

T.C.
ANKARA ÜNİVERSİTESİ

BİLİMSEL ARAŞTIRMA
KESİN RAPORU

**ÇAYIRHAN TERMİK SANTRALİ EMİSYONLARININ ETKİSİNDE KALAN
TOPRAKLARIN KİRLİLİK VERİ TABANININ OLUŞTURULMASI VE TOPRAK
ÖZELLİKLERİ İLE ETKİLEŞİMLERİNİN ARAŞTIRILMASI**

Yürütücü

Doç. Dr. Ayten KARACA¹

Yardımcı Araştırmacılar

Prof. Dr. Koray HAKTANIR¹

Prof. Dr. Sevinç ARCAK¹

Prof. Dr. Bülent TOPÇUOĞLU²

Dr. Cafer Türkmen³

Dr. Hakan YILDIZ⁴

Proje No: 2001-0711053

Başlama Tarihi: Haziran 2001

Bitiş Tarihi: Haziran 2005

Ankara Bilimsel Araştırma Projeleri

Ankara-2005

- 1: Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bölümü, Ankara
- 2: Akdeniz Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Çevre Kirlenmesi ve Kontrolü Programı, Antalya
- 3: 19 Mart Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bölümü, Çanakkale
- 4: Tarım ve Köyişleri Bakanlığı, TAGEM, Uzaktan Algılama Birimi, Ankara

İÇİNDEKİLER

ÖZET	1
ABSTRACT	2
1. AMAÇ VE KAPSAM.....	3
2. MATERYAL VE YÖNTEM	19
2.1. Santralın Coğrafik Yeri ve Tarımsal Durumu.....	19
2.2. Kömür Sahasının Jeolojik Durumu	20
2.3. Toprak Özellikleri.....	25
2.4. İklim	25
2.5. Toprak örneklerinin alınması ve analize hazırlanması.....	28
2.6. Toprak örneklerinde yapılan fiziksel ve kimyasal analizler.....	32
3. ANALİZ VE BULGULAR.....	34
3.1. Toprak Bünyesi (Tekstür)	34
3.2. Toprak Reaksiyonu (pH).....	35
3.3. Elektriksel İletkenlik (EC)	38
3.4. Kireç İçeriği (CaCO ₃).....	40
3.5. Toprak Organik Maddesi (OM)	41
3.6. Toplam Azot.....	45
3.7. Değişebilir Kalsiyum (Ca)	45
3.8. Değişebilir Magnezyum (Mg).....	47
3.9. Değişebilir Sodyum (Na)	48
3.10. Değişebilir Potasyum (K).....	49
3.11. Toplam Demir Fe).....	50
3.12. Toplam Bakır (Cu).....	54
3.13. Toplam Çinko (Zn).....	56
3.14. Toplam Mangan (Mn).....	59
3.15. Toplam Kurşun (Pb).....	63
3.16. Toplam Nikel (Ni).....	66
3.17. Toplam Kadmiyum (Cd)	69
3.18. Toplam Kükürt (S)	72
3.19. Ekstrakte Edilebilir Demir	77
3.20. Ekstrakte Edilebilir Bakır.....	81

3.21. Ekstrakte Edilebilir Çinko	83
3.22. Ekstrakte Edilebilir Mangan.....	86
3.23. Ekstrakte Edilebilir Kurşun.....	90
3.24. Ekstrakte Edilebilir Nikel.....	92
3.25. Ekstrakte Edilebilir Kadmiyum.....	94
3.26. Alınabilir Kükürt	97
3.27. Asit Fosfataz Enzim (AsP) Aktivitesi	100
3.28. Alkali Fosfataz Enzim (ALP) Aktivitesi	102
3.29. β -glukozidaz Enzim Aktivitesi.....	103
3.30. β -galaktozidaz Enzim Aktivitesi	104
3.31. Aryl-sülfataz Enzim Aktivitesi.....	105
3.32. 3.32. Üreaz Enzim Aktivitesi	106
3.33. Termik Santral Uçucu Külüne Ait Kimyasal ve İz Element-Ağır Metal Sonuçları.....	107
3.34. Uçucu Külün Değerlendirilmesi.....	110
5. SONUÇ VE ÖNERİLER	115
6. KAYNAKLAR.....	123
7. EKLER	130

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1. Çayırhan Termik Santrali'nin dıştan görünümü.....	20
Şekil 2. Çayırhan termik santralı kömür nakil bant hattı.....	22
Şekil 3. Jeoloji Haritası (A Sektörü).....	23
Şekil 4. Jeoloji Haritası (B Sektörü).....	24
Şekil 5. Örnekleme noktaları ve santral'e olan uzaklıkları	30
Şekil 6. Örnekleme noktalarının uydu görüntüsü.....	31
Şekil 7. Örnekleme noktalarının pH değişim katmanları.....	37
Şekil 8. Örnekleme noktalarının EC değişim katmanları.....	39
Şekil 9. Örnekleme noktalarının kireç değişim katmanları.....	41
Şekil 10. Örnekleme noktalarının organik madde değişim katmanları.....	43
Şekil 11. Örnekleme noktalarının pH, EC, kireç ve organik madde dağılımları.....	44
Şekil 12. Örnekleme noktalarının Toplam Fe birikim katmanları.....	53
Şekil 13. Örnekleme noktalarının Toplam Cu birikim katmanları.....	55
Şekil 14. Örnekleme noktalarının Toplam Zn birikim katmanları.....	58
Şekil 15. Örnekleme noktalarının Toplam Mn birikim katmanları.....	61
Şekil 16. Örnekleme noktalarının Toplam Fe, Cu, Zn ve Mn dağılımları.....	62
Şekil 17. Örnekleme noktalarının Toplam Pb birikim katmanları.....	65
Şekil 18. Örnekleme noktalarının Toplam Ni birikim katmanları.....	68
Şekil 19. Örnekleme noktalarının Toplam Cd birikim katmanları.....	71
Şekil 20. Örnekleme noktalarının Toplam S birikim katmanları.....	75
Şekil 21. Örnekleme noktalarının Toplam Pb, Ni, Cd ve S dağılımları.....	76
Şekil 22. Örnekleme noktalarının ekstrakte edilebilir Fe birikim katmanları.....	80
Şekil 23. Örnekleme noktalarının ekstrakte edilebilir Cu birikim katmanları.....	82
Şekil 24. Örnekleme noktalarının ekstrakte edilebilir Zn birikim katmanları.....	85
Şekil 25. Örnekleme noktalarının ekstrakte edilebilir Mn birikim katmanları.....	88
Şekil 26. Örnekleme noktalarının ekstrakte edilebilir Fe, Cu, Zn ve Mn dağılımları.....	89
Şekil 27. Örnekleme noktalarının ekstrakte edilebilir Pb birikim katmanları.....	91
Şekil 28. Örnekleme noktalarının ekstrakte edilebilir Ni birikim katmanları.....	93

