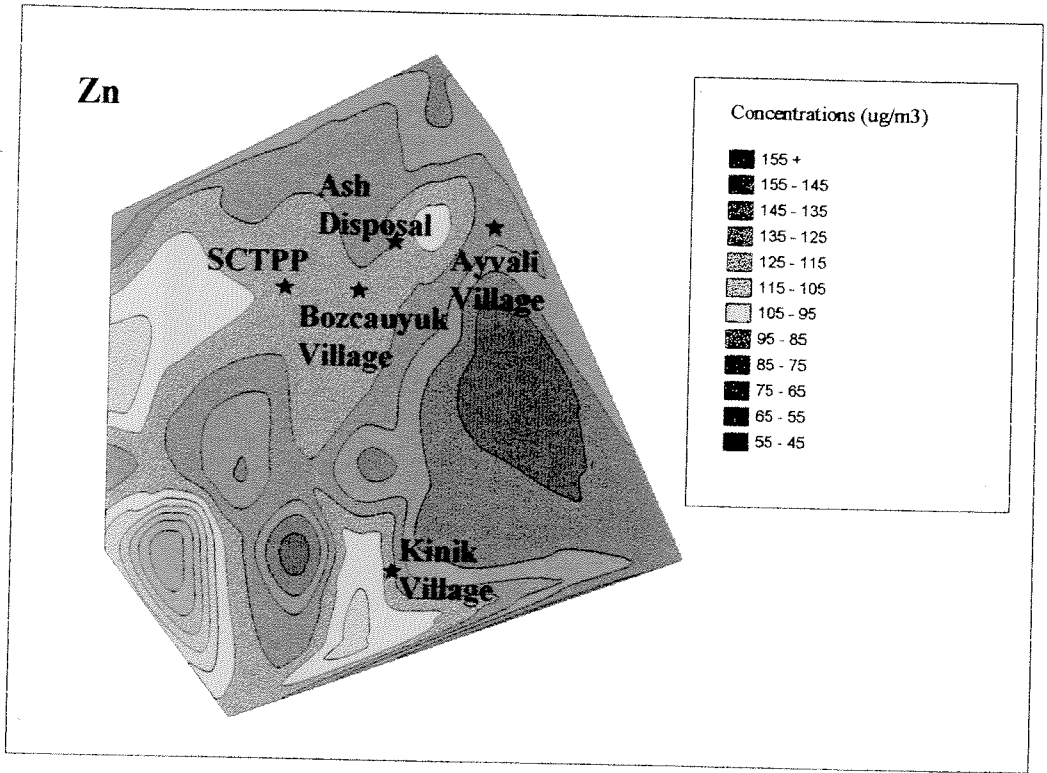
Cu, Cd, Zn, Pb, Cr ve Ni elementlerine ait dağılımlar Şekil 6.11b, c, ve d'de gösterilmektedir. Cu elementine ait dağılımlar 1. Grup element dağılımlarına benzemekte ve alandaki Cu derişiminde santral kaynaklı katkının bulunmadığını ima etmektedir. Zn, Cd, Ni, Cr ve Pb dağılımlarında ortak noktalar mevcuttur: en yüksek değerlere santralin ve kül döküm alanlarının güney - güneybatısında (rüzgar yönü) erişilmektedir ve bu durum