Şekil 29. Örnekleme noktalarının ekstrakte edilebilir Cd birikim katmanları.....	96
Şekil 30. Örnekleme noktalarının alınabilir S birikim katmanları.....	98
Şekil 31. Örnekleme noktalarının ekstrakte edilebilir Pb, Ni, Cd ve alınabilir S dağılımları.....	99
Şekil 32. Çayırhan termik santralı kül nakil bant hattı.....	110
Şekil 33. Kül tepeleri.....	112
Şekil 34. Kül nakil bant hattı ve birikim alanları.....	112
Şekil 35. Uçucu küllerin değerlendirilmesi amacıyla yapılan ağaçlandırma çalışmaları...	113
Şekil 36. Uçucu küllerin değerlendirilmesi amacıyla yapılan ağaçlandırma çalışmaları...	114
Şekil 37. Termik santral ve Çayırhan ilçesi yerleşim yerleri.....	116
Şekil 38. Santral emisyonlarının tarım topraklarına yayılımı.....	117

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 1. Türkiye’de mevcut termik santraller.....	4
Çizelge 2. Topraktaki Ağır Metal Sınır Değerleri (Toprak Kirliliği Kontrol Yönetmeliği).....	11
Çizelge 3. Katı yakıtlı termik santrallerin emisyon sınır değerleri (HKKY; 1986).....	11
Çizelge 4. Beypazarı bölgesine ait 2000-2004 yıllarına ait ortalama buharlaşma, nem, sıcaklık, aylara göre toplam yağış ve hakim rüzgar yönleri.....	26
Çizelge 5. Örnek alma yerleri.....	29
Çizelge 6. Araştırma topraklarının tekstür özellikleri.....	34
Çizelge 7. Toprakların bazı kimyasal özellikleri.....	36
Çizelge 8. Toprakların değişebilir katyon kapsamaları.....	46
Çizelge 9. Araştırma topraklarının toplam iz element, ağır metal ve kükürt miktarları (mg kg ⁻¹).....	51
Çizelge 10. Araştırma topraklarının ekstrakte edilebilir iz element, ağır metal ve alınabilir kükürt miktarları (mg kg ⁻¹).....	78
Çizelge 11. Araştırma topraklarının asit fosfataz, alkali fosfataz ve β- glukosidaz (mg pNP g ⁻¹ toprak) ve üreaz (mg NH ₄ /kg/2saat) enzim aktivite kapsamaları.....	101
Çizelge 12. Kömüre ait analizler.....	107
Çizelge 13. Kül örneklerine ait analiz sonuçları.....	108

ÇAYIRHAN TERMİK SANTRALI EMİSYONLARININ ETKİSİNDE KALAN TOPRAKLARIN KİRLİLİK VERİ TABANININ OLUŞTURULMASI VE TOPRAK ÖZELLİKLERİ İLE ETKİLEŞİMLERİNİN ARAŞTIRILMASI

ÖZET

Bu araştırmada Çayırhan Termik Santrali baca gazı emisyonlarının çevre topraklarının fiziksel, kimyasal ve biyolojik özellikleri üzerine yapmış olduğu etkiler araştırılmıştır. Bu amaçla emisyonların hakim rüzgar yönünde hareket edeceği göz önüne alınarak güney doğu yönünde bulunan tarım alanlarından 20 adet, kuzey doğu yönünden santral merkez kabul edilmek üzere Beypazarı ilçesine doğru 7 adet ve hakim rüzgar yönünün tersi istikameti olan kuzey batı yönünden de 3 adet toprak örneği 0-20 cm derinlikten alınmıştır. Toprak örneklerinin fiziksel ve kimyasal özelliklerinin yanı sıra toplam ve alınabilir S, Fe, Cu, Zn, Mn, Pb, Cd ve Ni kapsamları ile üreaz, asit ve alkali fosfataz, β -glukozidaz, β -galaktozidaz ve aryl-sülfataz enzim aktiviteleri belirlenmiştir.

Kuzey doğu yönü topraklarının pH değerleri diğer yönlerin pH değerlerinden daha düşük olup, pH ile toplam ve ekstrakte edilebilir kükürt ile Cd ve Pb kapsamları arasında $P<0.001$ düzeyinde önemli negatif ilişki belirlenmiştir.

Her üç yönden alınan toprakların toplam ve alınabilir Pb, Ni, Cu ve Mn kapsamları Toprak Kirliliği Kontrol Yönetmeliği sınır değerlerinin altında bulunmuştur ve henüz yukarıda belirtilen metallerin kirliliğinden söz etmek mümkün değildir. Buna karşın, hakim rüzgar yönünden alınan toprakların toplam ve alınabilir Cd değerleri hakim rüzgar yönü tersinden alınan topraklara nazaran oldukça yüksek ve Toprak Kirliliği Kontrol Yönetmeliği sınır değerlerinin üzerinde bulunmuştur. Benzer şekilde, kuzey doğu yönü topraklarının hepsinde ve güney doğu yönü topraklarının büyük çoğunluğunda S (toplam ve alınabilir) kirlenmesi ve hakim rüzgar yönü tersi olan kuzey batı yönünden alınan toprak örneklerinde de olası S kirlenmesi belirlenmiştir.

Termik santral çevresindeki tarım topraklarında β -glukozidaz, β -galaktozidaz, üreaz, ve asit fosfataz ile aryl-sülfataz enzim aktiviteleri açısından olumsuz bir etkilenme olmamış ve her üç yönden alınan toprakların C, N, P ve S döngüsü enzim aktiviteleri ile S ve ağır metal kapsamları arasında istatistiksel olarak önemli bir korelasyon belirlenmiştir. Sadece hakim rüzgar yönü topraklarının alkali fosfataz aktivitesi ile Cd ve S kapsamları arasında $P>0.001$ düzeyinde önemli negaif ilişki belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Çayırhan, termik santral, emisyon, uçucu kül, toprak, ağır metal, enzim aktivitesi

GENERATING POLLUTION DATABASE OF THE SOILS AFFECTED BY THE CAYIRHAN COAL-FIRED POWER PLANT EMISSIONS AND INVESTIGATING INTERACTIONS OF SOIL PROPERTIES WITH POLLUTANTS

ABSTRACT

In this research, the effects of the emissions released by the Cayirhan Coal-Fired Power Plant on the physical, chemical and biological properties of nearby soils were investigated. For this aim, taking into consideration that emissions would be transported in the prevailing wind direction, 20 soil samples from southwest fields, 7 samples from northwest fields in Beypazari township, 3 samples from northeast soils the position of which is in reverse direction to prevailing winds were taken at the depth of 0-20 cm.

Besides physical and chemical properties, total and extractable S, Fe, Cu, Zn, Mn, Pb, Cd and Ni contents and urease, acid and alkaline phosphatase, β -glucosidase, β -galactosidase and aryl-sulphatase enzyme activities of the soil samples were also determined.

pH values of the northwest soils were found to be lower than that of other soils and a significant negative correlation ($P < 0.001$) was determined between total and extractable S, Cd and Pb contents.

Total and extractable Pb, Ni, Cu and Mn contents of the soils of the three directions were found to be below the limits set out by the Soil Pollution Control Regulation. Therefore, metal contamination in these soils is out of question. Whereas, total and extractable Cd of the soils in the prevailing wind direction were observed to be considerably high in comparison with those in opposite wind direction, and to be above the limits of the regulation.

Similarly, total and available S contamination was determined to be in the northwest and the majority of the southwest soils and the northeast soils of opposite direction to prevailing winds.

Agricultural soils in the vicinity of the power plant showed no sign of being affected with regard to enzyme activities and statistically significant correlation was established between C, N, P, S cycle-enzyme activity and S and heavy metal contents of the soils of the three directions. A significant negative correlation was found between alkaline phosphatase activity and Cd and S contents of the soils of prevailing wind direction.

Key words: Cayirhan, coal-fired power plant, emission, fly ash, soil, heavy metal, enzyme activity

1. AMAÇ VE KAPSAM

Termik santraller kömür, fuel-oil, motorin, doğal gaz ve jeotermal enerji kaynaklarının kullanılmasıyla elektrik enerjisinin üretildiği tesislerdir. Termik santraller; çabuk yapılabilirliği, ucuza mal edilmesi, düşük kaliteli kömürlerin değerlendirilmesi gibi getirdiği avantajlar nedeniyle elektrik üretiminde tercih nedenidir. Kömüre dayalı bir termik santraldeki ana işlem, kömürdeki kimyasal enerjinin elektrik enerjisine dönüştürülmesidir. Bu dönüşüm, büyük miktardaki kömürün kazan adı verilen yanma odalarında yakılması ile elde edilen ısıyla bir dizi arıtma işlemleri ile saflaştırılan suyun buharlaştırılması ve bu buharın türbin-jenaratör ikilisinde elektrik enerjisi üretiminde kullanılmasıyla sağlanmaktadır.

Ülkemizdeki termik santrallerin kurulu gücü yaklaşık 11.220 MW olup, bunlardaki ana yakıt linyittir. Kömür dışında ham enerji kaynağı kullanan termik santrallerin sayısı 24 olup dağılımı: Fuel-oil: 2 adet, Motorin: 14 adet, Doğalgaz: 4 adet, Jeotermal: 1 adet, Atık ısı: 3 adet.

Buna göre, kömüre dayalı termik santrallerin kurulu güç kapasitesinden çok daha düşük verimle çalıştığı görülmektedir. Yeni termik santral kurma çabalarından önce ve öncelikle mevcut kapasitesinin kullanılabilirliğini artırmak gerekmektedir (Köse 1997). Türkiye'deki Termik Santrallerin Adları, Kurulu Güçleri, Kullandıkları Yakıt Cinsleri ve diğer bilgiler Çizelge 1'de verilmiştir.

Genelde enerji talebinin karşılanmasında kullanılacak yöntemler arasında, hidroelektrik enerji santralleri ile kömür, fuel-oil veya doğalgaz ile çalışan termik santraller ön sıralarda yer almaktadır. İnsanların ihtiyaçlarını karşılamasında ve gelişmenin sağlıklı olarak sürdürülmesinde gerekli olan enerji, özellikle sanayi, konut, ulaştırma gibi sektörlerde kullanılmaktadır. Ancak enerji, vazgeçilmez yararlarının yanında üretim, çevrim, taşınım ve tüketim esnasında çok büyük çevre kirliliğine de yol açmaktadır.

İnsanoğlunun fosil enerji kaynaklarını kullanmaya başlaması ile birlikte çevre kirliliği süreci de hızlanmıştır. Bu süreç içinde hatalı şekilde yapılan çevre yönetimi, çevresel etkileri dikkate almayan teknoloji seçimleri ile biyosferde oldukça önemli kirlenmeler oluşturmuştur. Fosil yakıtı dayalı bir termik santralin çevreye vereceği zararın en aza indirilebilmesi için öncelikle yer seçimi aşamasında ekolojik faktörler dikkate alınmalı ve Çevresel Etki Değerlendirme (ÇED) çalışması yapılmalıdır. Önceki yıllarda, yerel meteorolojik koşullar ve santralin tasarım parametreleri göz önüne alınarak yöredeki hava kalitesi değerlerinin belirlenen standart değerlerin altında kalmasını sağlayacak yükseklikte baca inşa edilerek önlenmeye çalışılan çevresel etkiler; son yıllarda sınır ötesi taşınım ve asit yağmurları nedeniyle, kaynakta kirlenici gazların tutulması yolu ile önlenilmeye çalışılmaktadır.

Çizelge 1. Türkiye’de mevcut termik santraller

Sıra No	Santralin Adı	Yakıt Cinsi	Bulunduğu İl	Toplam Kurulu Güç (MW)	Proje Üretimi (GWh)	Ortalama Termik Verimi (%)	Elektro filtre	BGD Tes.	Son Durum
1	Afşin Elbistan A	Linyit	K. Maraş	1360	8840	30.06	Var	Yok	İşletmede
2	Aliğa GT+TÇ	Motorin	İzmir	180	540	33.78	...	Yok	İşletmede
3	Ambarlı	Fuel Oil	İstanbul	630	4100	37.25	...	Yok	İşletmede
4	Ambarlı KÇ*	Doğal gaz	İstanbul	1350.9	8780	48.57	...	Yok	İşletmede
5	Bursa	Doğalgaz	Bursa	1432	10024	54.40	...	Yok	İşletmede
6	Çatalağzı B	Taşkömürü	Zonguldak	300	1950	33.57	Var	Yok	İşletmede
7	Çayırhan 2	Linyit	Ankara	320	2080	34.54	Var	Var	İşletmede
8	Denizli	Tabii Buhar	Denizli	17.5	105	11.57	...	Yok	İşletmede
9	Esenyurt I-IV	Doğalgaz	İstanbul	188.5	1413.8	45.00	...	....	İşletmede
10	Enron (Trakya Elek)	Doğalgaz	Tekirdağ	498.7	3740.3	47.00	...	...	İşletmede
11	Engil GT	Motorin	Van	15	90	21.27	...	Yok	İşletmede
12	Hakkari	Fuel-Oil	Hakkari	11.1	83.3	35.03	...	...	İşletmede
13	Hamitabat KÇ	Doğalgaz	Kırklareli	1200	7800	45.81	...	Yok	İşletmede
14	Hopa	Fuel-Oil	Artvin	50	200	26.27	...	Yok	İşletmede
15	Kangal 1, 2, 3**	Linyit	Sivas	457	2970.5	29.76	Var	Var	İşletmede
16	Kemerköy 1, 2, 3	Linyit	Muğla	630	409.5	33.21	Var	İnşa Aşaması	İşletmede
17	Orhaneli	Linyit	Bursa	210	1365	36.18	Var	Var	İşletmede
18	Ovaelektrik	Doğalgaz	Kocaeli	258.4	1938	44.00	...	...	İşletmede
19	Parktermik	Linyit	Ankara	300	1072.9	34.71	Var	Var	İşletmede
20	PS3-Silopi	Fuel-Oil	Urfa	44.1	330.8	37.36	...	...	İşletmede
21	PS3 A-İdil	Fuel-Oil	Mardin	11.4	85.5	35.19	...	...	İşletmede
22	Seyitömer	Linyit	Kütahya	600	3900	32.97	Var	Yok	İşletmede
23	Soma A	Linyit	Manisa	44	290	30.31	Var	Yok	İşletmede
24	Soma B	Linyit	Manisa	990	6435	32.45	Var	Yok	İşletmede
25	Tunçbilek A+B	Linyit	Kütahya	429	2790	31.45	Var	Yok	İşletmede
26	Unimar	Doğalgaz	Tekirdağ	504	3780	37.00	...	...	İşletmede
27	Van	Fuel-Oil	Van	24	180	39.33	...	Yok	İşletmede
28	Yatağan	Linyit	Muğla	630	4100	32.67	Var	İnşaa aşaması	İşletmede
29	Yeniköy	Linyit	Muğla	420	2730	34.82	Var	İnşa Aşaması	İşletmede