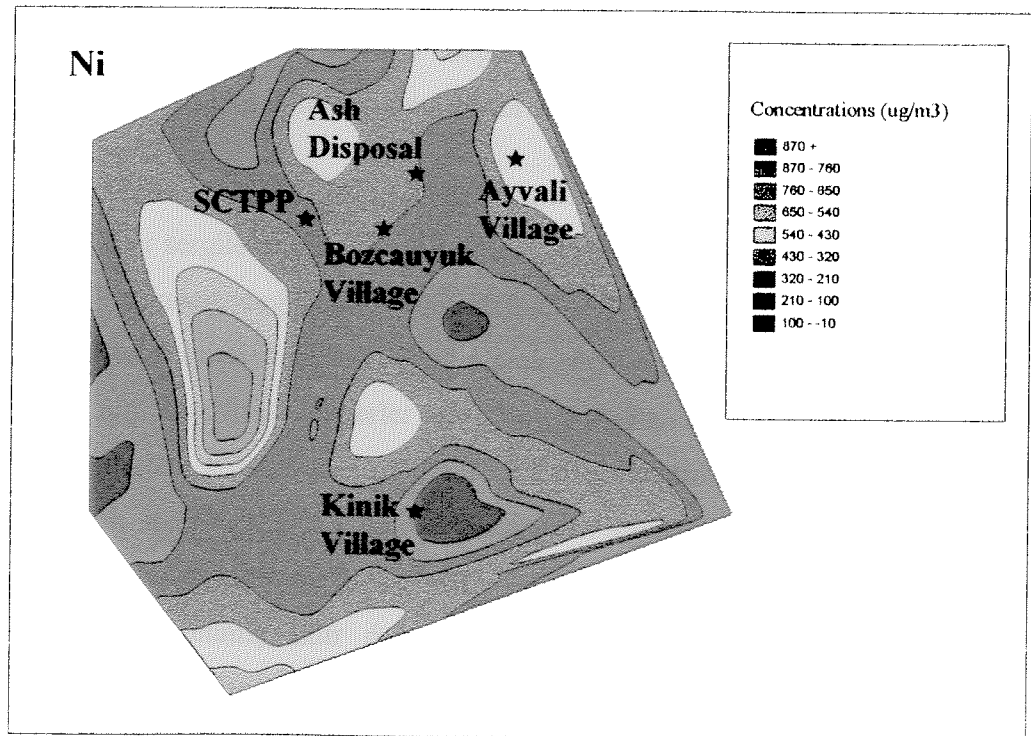
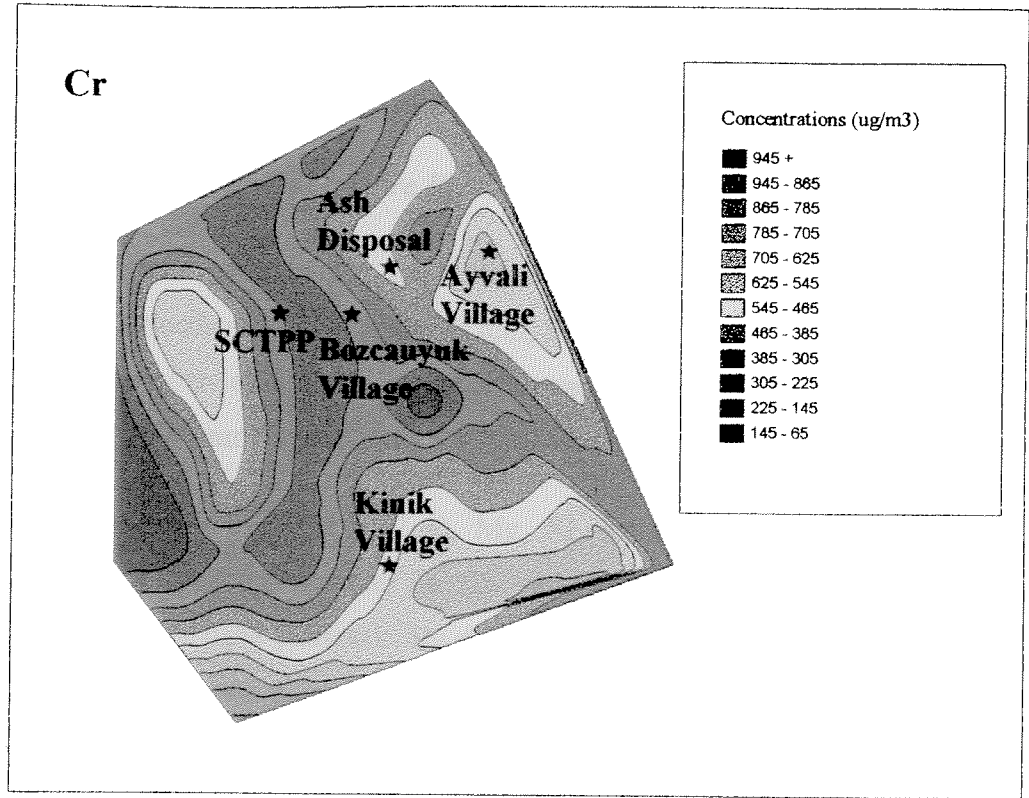
Şekil 6.11 a. Al ve Fe derişimlerinin toprak örtüsündeki alansal dağılımları (SCTPP : Seyitömer Termik Santrali, Ash Disposal : Kül Döküm alanı)



Şekil 6.11 b. Cd ve Cu derişimlerinin toprak örtüsündeki alansal dağılımları (SCTPP : Seyitömer Termik Santrali, Ash Disposal : Kül Döküm alanı)



Şekil 6.11 c. Zn ve Pb derişimlerinin toprak örtüsündeki alansal dağılımları (SCTPP : Seyitömer Termik Santralı, Ash Disposal : Kül Döküm alanı)



Şekil 6.11 d. Cr ve Ni derişimlerinin toprak örtüsündeki alansal dağılımları (SCTPP : Seyitömer Termik Santrali, Ash Disposal : Kül Döküm alanı)

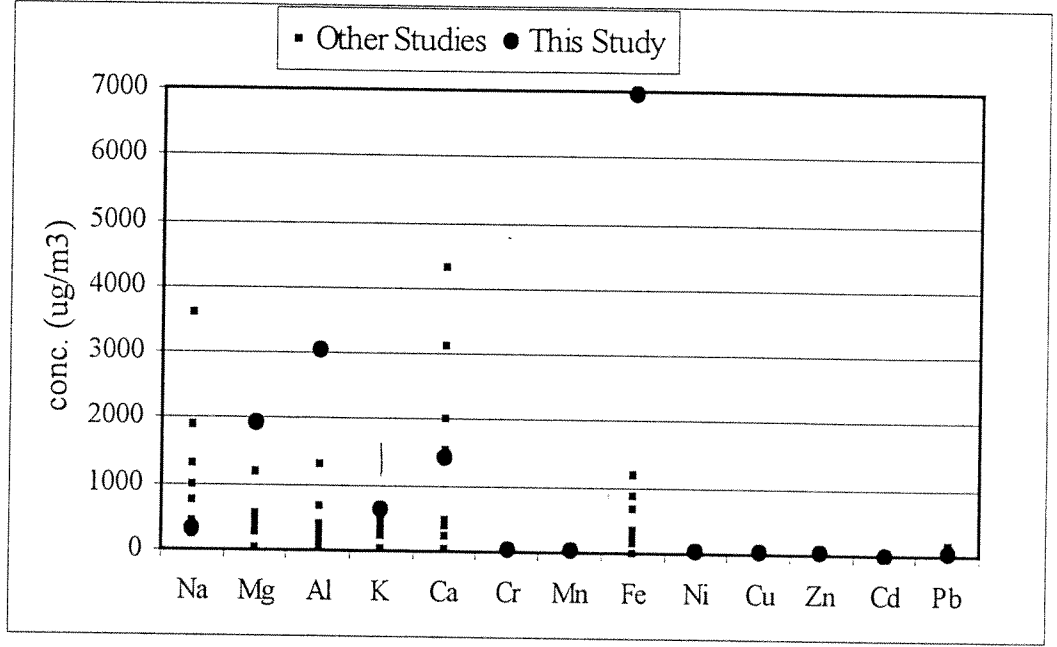
söz konusu element derişimlerinde gözlenen yüksek değerlerin santral bacasındaki emisyonlardan ve kül döküm alanlarından kaynaklandığına işaret etmektedir.