* Santral fuel oil ile de çalışacak şekilde dizayn ve tesis edilmiştir.

** Bacagazi tesisi 1. ve 2. ünitelerde yoktur, yalnızca 3. ünite bulunmaktadır. (Çevre ve Orman Bakanlığı, Türkiye Çevre Atlası).

Kömür yakıtlı termik santrallerin Türkiye’de ağırlıklı bir elektrik enerjisi üretim biçimi olarak seçilmesinin başlıca nedeni, kömürün fuel-oil veya doğalgaz gibi ülkemizde pahalı ya da kıt olan yakıtlara göre daha ucuz olarak kabul edilmesidir. Ancak, bir enerji cinsinin “Fizibilite Raporu” hazırlanırken, çevreye verebilecek zararların ve bu zararların en aza indirilebilmesi için gerekli önlemlerin maliyetleri de dikkate alınmalıdır. Çünkü, linyit kullanan termik santrallerin bacalarından atmosfere atılan başta SO_x, NO_x ve CO₂ gazları farklı tozlar ve ayrıca üretmiş oldukları çok büyük miktarlara ulaşan küllerle, çevreyi yoğun olarak kirlettiği bilinmektedir. Bu nedenle ve özellikle düşük kaliteli linyit kullanan termik santrallerde, kömürün yanma prosesleri, atıkları ve emisyon kontrolü metotlarına ait bazı bilgilerin incelenmesinde fayda vardır.

Ülkemizde kurulu termik santrallerin büyük bir çoğunluğunda, yakıt olarak linyit kullanılmaktadır. Toplam elektrik üretiminde linyitin payı % 45, linyit kullanımında termik santrallerin payı % 60’dır. Bir başka deyişle linyitlerimizin büyük bir kısmı termik santrallerde tüketilmektedir. Mevcut santrallerimizde ortalama 2000 Kcal/kg düşük ısı değerli kömürler kullanılmaktadır.

Termik santrallerde elektrik üretmek amacıyla, öğütülmüş kömür kullanılmakta ve yakma sistemine bağlı olarak değişik atık malzemeler elde edilmektedir. Modern termik santrallerde en önemli atık malzeme, yanmadan dolayı baca tarafından çekilen gazlarla birlikte yukarıya sürüklenen çok ince kül parçacıklarıdır. Santrallerde yakılan kömürden arta kalan milyonlarca kül, cüruf ve partiküller birkaç yüz metre yükseklikte ve binlerce hektar genişlikte başka bir arazi üzerine depo edilerek, ormanları maki alanlarını, tarım kültürlerini ve yerleşim alanlarını yoğun kül emisyonu altında bırakmaktadır (Pacyna, 1987).

Baca gazıyla yayılan külün yüzeyi As, Cd, Cu gibi metallerle yoğunlaşır ve hava akımlarıyla uzak mesafelere taşınırlar. Araştırmalar, santralden 30 km uzaklıkta, büyük partüküllerdeki As, Cd ve Pb konsantrasyonunun atmosferdeki normal seviyesine indiğini göstermektedir (Rosensthein, 1970).

Fosil yakıtlar içerisinde kömür, taşımadan depolanmaya, beslemeden debi ölçmeye, tüm kullanım kolaylığı ölçütlerine göre, sorunlu bir yakıttır. Kömür yakıtların içerdiği safsızlıklar; nem, mineral madde, inorganik kükürt, organik kükürt parametrelerine göre belirlenir. Kömürün bir özelliği olan nem; yatak nemidir. Kömürün yatak neminin üstünde olan nem, yüzey nemi olarak adlandırılır. Parça kömürler için çok az olan yüzey nemi, özellikle yıkama işleminden geçmiş toz kömürlerde yüksek düzeydedir. Yüzey nemi, ısı kurutmayla değil, sarsak elek, santrifüj vb. donanımla mekanik olarak kömürden ayrılır. Kömürün inorganik

madde içeriği, yanma öncesinde “mineral madde”, yanma sonrasında da “kül” olarak adlandırılır. Kömürün içerisindeki mineral madde kömür damarı içerisinde dağılmış olabilir, ya da üretim sırasında damarın tabanından ve tavanından kömüre karışan, kil ya da kil taşında zengin karbonlu parçacıklardan oluşabilir. Kömürde mineral madde olarak, kil mineralleri, karbonatlar, sülfidler, oksitler, klorürler, sülfatlar bulunmaktadır. Mineral maddede özgün olarak sülfat bileşiklerinin bulunması, ayrıca yanma sonucu oluşan kükürt dioksitin bir bölümünün külde sülfatlar oluşturması nedeniyle, kömür külünün kükürt içeriği SO_2 eşdeğeri olarak gösterilir. Kirletici özellikleri nedeniyle kömürde klor ve genellikle eser element düzeyinde olsalar da, arsenik, berilyum, civa, kadmiyum vb. rastlanmaktadır. Kömürde kükürt, organik olarak saf kömürün yapısının bir parçası olabildiği gibi kömürün mineral maddesinde de bulunur. Mineral madde içerisinde kükürt çoğunlukla pirit biçiminde ve az miktarlarda da sülfat kükürdü olarak vardır.

Kömürle çalışan termik santrallerde temel prensip, kömürün yakılarak kimyasal enerjisinin elektrik enerjisine dönüştürülmesidir. Yanma işleminde kömürün kompozisyonu, fiziki yapısı, muhtelif sıcaklık ve nem şartları çok önemlidir. Bilindiği gibi yanan kömürün 1 kg'ı için 17 kg havaya ihtiyaç vardır. Yanma işlemi ısıyla uyarılan bir işlem olup yakıt alev alma sıcaklığına gelinceye kadar yanma olmaz. Sistemde buhar jeneratörü olarak kazan kullanılmaktadır. Türbini döndürüp, elektrik enerjisi elde etmek için, yüksek basınçta buhara ihtiyaç vardır. Kazan içindeki su yakıtlarla ısıtılarak buharlaştırılır. Buhar kazandan dışarıya gittiği için buharlaşan suyun yerine ilave su verilmesi gerekir. Bu görevi yapan kazan besleme pompası, kazanın içindeki basıncı yenebilecek kadar yüksek basınçta çalışır. Kazan çalışırken içerisinde yeterli suyun bulunması gerekir, aksi takdirde metal yüzeyler kızıl sıcaklığa erişip yumuşar ve tahrip olur. Kazan buhar tankındaki su miktarına göre su debisini kontrol eden besleme suyu regülatörleri bulunmaktadır. Kazandan gelen yüksek basınçlı buharın bir kısmı sabit, bir kısmı dönebilen yüzlerce kanadı olan türbine gelir. Bu kanatlar buharın sırasıyla birbirini takip eden muhtelif saflardan geçmesini sağlar. Buhardan türbin rotoruna aktarılan enerji, jeneratör rotorunu çevirerek elektrik enerjisi elde edilir. Kazanda ısıtılıp buharlaştırılan suyun tamamı kondanser de yoğunlaştırılarak kazana geri pompalanır.

Ülkemizin hidroelektrik güç ile birlikte en önemli öz enerji kaynağı linyitlerdir. Türk linyitleri yüksek nem, kükürt ve kül içerikli olup, düşük ısı değerlidirler ve büyük miktarda çevre kirliliğine neden olurlar. Genellikle linyitler taş kömürlerine göre iz elementler açısından az kirletici olmakla beraber, her iki kömürün ısı değeri arasındaki fark nedeniyle aynı miktarda enerji elde etmek için, taş kömürünün en az iki katı kadar linyit kullanılması gerekmekte ve

böylece As, Cd, Pb, Zn ve diğer uçucu iz elementlerin havaya verilen miktarları da çok artmaktadır (Pacyna ve Nriagu, 1988).

Kömüre dayalı termik santrallerin çevreyi olumsuz yönde etkileyen asgari 13 faktör tespit edilmiş olup bunlar; baca gazları, kül stok sahasındaki küller, kül barajları, kül siloları, kül nakil bant hattı, hidrolik kül atma sistemi, santral sahası, dekapaj sahası, açık kömür işletme sahaları, kömür nakil yolları, kirli atık sular ve termal etkidir (Karaca 1997).

Baca gazları, kömürle çalışan termik santrallerin, çevreyi en geniş ve şiddetli etkileyen olumsuz faktörüdür. Kömür yakıtlı termik santral bacalarından atmosfere atılan başlıca kirleticiler; karbonmonoksit (CO), karbondioksit (CO₂), kükürt oksitler (SO_x), azot oksitler (NO_x), hidrokarbon bileşikleri, ağır metaller ve partiküllerdir. Bunların yanı sıra fosil yakıt içinde bulunan radon ve uranyum gibi radyoaktif maddeler de az miktarda da olsa bulunur.

Tüm fosil yakıtların yanması ile CO₂ oluşur, fakat enerji içeriği bazında, kömürün yanması fuel-oil'e göre % 25, doğal gaza oranla ise % 50 daha fazla CO₂ çıkmasına neden olmaktadır. CO₂ kontrolü ve önlenmesine yönelik teknolojiler ise pahalıdır.

Baca gazındaki SO_x bileşikleri, kömür kükürtünün yanma sırasında oksitlenmesi neticesinde açığa çıkar. Kömürün yanması esnasında kömür kükürtü yanma sırasında oksitlenerek SO₂ açığa çıkar. Fosil yakıtların yakılmasından ortaya çıkan SO₂'nin miktarı, kömür ve petroldeki kükürt oranına bağlıdır. Tahripkar olan SO₂ 'den ziyade bunun oksitlenmesinden ortaya çıkan SO₃'tür. SO₂ temiz kuru havada kolay bir şekilde yükseltgenemez. Toz halinde metaloksit taneciklerinin varlığında SO₂ 'nin O₂ ile SO₃'e yükseltgenmesi çok hızlıdır. Türkiye'de linyit kullanılan termik santrallerden çıkan SO₂ miktarı ise 318.820 t/yıl'dır (Özkul ve Koral 1993). Kömür içerisinde kükürt, sülfat, organik ve prit olmak üzere 3 grupta toplanmaktadır. Organik S kömürün bünyesine bağlı olabildiği gibi kömür içerisindeki mineral madde içerisinde de bulunabilir. Mineral madde içerisindeki s çoğunlukla prit türünde ve az olarak da sülfat kükürdü olarak bulunur. Linyitlerin içerdiği S miktarı, çevre kirliliğinde özellikle hava kirliliğinde önemli bir yer tutmaktadır. S yanabilen bir madde olduğundan kömürün ısıl değerini azaltıcı bir etki yapmaz, ancak yanma sonucunda oluşan kükürtlü bileşikler çevre ve insan sağlığı açısından zehirleyici olan bileşenlerden bazılarını oluşturur. Kükürtlü bileşikler insan sağlığına olduğu kadar bitki ve hayvan topluluklarına da zarar vermektedir. Kükürt oksitleri nemli ortamlarda yapraklarda asit halinde toplanıp, bitkinin köklerine inerek azotu indiren bakterilerin ölmesine yol açar ve toprağın asitliğini artırır (Gürkan 1992).

SO₂ ve NO_x gazları asit yağmurlarının oluşumundan birinci derecede sorumludurlar. Bacalardan atılan kükürt ve azot oksitler, hakim rüzgarlarla ortalama 2 - 7 gün içerisinde atmosfere taşınırlar. Bu zaman süresi içinde bu kirleticiler, atmosferdeki su partikülleri ve

diğer bileşenlerle tepkimeye girerek sülfürik asit ve nitrik asiti oluştururlar. Bunlar da yeryüzüne yağmur ve kar ile ulaşır. Böylece baca gazları ikinci kez ve daha geniş bir bölgeye etki etmiş olurlar. Bölgenin arazi yapısı ve hava koşullarına bağlı olarak, etki yüzlerce kilometreye kadar yayılabilmektedir. Asit yağmuru denilen bu olgu yalnızca canlılar için değil, taş yapıtlar ve eski sanat eserleri için de önemli bir tehlike oluşturmaktadırlar.