6.2.5. Seyitömer Bölgesinde Çevre Kirliliği Değerlendirmesi

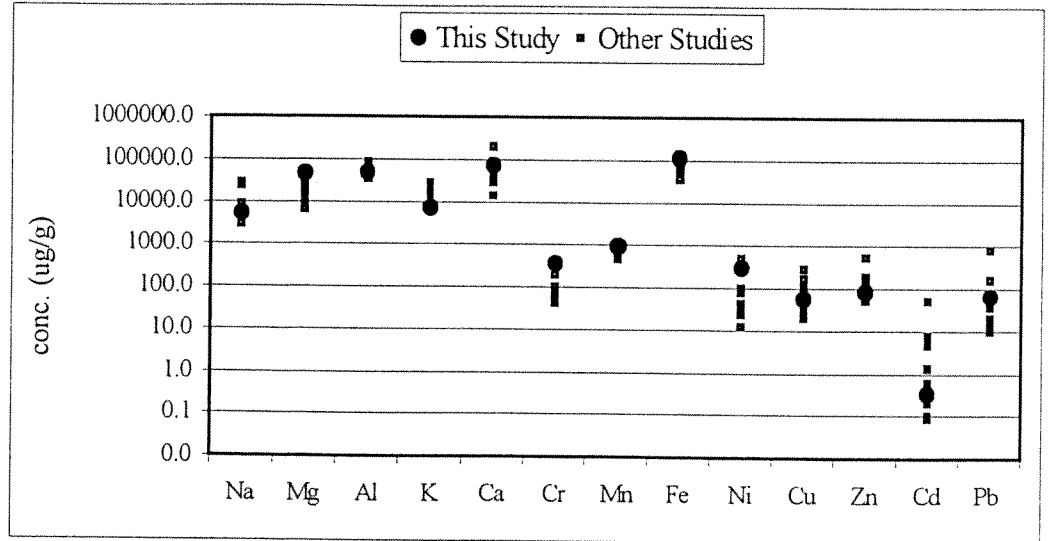
Seyitömer termik santralından kaynaklanan emisyon ve katı atıkların çevre kirliliği açısından değerlendirmesini yapabilmek için, Seyitömer civarından toplanan aerosol, toprak ve su örneklerinden elde edilen değerler literatürde verilen değerler ve çeşitli ülkelerce benimsenmiş olan sınır değerleri ile karşılaştırılmıştır.

Aerosol örnekleri için (Şekil 6.12 a), Mg, Al, K, Mn ve Fe gibi kıta kabuğunun ana bileşenlerini teşkil eden elementler ile (Fe ve Mg ile aynı jeokimyasal davranışa sahip) Ni ve Cr Seyitömer'de daha yüksektir. Bu da Türkiye'de topraktan havalanıp atmosfere karışan toz miktarının, dünyanın diğer yörelerine oranla, yüksek olduğunu göstermektedir. Ni ve Cr harici iz elementlerden ise sadece Pb literatürde verilen değerlere göre daha yüksektir. Bu durum, Pb haricinde, atmosferin antropojenik kaynaklı bir kontaminasyona maruz kalmadığını işaret etmektedir. Benzer şekilde, toprak örnekleri için (Şekil 6.12 b) hemen tüm elementlerin derişimi literatür değerleri ile korele edilebilecek seviyelerdedir ve antropojenik kökenli kontaminasyonu göstermemektedir.

Toprak kontaminasyonuna ilişkin olarak genelde temel jeolojisinin farklı yörelerde çok farklı bileşimler sergilemesi nedeniyle, dünyaca kabul edilebilecek (ya da Türkiye tarafından belirlenmiş) standart değerler mevcut değildir. Bu nedenle burada sadece antropojenik olabilecek element derişimlerine ilişkin olarak çeşitli ülkeler tarafından tarım toprakları için kabul edilmiş üst limit değerler ile karşılaştırmalar yapılmıştır (Çizelge 6.9). Bu karşılaştırmalardan görüleceği üzere, Zn ve Cd elementinin derişimleri, hernekadar büyük ölçüde termik santral ve kül döküm alanlarından kaynaklanıyorsa da (bkz. Bölüm 6.2.4), çeşitli ülkelerde tarım toprağı için üst sınır olarak belirlenen değerlerin altındadır. As elementi de belirlenmiş sınır değerlerinin altındadır. Buna karşın, Co ve hernekadar antropojenik kökenli imiş gibi gözüküyorsa da (bkz. Bölüm 6.2.4) Cu ve bir ölçüye kadar da Pb elementlerinin derişimleri kimi ülkelerin üst sınır olarak belirlediği değerleri aşmaktadır. Ni ve özellikle Cr çoğu ülkede üst sınır değeri kabul edilen değerlerin hayli üzerine çıkan derişimler vermektedir ancak daha önce tartışıldığı üzere bu yüksek derişimler