Asit yağmurları, yaprakların stomalarına girerek yaprağın su dengesini sağlayan stoplazmanın asitleşmesine neden olurlar. Bunun sonucunda sıvı kaybeden yaprak, kısa sürede ölür. Bu şekilde ağacın hastalıklara dayanıklılığı azaldığından zararlı böceklerin istilasına uğrar ve ölümü hızlanır. Ayrıca giderek zayıflayan ve yaprak kaybeden ağacın tepe çatıları seyrekleşerek rüzgar perdesi görevini yapamaz ve ağaç rüzgardan devrilebilir. Asit yağmurunun toprağa düşmesi sonucu toprağın asiditesi artar ve bu kuvvetli asidik çözeltiler topraktaki Ca^{++} , Mg^{+} , K^{+} gibi minerallerin kaybına neden olur. Bu mineraller ağaçların büyümesi ve kendilerini yenilemeleri için yaşamsal öneme sahiptirler. Toprakta PH %5' in altına düşerse toprak sıvısı içinde alüminyum ve ağır metallerin konsantrasyonu artar. Kurak mevsimlerde topraktaki nemin azalması sonucu bu maddeler iyice yoğunlaşır ve bitki kökleri için öldürücü etki gösterirler. Ayrıca kloroplastlarda biriken SO_2 yaprağın fotosentez yapmasını engeller ve bu yolla da ağaca zarar verir. Tüm bunların sonucunda ağaçların yeşil sürgünleri gelişmeyip kurumakta, yaprakları dökülmekte, çiçek ve meyve vermemektedir.

Asit yağmurları ve diğer zararlı gaz ve küllerin verdiği ekonomik zararları şöyle sıralayabiliriz:

1. Ağaçların henüz olgunlaşmadan kesilmesinden doğan zarar.
2. Arazi gelirlerinden yoksun kalmaktan doğan zarar: Bu zarar orman ölümü ile üretimden uzaklaşan arazinin zarar süresince sağlayabileceği gelirden oluşur.
3. Toprak koruma önlemlerinden doğan zarar: Orman rejimi içine giren ve fakat çeşitli nedenlerle aşınmaya uğrayan toprakların korunması ve özelliklerinin iyileştirilmesi için yapılan harcamalardır.
4. Ek ağaçlandırma giderlerinden doğan zarar: Zarara uğrayan alanda gaz etkisinin geçmesi ile yeniden ormancılık üretimine geçilmesi için gerekli olan ağaçlandırma giderleridir.
5. Ormanların azalması ve toprağın çoraklaşması sonucu oluşan erozyon büyük miktarlarda toprak kaybına neden olur.
6. İnsan sağlığı açısından doğan zararlar: Ormanlar hava kirliliği için bazen doktor bazen de hasta durumundadırlar. Olgun iri yapraklı 100 yaşındaki bir kayın ağacı saatte yaklaşık olarak 1.7 kg O_2 üretmekte, 2.35 kg CO_2 tüketmektedir. Ayrıca aynı kayın ağacı yılda 1 ton tozu süzmekte, baca gazları, bakteri ve virüsleri bağlamaktadır. Bu nedenle orman havası havadaki

partiküllerin, özellikle solunumla akciğere giden tozların sayısı bakımından kent havasına göre %90 - 99 oranında daha temizdir. Bu durumda termik santrallerin etkileriyle ortaya çıkan orman ölümlerinin insan sağlığını ne derece olumsuz etkilediğini tahmin etmek pek zor değildir.

7. Bacadan atılan gazların etkisiyle evcil hayvanların verimi azalır, kara ve sulardaki yaban hayvanlarının sayısında azalma olur.

Fosil yakıtların ağır metal içerikleri de, diğer kirleticilerde olduğu gibi yakıtın cinsine ve kaynağına göre değişmektedir. Yakıttaki elementin konsantrasyonu, kazan tipi baca gazı emisyonu kontrol aygıtının yapısı, termik santralden atmosfere verilen ağır metal emisyon miktarlarını belirler. Ağır metallerin toprağa bulaşması genellikle direkt uygulama, emisyonların doğrudan depolanması veya organik materyallerin ilavesiyle olmaktadır. Gübrelerden, atık çamur kullanımından veya kentsel ve endüstriyel atık bileşenlerinden dolayı pek çok iz element ve ağır metal toprağa ilave olmaktadır (Hemida ve ark. 1997). Ağır metaller içerisinde en toksik özelliğe sahip olan kadmiyum, doğal çevrede nadir olarak saf halde bulunan bir elementtir. Ağır metallerin çeşitli biyolojik olaylar üzerine yaptığı engelleyici etki, metal türü ve biyolojik parametreye göre farklılık göstermektedir. Cd bütün biyolojik aktiviteler için en etkili inhibitör özelliğindedir, Pb'un çeşitli biyolojik olaylara etkisi olmamaktadır (Karaca ve ark.1996).

Ağır Metal, yoğunluğu 5 g/cm³ 'ten büyük olan veya atom ağırlığı 50 ve daha büyük olan elementlere denir. Fe, Cu, Zn, Mn, Mo, V ve Co bitki ve hayvanlar için gerekli elementlerdir ve mikrobese elementleri veya iz elementler denilir. Ağır metaller 3 grup altında toplanabilir:

1. Bitki gelişimi için mutlak gerekli olanlar: (Fe, Cu, Zn, Mn ve Mo)
2. Bitki gelişimini teşvik edici olanlar: (V, Co, ve Ni)
3. Bitkiye direkt toksik etki yapanlar: (As, Pb, Cd, Cr ve Hg)

Doğada bulunan pek çok organik ksenobiotik maddenin orijini antropojeniktir. Ağır metaller antropojenik kaynaklardan olduğu kadar doğal yollardan da sisteme girebilirler.

Herhangi bir kirlenmeye maruz kalmamış topraktaki ağır metallerin, doğal kaynaklı olan miktarları bitkiler tarafından alınmamakta ve topraktaki biyolojik süreçler üzerine olumsuz etkileri olmamaktadır.

Ağır metallerin bulunduğu formlar:

1. Toprak çözeltisinde
2. Toprak taneciklerinin elektriksel yüklerine bağlı olarak değişebilir.
3. Organik materyallerle bileşik oluşturmuş şekilde

4. Çökelti halinde

5. Minerallerin kristal kafes yapısında

Ağır metal bulaşma kaynakları(Antropojenik):

1. Maden eritme ve işleme tesislerinin katı atıkları
2. Maden yada maden işletme tesisinin yakınındaki bir su gövdesine çevrilen sıvı atıklar
3. Fabrika veya termik santrallerin bacasından çıkan uçucu küller
4. Atık su arıtma çamurları
5. Otoyollarda araçlardan salınan benzin, balata ve lastik kökenli atıklar
6. Tarım ilaçları ve ticari gübreler (fosforlu)
7. Pil vb endüstri ürünlerinin gelişigüzel atılması.