Şekil 6.12 a. Aerosol örneklerine ait element içeriklerinin literatürde verilen diğer çalışmalara ait veriler ile karşılaştırılması



Şekil 6.12 b. Toprak örneklerine ait element içeriklerinin literatürde verilen diğer çalışmalara ait veriler ile karşılaştırılması

santral kaynaklı bir kirlilikten çok yerel jeolojiden kaynaklanan toprak bileşimini yansıtmaktadır.

Çalışma alanındaki Kınık deresinin tarım amaçlı sulama suyu, Seyitömer civarı köylerindeki çeşmelerin içme suyu ve Porsuk nehrinin Eskişehir'e içme suyu tahsisinde kullanılması nedeniyle, bu çalışmada su örneklerinden elde edilen derişimler su kirliliği açısından,

- Sağlık Bakanlığı tarafından kabul edilen ve 1997 yılında resmi gazetede yayınlanarak yürürlüğe giren "İçme Suları" hakkındaki yönetmelik ve
- Devlet Bakanlığı tarafından kabul edilen ve 1991 yılında resmi gazetede yayınlanarak yürürlüğe giren " Sulama Suları" hakkındaki yönetmelikte belirtilen maksimum sınır değerleri ile karşılaştırılmıştır (Çizelge 6.10).

Bu karşılaştırma sonucu şu bulgular elde edilmiştir:

- i) Kınık deresi suları, Cr ve Co elementleri hariç tüm elementler için sulama amaçlı sular için kabul edilen sınır değerlerinin altında derişim düzeylerine sahiptir.
- ii) Porsuk nehri suları Ca ve Cr elementi haricinde içme suları standartlarına uygun element derişimlerine sahiptir.
- iii) Seyitömer civarı köylerdeki çeşme suları Mg ve Cr elementleri açısından yüksek derişim göstermektedir. Ayrıca K elementi, döküm alanında yer alan Sarıçeşme'de içme suyu standartlarını aşan derişime sahiptir. Sarıçeşme ve Bozcahöyük sularının bileşimleri arasında Na, K, Mg gibi ana element derişimleri açısından gözlenen farklılıklar yeraltısularının farklı litolojilerden geldiğini düşündürürken, Sarıçeşme'de Pb derişiminde görülen artış, bu çeşmenin döküm alanı güneyinde ve yüzey suları akım yönü üzerinde yer alması nedeniyle, santral kökenli bir kirliliğe işaret etmektedir. Ancak bu artış, içme suları için belirlenen üst sınır değerine ulaşmamaktadır.

Çizelge 6.9. Toprak örneklerinden elde edilen toksik element içeriklerine ilişkin değer aralıklarının, çeşitli ülkelere tarım toprakları için kabul edilebilirlik (üst) sınırı olarak belirlenen değerler ile karşılaştırılması (sınır değerleri Kabata-Pendias, 1995'den alınmıştır; n.d.: tayin limitinin altında).

Element (ppm)	Avusturya	Kanada	Polonya	Japonya	İngiltere	Almanya	Bu Çalışma
Cr	100	75	100		50	200	166 – 658
Ni	100	100	100	100	50	100	0.158 – 465
Cu	100	100	100	125	100	50	35 – 177
Zn	300	400	300	250	300	300	50 – 99
Cd	5	8	3		3	2	n.d - 0.595
Pb	100	200	100	400	100	500	n.d. – 161.5
As	50	25	30	15	20	40	< 0.5
Co	50	25	50	50			30 - 133

Çizelge 6.10. Su örneklerinden elde edilen element içeriklerine ilişkin değer aralıklarının, Sağlık Bakanlığının, Sağlık Bakanlığının, Sağlık Bakanlığının tarafından “İçme Suları” (Sağlık Bakanlığı, 1997) ve Devlet Bakanlığının tarafından “Sulama Suları” (Devlet Bakanlığının, 1991) için kabul edilen üst sınır değerler ile karşılaştırılması (n.d. : tayin limitinin altında)

Element (ppm)	İçme Suları için üst sınır değerleri (ppm)	Sulama Suları için üst sınır değerleri (ppm)	Bu Çalışma (ppm)		
			Çeşmeler	Kınık Deresi	*Porsuk Nehri
Na	175		n.d. – 75.5	75.0 – 88.5	19.2
K	12		2.5 – 22.6	8.5 – 10.8	6.4
Ca	100			149.0 – 204.9	142.9
Mg	50		95.8 – 349.3	123.1 – 139.3	47.1
Al	0.2	5.0	n.d.	n.d. – 0.26	n.d.
Fe	0.3	5.0	n.d.	n.d. – 0.3	n.d.
Mn	0.05	0.2	n.d.	n.d. – 0.05	n.d.
Cr	0.05	0.1	15.8 – 15.9	13.2 – 67.9	7.85
Ni	0.02	0.2	n.d. – 0.01	n.d. – 0.032	0.014
Cu	1.5	0.2	n.d.	n.d.	n.d.
Zn	3	2.0	n.d.	n.d.	0.02
Cd	0.003	0.01	0.0014 – 0.0015	0.0008 – 0.0011	0.0009
Pb	0.01	5.0	0.0010 – 0.0052	0.0003 – 0.0008	0.0014
Co		0.05	0.39 – 0.45	n.d. – 0.33	n.d.

*Her türlü zeminde sürekli sulama yapılması durumunda izin verilen sınır değerlerdir.

*Porsuk nehri için verilen değer nehrin Kınık deresi ile karıştıktan sonraki noktadan toplanan örnek içindir.

7. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Seyitömer (Kütahya) kömür yakıtlı termik santralından kaynaklanan katı atıkların mineralojik ve jeokimyasal özelliklerinin belirlenmesini ve bu atıkların çevreye etkisinin aerosol, toprak ve su örnekleri üzerinde gerçekleştirilen jeokimyasal analizler yoluyla incelenmesini konu alan bu çalışmadan elde edilen başlıca sonuçlar, ileride yapılabilecek çalışmalara ilişkin görüş ve öneriler ile birlikte, aşağıda özetlenmektedir.

1. Gerek Seyitömer baseni kömürlerinin gerekse küllerin mineralojik özelliklerine ilişkin olarak, kuvars tüm örneklerin (kömür, taban külü ve uçucu kül) ortak mineralidir. Kuvarsa kömür örneklerinde jips, amorf malzeme, margarit, mika ve simektit grubu kil mineralleri, taban külü ve uçucu kül örneklerinde ise opal ve plajiyoklaz eşlik etmektedir. Margarit taban külü örneklerinde gözlenmekte, buna karşın analiz edilen uçucu kül örneklerinde gözlenmemektedir. Kömür ve kül örneklerinin mineralojik bileşimlerindeki farklılıklar, kömürün yanma sürecinde gelişen dehidrasyon ve faz transformasyonları gibi süreçlerin etkisini yansıtmaktadır.
2. Katı atıkların jeokimyasal özelliklerine ilişkin olarak, uçucu özelliğe sahip olan ve dolayısıyla atıkların matrisine girmekten çok yüzeyine adsorbe olan volatil elementlerin (Cu, Pb, Zn, Cd) derişimleri, tane boyutunun küçülmesi ve yüzey alanı/hacim oranının artması nedeniyle, kömür ve cüruf örneklerinden taban külü ve uçucu kül örneklerine doğru artmaktadır. Volatil element içerikleri ile tane boyutu arasındaki bu ters ilişki uçucu küllerin tane boyutu ayırmaştırılması yapılmış örneklerinde de tipik olarak gözlenmektedir. Uçucu olan volatil ve uçucu olmayan litofil elementler arasında ortaça davranış gösteren elementler (Ni, Cr, Mn), atıkların matrisi ve yüzeyi arasında eşit dağılım sergilediklerinden, tane boyutu ile ilişkilendirilememektedir. Çoğunlukla aluminasilikatlarda (dolayısıyla da atıkların matris yapısında) derişimi beklenen Na, K, Ca, Mg, Al ve Fe gibi litofil elementler için derişimin tane boyutundan bağımsız olması beklenirken, bu elementler de genelde uçucu küllerde en yüksek derişimleri vermektedir.
3. Tane boyutu küçüldükçe uçucu küllerin daha uzak mesafelere taşınacağı ve dolayısıyla uçucu element içeriklerinin mesafe büyüdükçe artacağı düşüncesiyle, kül döküm alanı

eteğinden itibaren yaklaşık 200 m'lik bir mesafe boyunca toplanan kül ve 2'km lik bir mesafe boyunca toplanan toprak örnekleri üzerinde ölçülen element içerikleri, döküm alanından uzaklık ile değişen bir eğilim göstermemekte ve, olasılıkla, seçilen mesafelerin bu tür bir ayrılaşma için yeterli olmadığına işaret etmektedir.

4. 1997 Mayıs ayındaki kül heyelanından sonra kül kaldırma çalışmalarının yapıldığı yaklaşık 13 km uzunluğundaki Kınık vadisi boyunca Kınık deresinden toplanan su örnekleri ile dere kenarı düzlükleri ve yamaçlarından toplanan toprak örneklerinin element içerikleri, su örnekleri için döküm alanından uzaklaştıkça azalan Br elementi haricinde, döküm alanından uzaklık ile ilişkilendirilememektedir. Ancak su örnekleri için, Kınık deresinin kavuştuğu ve Eskişehir'e içme suyu tahsisinde kullanılan Porsuk nehrinden alınan örneklerin element içerikleri Kınık deresinden alınanlara oranla oldukça düşüktür. Element içerikleri Kınık deresinin kavuşma noktasında yüksek derişimler vermekle birlikte, kavuşma noktasının kuzeyinde Porsuk nehrinden akış-aşağı yönünde alınan su örneğinde derişimler, kavuşma noktasının güneyinde akış-yukarı yönde alınan (kirlenmemiş) örnekteki derişim düzeylerine kadar olmasa da hayli düşmektedir. Bir başka deyişle, Kınık deresi santraldan kaynaklanan ve 1997 Mayıs heyelanında çevreye yayılan küllerden etkilenmiş olmakla birlikte, Kınık deresinin kavuştuğu Porsuk nehrinde bu etkinin izleri 1 km'den daha az bir mesafe içerisinde silinmeye başlamaktadır.
5. Santral civarında, yaklaşık 40 km² büyüklükteki bir alandan karelej yöntemi ile toplanan toprak örneklerinin analizleri, kıta kabuğunun esas bileşenlerini teşkil eden ve bu nedenle derişimlerindeki antropojenik kaynak katkısı gözardı edilebilecek Na, K, Ca, Mg, Mn, Al ve Fe dışında kalan elementlerden Cr ve Ni derişimlerinin temel litolojisinden kaynaklandığına işaret etmekte, buna karşın Cd, Pb, Zn elementlerine ait derişimlerin santral kökenli atıklardan etkilendiğini ve sözkonusu element derişimlerinin santralin ve kül döküm alanlarının güney-güneybatısında yoğunlaştığını göstermektedir.
6. Santral civarındaki köylerden alınan çeşme suyu örneklerinin analizleri, temel litolojisini yansıtan Na, K ve Mg gibi elementlerin içeriklerindeki farklılıklar nedeniyle, çeşmeleri besleyen yeraltı sularının farklı litolojilerden kaynaklanmış olabileceğini düşündürmekle birlikte, döküm alanının güneyinde, rüzgarın esme ve yüzey sularının akım yönü