Toprakta ağır metal hareketi ve alımına toprak pH'sı, toprak organik maddesinin kalite ve miktarı, kil mineralleri tipi ve kapsamı, KDK ve diğer toprak bileşenleri etki etmektedirler.

Toprak pH'sı ağır metallerin mikroorganizma üzerine olan toksisitesini,

- a. Bu organizmaların fizyolojik durumları ve biyokimyasal aktivitelerini,
- b. Ağır metallerin hareketliliğini ve hücre yüzeyine bağlanma durumlarını değiştirmek suretiyle etkilemektedirler.

Organik maddenin cinsi ve miktarı ağır metallerin mikroorganizma üzerine toksik etkisini önemli oranda etkilemektedir. Organik maddenin bünyesindeki organik moleküller ve bu metaller arasında kompleksler oluşturarak, metallerin toksisitesini azaltabilen organik maddenin zamanla mineralizasyona uğraması ile toprağın ağır metal içeriği artmakta ve bunun sonucunda topraktaki metabolik faaliyetler engellenmektedir.

Chaney ve ark. (1999), topraktaki ağır metallerin bitki tarafından alınabilirliğini; bitki türü yanında toprak pH'sı, kil durumu, organik madde, KDK, kireç, sülfat, klor gibi toprak faktörlerinin belirlediğini, bitkiler tarafından metallerin aşırı alımları sonucunda ise fitotoksik belirtilerin görülebileceğini, ürün kalite ve miktarı ile süs bitkilerinin görsel değerinin düşebileceğini belirtmişlerdir.

Kargı (1995), organizmaların büyümesi için bazı iz elementlere de ihtiyaçları olduğunu bunlardan; Fe, Zn ve Mn'in kofaktör olarak metabolizma düzenleyici olarak, Cu, Co, Mo, Na, Cl, Ca, Ni ve Se'un ise bazı özel durumlarda kullanıldığını belirtmektedir. Örneğin Cu elektron aktarım zinciri elemanlarında görev almakta, Ni metanojenlerce kullanılmakta, Co ise B₁₂ vitamini yapısına girmektedir .

Jackson ve Alloway 1995, kadmiyum ile çinkonun kimyasal özellikler yönünden benzer olduğunu, her iki elementin de aynı kimyasal grupta olduğunu (II b) ve kadmiyumun mutlak gerekli olmamasına rağmen çinko gibi bitki bünyesine geçebildiğini açıklamışlardır.

Araştırmacılar çinko noksanlığında bitki Cd absorpsiyonunda artışlar olduğunu ve bitkinin yenen kısımlarında yüksek dozlarda birikerek besin zincirine Cd girişinin arttığını belirtmişlerdir.

Çevre Bakanlığı Toprak Kirliliği Kontrol Yönetmeliği topraklar için ağır metal sınır değerleri Çizelge 2’de verilmiştir.

Çizelge 2. Topraktaki Ağır Metal Sınır Değerleri (Toprak Kirliliği Kontrol Yönetmeliği)

	pH < 6	pH>6
Ağır Metal	mg/kg Fırın Kuru Toprak	mg/kg Fırın Kuru Toprak
Kurşun	50 **	300 **
Kadmiyum	1 **	3 **
Bakır *	50 **	140 **
Nikel *	30 **	75 **
Çinko *	150 **	300 **

* pH değeri 7’den büyük ise Bakanlık sınır değerleri %50’ye kadar artırabilir.

** Yem bitkileri yetiştirilen alanlarda çevre ve insan sağlığına zararlı olmadığı bilimsel çalışmalarla kanıtlandığı durumlarda, bu sınır değerlerin aşılmasına izin verilebilir.

Partiküller çoğunlukla kömür yakıtlı santrallerden kaynaklanmaktadır ve kontrol edilmedikleri takdirde sıvı ya da gaz yakıtlı santrallere oranla çok fazladırlar. Elektrostatik çöktürücüler ve torbalı filtreler % 99’dan fazla kontrol randımanı sağlamaktadır.

Bugün ülkemizde işletmede bulunan termik santrallerin baca gazlarındaki kirletici emisyonlar 1993 yılı itibariyle sürekli kaydedicili ölçüm cihazları ile ölçülmektedir. Ancak mali kaynak yetersizliğinden dolayı santrallerin tüm üniteleri yerine her santralde sadece bir ünite için söz konusu ölçüm cihazları kullanılmaktadır. Katı yakıtlı termik santrallerin Hava Kalitesinin Korunması Yönetmeliğinde termik santraller için özel olarak emisyon sınır değerleri getirilmeyip, kirletici vasfı yüksek tesisleri için özel emisyon sınır değerleri verilmiştir. Buna göre katı yakıtlı termik santraller bu sınıfa girmektedir ve bu santrallerde uyulması gereken sınır değerler Çizelge 3’de verilmiştir.

Çizelge 3. Katı yakıtlı termik santrallerin emisyon sınır değerleri (HKKY; 1986)

Parametre (mg/Nm ³)	Eski Tesis	Yeni Tesis
Toz	250	150
SO ₂	1000	1000
NO _x	1000	1000

Buradaki eski tesis, yönetmeliğin yayın tarihi olan 1986 yılında çalışır durumda olan tesisler, yeni tesisler ise bu tarihten sonra kurulan tesisler anlamındadır.

Kömürün bileşimindeki elementler uçucu kül içeriğinin ana kaynağıdır. Bu elementler yüksek sıcaklıkta kısmen buharlaşır ve soğutma sırasında kül tanecikleri üzerinde yoğunlaşır. ABD Çevre Koruma Kurumu (EPA) tarafından öncelikli kirletici olarak kabul edilen bazı elementler şunlardır; Sb, As, Be, Cd, Cr, Cu, Pb, Hg, Ni, Se, Ag, Zn, Th, U, vb. Bu elementlerin değişik ortamlarda çözünürlükleri de farklıdır. Genel olarak pH düştükçe çözünme oranı artar. Kullanım ya da stabilizasyon amacı ile yapılan kimyasal işlemlerde uçucu kül de sızabilecek elementleri etkilemektedir. Kömüre dayalı termik santrallerin külleri atık olarak sorun olmakla birlikte, toprak üzerinde depolanması sonucunda, kül içindeki zararlı bileşenlerin yağmur suları ile toprağa sızması sonucu yeraltı suları ile de geniş bir alanda zararlı etkisini sürdürme özelliği bulunmaktadır.

Termik santrallarda üretilen enerjinin sadece % 30-40 oranındaki bir bölümü elektrik enerjisine dönüştürülebilmekte kalan kısmı ise “kaçak enerji” olarak adlandırılmakta ve ısı kazanından radyasyon ile çıkmakta ya da baca gazıyla birlikte bacadan atılmaktadır. Bacadan kaçan malzemeyi korumak için kazan çıkışında gaz ve buhar sürekli soğutulmakta ve bu nedenle santralin büyük miktarlarda soğutma suyu kullanması gerekmektedir.