üzerinde yeralan Sarıçeşme'deki yüksek Pb içeriği santral kaynaklı kirliliğe işaret etmektedir.

7. Seyitömer civarındaki aerosol örnekleri, dünyanın değişik yörelerindeki aerosol örneklerine ait değerler ile karşılaştırıldığında, yüksek Mg, Al, K, Mn, Fe, Cr, Ni ve Pb içeriklerine sahiptir; Pb içerikleri santral kökenli bir kirliliğe işaret ederken, diğerleri temel litolojisinin etkilerini yansıtmaktadır.
8. ISCST bilgisayar modeli kullanılarak havadaki "askıda partikül madde" ve SO₂ içeriklerine ilişkili olarak simülasyon tekniği ile uzun ve kısa vade için hesaplanan derişimler (ground level concentration), santral bacasından emisyon ve kül döküm alanlarından tozuma yoluyla oluşan kirliliğin bölgesel boyutta bir problem olmadığını, kirliliğin daha çok santral civarında yeralan Bozcahöyük ve Kınık köyleri için tehlike arzettiğini göstermektedir.
9. Başlıca geçim kaynağının tarım olduğu Seyitömer bölgesinde toprak örneklerinin Ni, Cr, Co, Cu ve Pb içerikleri, çeşitli ülkelerce tarım toprakları için benimsenmiş sınır değerleri aşmaktadır. Hernekadar Ni ve Cr içerikleri yerel jeolojiden (temel litolojisinden) kaynaklanıyorsa da diğer elementler için santral kaynaklı kirliliğe karşı önlem alınması gerekmektedir.
10. Bölgede sulama amaçlı kullanılan Kınık deresinin element derişim düzeyleri, Cr ve Co elementleri haricinde, Devlet Bakanlığı tarafından 1991 yılında sulama suları için kabul edilmiş sınır değerlerin altındadır.
11. Çalışma alanındaki Kınık deresinin kavuştuğu ve Eskişehir'e içme suyu tahsisinde kullanılan Porsuk nehrinin suları, temel litolojisinden kaynaklandığı düşünülen Ca ve Cr elementleri haricinde, Sağlık Bakanlığınca 1991 yılında içme suları için kabul edilmiş olan sınır değerlerin altındadır. Bölgedeki çeşme suları, gene temel litolojisinden kaynaklanmış olan Mg, Cr ve K elementleri haricinde, içme suları standartlarına uygundur; ancak, döküm alanı güneyinde yüzey suları akım yönü üzerinde yeralan çeşme (Sarıçeşme) suları, daha kuzeydeki çeşme (Bozcahöyük) sularına oranla santral kaynaklı kirlenme etkilerini taşıdığı için, ileriki yıllarda Pb gibi kimi elementlerde limit değerlerin aşılması sözkonusu olabilir.

12. Aerosol, toprak ve su örnekleri üzerinde gerçekleştirilen tüm bu analiz sonuçlarına göre, santral kaynaklı kirliliğin bölgesel ölçekte tehlike arz edecek boyutta olmadığı görülmekle birlikte, santral yakın civarında yarattığı etki gözardı edilemez. Bu nedenle, zaman içerisinde döküm alanındaki kül yığınlarında oluşacak hacim artışı da gözönüne alındığında, bölgedeki toprak, su ve aerosol örnekleri üzerinde periyodik olarak ölçüm alınması gerektiği açıktır. Ayrıca, bölgede sağlık sorunlarına yolaçmaması için, en yakın zamanda atık deşarjı ile ilgili önlemler alınması ve iyileştirmelerin yapılması gerekmektedir. Döküm alanlarından tozuma yoluyla oluşacak kirliliğin azaltılması için kuru değil yaş deşarjın daha uygun olduğu bilinmektedir. Ancak, bu amaçla daha önce yapılan barajın kül tepelerine yaslanmış (beton baraj yapımına gidilmemiş) olmasının 1997 Mayıs ayında yolaçtığı heyelan gözönüne alınacak olursa, atık deşarjı ile ilgili önlemler konusunda en azından yaş deşarj yönteminin gerektiği şekilde uygulanması sözkonusu olabilir.

DEĞİNİLEN BELGELER

- BAŞ, H., Domaniç-Tavşanlı-Kütahya-Gediz yöresinin Tersiyer jeolojisi. *Jeoloji Mühendisliği Dergisi*, Nisan 1986, 11-18, (1986).
- BERTINE, K. K. ve Goldberg, E. D., Fossil fuel combustion and the major sedimentary cycle. *Science*, 173, 233-235, (1971).
- BLOCK, C. ve Dams, R., Inorganic composition of Belgian coals and coal ashes. *Environmental Science and Technology*, 9-9, 856-858, (1975).
- BOLTON, N. E., Carter, J. A., Emery, J. F., Feldman, C., Fulkerson, W., Hulett, L. D. ve Lyon, W. S., Trace element mass balance around a coal-fired steam plant. *Trace Elements in Fuel*, Babu, S. P. (ed.), Advances in Chemistry Series 141, American Chemical Society, Washington D. C., (1975), p. 175-191.
- CAMPBELL, J. A., Laul, J. C., Neilson, K. K. ve Smith, R. D., Separation and chemical characterization of finely-sized fly ash particles. *Analytical Chemistry*, 50-8, 1032-1040, (1978).
- DEVLET BAKANLIĞI, Su kirliliği kontrol yönetmeliği teknik usuller tebliği. Resmi Gazete, 7 Ocak 1991, sayı: 20748, (1991), pp. 36.
- FINKELMAN, R.B., *Environmental Effects of Trace Elements in Coal*. Short Course Notes sponsored by USGS and General Directorate of Mineral Research and Exploration, Ankara, Turkey, (1996).
- FISCHER, G. L., Prentice, B. A., Silberman, D., Ondov, J. M., Biermann, A. H., Ragaini, R. C. ve Mc Farland, A. R., Physical and morphological studies of size-classified coal fly ash. *Environmental Science and Technology*, 12-4, 447-451, (1978).
- GEHRS, C. W., Shriner, D. S. ve Herbes, S. E., Environmental health and safety implications of increased coal utilization. *Chemistry of Coal Utilization*, Elliot, M. A. (ed.), Second supplementary volume, 2194-2219, (1979).

- HANSEN, L. D. ve Fisher, G. L., Elemental distribution in coal fly ash particles. *Environmental Science and Technology*, 14-9, 1111-1117, (1980).
- HOLCOMBE, L. J., Eynon, B. P. ve Switzer, P., Variability of elemental concentrations in power plant ash. *Environmental Science and Technology*, 19-7, 615-620, (1985).
- HULETT, L. D. ve Weinberger, A. J., Some etching studies of microstructure and composition of large aluminasilicate particles in fly ash from coal burning power plants. *Environmental Science and Technology*, 14-8, 965-970, (1980).
- HULETT, L. D., Weinberger, A. J., Northcutt, K. J. ve Ferguson, M., Chemical species in fly ash from coal-burning power plants. *Science*, 210, 1356-1358, (1980).
- KABATA-PENDIAS, A., Agricultural problems related to excessive trace metal contents of soils. *Heavy metals: Problems and Solutions*, Salomons, W. Förstner, U. ve Mader, P. (eds.), Springer, Berlin, (1995), p. 3-18.
- KLEIN, D. H. ve Russel, P., Heavy Metals: fallout around a power plant. *Environmental Science and Technology*, 7-4, 357-358, (1973).
- KLEIN, D. H., Andren, A. W., Carter, J. A., Emery, J. F., Feldman, C., Fulkerson, W., Lyon, W. S., Ogle, J. G., Talmi, Y., Van Hooh, R. I. ve Bolton, N., Pathways of thirtyseven trace elements through coal-fired power plant. *Environmental Science and Technology*, 9-10, 973-978, (1975).
- LEBKÜCHNER, R. F., Seyitömer/Kütahya Neojen sahasında jeoloji ve linyit yatakları ile ilgili olarak yapılan etüdler hakkında rapor. *MTA Raporu*, (yayınlanmamış), 61 s., (1959).
- LEE, S. Y., Coal gasification solid wastes: physicochemical characterization. *Environmental Science and Technology*, 16-10, 728-731, (1982).
- NAKOMAN, E., Contribution a L'etude de la microflore Tertiaire des lignites de Seyitömer (Turquie). *Pollen et Spores*, 10-3, 521-556, (1968).

- NORTON, G. A., Malaby, K. L. ve De Kalb, E. L., Chemical characterization of ash produced during combustion of refuse-derived fuel with coal. *Environmental Science and Technology*, 22-11, 1279-1283, (1988).
- ROY, W. R., Griffin, R. A., Dickerson, D. R. ve Schuller, R. M. Illinois basin coal fly ashes. 1- Chemical characterization and solubility. *Environmental Science and Technology*, 18-10, 734-738, (1984).
- SAĞLIK BAKANLIĞI, Doğal kaynak, maden ve içme suları, tıbbi suları istihali, ambalajlanması ve satışı hakkında yönetmelik. *Resmi Gazete*, 18 Ekim 1997, sayı: 23144, (1997), p. 18-35.
- SARIYILDIZ, M., *Seyitömer (Kütahya) KB'sındaki Kömürlü Neojen Kayalarının Jeolojisi*, (Yüksek Lisans Tezi), Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, (1987).

BİBLİYOGRAFİK BİLGİ FORMU

1. Proje No: YDABÇAG-523	2. Rapor Tarihi: 29. / 9. / ..1999
3. Projenin Başlangıç ve Bitiş Tarihleri:	..1 / 9.. /1997 .. – 29 / 9.. / 1999..
4. Projenin Adı:	Seyitömer Termik Santral Küllerinin Çevreye Etkisinin İncelenmesi
5. Proje Yürütücüsü ve Yardımcı Araştırmacılar:	Doç. Dr. Nilgün Güleç (yürütücü), Prof. Dr. Ayhan Erler, Prof. Dr. Gürdal Tuncel, Burcu Çancı, Ayşegül Hamzaoğlu, Arda Arcasoy
6. Projenin Yürütüldüğü Kuruluş ve Adresi:	Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği ve Çevre Mühendisliği Bölümleri, 06531 Ankara
7. Destekleyen Kuruluş(ların) Adı ve Adresi:	TÜBİTAK- Ankara
8. Özet (Abstract):	<p>Bu çalışma, Seyitömer (Kütahya) termik santralından kaynaklanan katı atıkların çevreye etkisinin jeokimyasal bazda incelenmesini konu almaktadır. Santral civarından toplanan çürüf, taban külü, uçucu kül, toprak, aerosol, dere ve çeşme suyu örnekleri üzerinde gerçekleştirilen analizlerin sonuçları, atıkların matrisine girmekten çok yüzeyine adsorbe olan Cu, Pb, Zn, Cd gibi volatil elementlerin, tane boyutunun küçülmesi ve yüzey alanının artması nedeniyle, çürüf ve taban küllünden çok uçucu küllerde deriştiğini göstermektedir. Toprak, aerosol, dere ve çeşme sularının Na, K, Ca, Mg, Mn, Al, Fe, Cr ve Ni içerikleri temel litolojisinden, Cd, Pb, Zn ve – sularında analiz edilen- Br içerikleri ise santral kökenli atıklardan kaynaklanmakta, antropojenik kaynaklı elementler santralın ve kül döküm alanlarının güney-güneybatısında yoğunlaşmaktadır. Santral bacasından emisyon ve kül döküm alanlarından tozuma yoluyla oluşan kirliliğin matematiksel modellerle yoluya incelenmesi, kirliliğin bölgesel boyutta olmadığını, daha çok santral civarındaki Bozcaköyük ve Kınık köylerini etkilediğini göstermektedir.</p> <p>Seyitömer civarındaki toprak örneklerinin Ni, Cr, Co, Cu ve Pb içerikleri, çeşitli ülkelerde tarım toprakları için benimsenmiş sınır değerleri aşmaktadır. Sulama amaçlı kullanılan Kınık deresinin element derişim düzeyleri, Cr ve Co haricinde, Devlet Bakanlığı'nın sulama suları için kabul ettiği sınır değerlerin altındadır. Kınık deresinin beslediği ve Eskişehir'e içme suyu tahsisinde kullanılan Porsuk nehrinin suları Ca ve Cr haricinde, bölgedeki çeşme suları ise Mg, Cr ve K haricinde, Sağlık Bakanlığı'nın içme suları için kabul ettiği sınır değerlerin altındadır. Ca, Mg, K, Ni ve Cr içerikleri daha çok temel litolojisinden kaynaklanıyor olmakla birlikte, gerek toprak örtüsündeki Co, Cu ve Pb derişimleri, gerekse – sınır değerleri aşılıyor olmamakla birlikte – döküm alanı güneyinde yer alan çeşme sularında gözlenen Pb artışı, santral kaynaklı kirlenmeyi işaret etmektedir. Bölgesel ölçekte olmasa da, santral yakın civarında gözlenen çevre kirliliği gözardı edilemeyeceğinden, bölgede atık deşarjı ile ilgili iyileştirmelerin yapılması gerekmektedir.</p>
Anahtar Kelimeler:	Seyitömer, Termik Santral, Katı Atık, Uçucu Kül, Döküm Alanı, Çevre Kirliliği
9. Proje ile ilgili Yayın/Tebliğlerle ilgili Bilgiler:	<p>Hamzaoğlu, A., 1998. <i>Assessment of the potential impacts of fugitive dust from Seyitömer (Kütahya) coal-fired power plant fly ash disposal area</i>, M.S. Thesis, Dept. of Environmental Engineering, METU.</p> <p>Hamzaoğlu, A., Kayın, S., Tuncel, G., Yurteri, C., 1998. Fugitive dust modelling: A case study for Seyitömer coal-fired power plant. <i>SWEMP'98 Fifth Int. Symp. on Environmental Issues and Waste Management in Energy and Mineral Production</i>, May 1998, Ankara.</p> <p>Hamzaoğlu, A., Yurteri, C., Tuncel, G., 1999. Assessment of fugitive dust distribution around an ash disposal area. <i>Atmospheric Environment</i> (submitted)</p> <p>Güleç, N., Çancı, B., Erler, A., Geochemical assessment of environmental effects of solid wastes from Seyitömer thermal power plant (in preparation to be submitted to <i>Environmental Geology</i>).</p>
10. Bilim Dalı:	ISIC Kodu:
Doçentlik B. Dalı Kodu: 606.03.00	
Uzmanlık Alanı Kodu: 606.03.05	
11. Dağıtım (*)	<input type="checkbox"/> Sınırlı <input checked="" type="checkbox"/> Sınırsız
12. Raporun Gizlilik Durumu:	<input type="checkbox"/> Gizli <input checked="" type="checkbox"/> Gizli Değil

* Projenizin Sonuç Raporunun ulaştırılmasını istediğiniz kurum ve kuruluşları ayrıca belirtiniz.