Termik santrallerin en önemli çevresel etkilerinden biri de soğutma suyu kullanımı ile ilgilidir. Genellikle termik santrallerin soğutma suyu ihtiyacı çok büyüktür. Bu yüzden termik santraller çoğunlukla nehir, göl veya deniz gibi soğutma suyu kullanabilecek kaynaklara yakın yerlere kurulur. Örneğin 7 °C lik bir sıcaklık farkı ile çalışan 1000 MW gücündeki tipik bir santralin günde yaklaşık 4 000 000 m³ soğutma suyuna ihtiyacı vardır. Yoğunlaştırıcılarda kullanılan soğutma suyu genelde 7 °C ila 10 °C ısınmış olarak alındığı ortama geri verilir. Gerek soğutma suyunun ortamdan çekilmesi ve gerekse kullanılan suyun alıcı ortama geri verilmesi önemli çevre sorunları yaratabilmektedir. Isınmış suyun deşarjı alıcı ortam sıcaklığını etkilediğinden sudaki yaşam zincirini de olumsuz yönde etkiler.

Termik santrallerin buhar kazanlarında, sirkülasyon halinde bulunan kazan suları içine korozyonu ve biyolojik gelişimi önleyici toksik kimyasal maddeler eklendiği için, alkali ya da asidik özelliindedir. Bu kimyasal maddeler arasında hidroklorik asit, sülfürik asit, sitrik asit, EDTA, formaldehit ve ürotrofin sayılabilir.

Tesise, özel nitelikte proses suyu hazırlama birimi olan deminerilizasyon sisteminden çıkacak atıkların, asit ve bazik karakterde olması nedeni ile nötralize edilmesi zorunludur. Nötralizasyon tesisinin kurulması durumunda da bu işlem için gerekli olan rejenerant ve diğer kimyasal madde atıklarını içeren yeni bir atıksu sorunu ortaya çıkmaktadır.

Termik santrallarda özellikle; soğutma suyu pompalarından, ısı değiştiricilerinden, mekanik ekipman tamir ve bakım işlemleri. vb. işlemlerden kaynaklanan petrol ve yağ atıkları içeren atıksular yer altı ve yerüstü su kaynakları için çok önemli bir kirlenme kaynağıdır.

Uçucu kül arıtımı için kullanılan BGD sistemlerinden kaynaklanan atıklarda termik santralin neden olduğu bir su kirliliği kaynağıdır. Bu atıklar arasında kireç, kireçtaşı, diğer kalsiyum tuzları vb. sayılabilir.

Santrallerde yakılacak kömürü yıkamak için kullanılacak sular ile kil atılacak sahanın çevresindeki yağmur suları çeşitli ağır metaller, kimyasal maddeler ve siyanür içermektedir.

Bu suların denize verilmesi ya da sızıntı ile yeraltı sularına karışması söz konusudur.

Santral bölgesinde oluşacak organik kökenli evsel atık sularında, alıcı ortama (deniz, drenaj vb.) verilmeden önce arıtılması zorunludur. Bu nedenle ya bir arıtma tesisi kurulması gereklidir.

Termik Santrallerden Kaynaklanan Kirleticilerin Arıtımı

Termik santrallerin yarattığı SO_x ve NO_x kirliliklerin asit yağmurları vb. şekilde ortaya çıkan etkilerinin giderilmesi için kullanılan, çeşitli baca gazı arıtma işlemleri bulunmaktadır. Desülfürizasyon ünitesi (Flue Gas Desulfurization - FSD) SO₂ gazının % 95'ini tutabilmektedir. Ancak FSD üniteleri sadece kükürtü tutmaktadır. Çevreye zarar veren diğer etkenler bu sistemden etkilenmezler. Bu ünite baca gazındaki SO₂'i bazik karakterli maddeler çözeltisi içinden geçirerek katı maddelere dönüştürür. Oluşan bu kükürtlü bileşiklerin bir kısmı kimya ya da gübre sanayisinde kullanılabilse de, yine de ortaya önemli bir katı atık sorunu çıkmaktadır. Düşünölen başka bir yöntem, SO₂'i çeşitli kimyasal işlemlerle alçı taşına dönüştürmek ve bu taşlardan briket yapımında yararlanmaktır. Ancak alçı taşi kanserojen bir madde olup özel yöntemlerle saklanması gerekir. Diğer bir düşündürücü konu, desülfürizasyon ünitesinin maliyetidir. Örneğin 1991'de Çevre Bakanlığı Kemerköy Termik Santrali'nin 1,182 trilyona mal olacağını hesaplamış, aynı kaynak desülfürizasyon ünitesinin 1,070 trilyon liraya yapılabileceğini ileri sürmüştür.

Termik santral baca gazında bulunan SO₂'nin arıtım yöntemleri genelde arıtım amacıyla hazırlanmış bir arıtıcı akışkanın baca gazları ile temas geçirilerek SO₂'nin arıtıcı akışkana aktarılması ilkesine dayanmaktadır. Bu aktarma işlemi SO₂'nin çözölmesi ya da bir yüzeyde tutulması esasına dayanmaktadır. SO₂ arıtma yöntemleri; Elektron-Beam baca gazı arıtma yöntemi ile SO₂'nin çözölmesi esasına dayanan "yağ yıkama" yöntemleri ve SO₂'nin çözölmeden kuru olarak bir yüzeyde tutulması "yüzeysel tutunma" yöntemleri olmak üzere üç ana gruba ayrılmaktadır.

SO₂ Arıtma Yöntemleri:

1. Elektron-Beam Baca Gazı Arıtma Yöntemler
2. Yaş SO₂ Arıtma Yöntemleri
3. Kuru SO₂ Tutma Yöntemleri

NO_x Arıtma Yöntemleri

1. Baca Gazı Kuru NO_x Arıtma Yöntemleri
2. Yaş NO_x Arıtma Yöntemi
3. Birleşik NO_x/ SO₂ Arıtma Yöntemleri

Bacadan yayılan diğer maddeler, uçucu küllerdir (partiküler madde - PM). Bu küller ve filtrelerde biriken tozların oluşturduğu yığınlar, termik santrallerin yarattığı en önemli sorunlardan biridir. Toz ve kül tutmaya yarayan elektrostatik filtreler % 95 - 99 oranında işe yarasa da, bir termik santralin en sık arızalanan üniteleri elektrostatik filtreler olduğundan ve arıza süresince üretimin durdurulup durdurulmayacağı belirsiz olduğundan bu ünitelerin işlevselliği kuşkuludur. Toz toplayıcılar genellikle altı grup halinde toplanabilirler;

- Yerçekimi ile çökeltme odaları,
- Siklonlar, multisiklonlar,
- Yaş toplayıcılar,
- Torbalı filtreler,
- Elektro filtreler,
- Ultrasonik ayırıcılar.

Termik Santrallerin Çevresinde Oluşan Çevre Sorunları

Yapımları sırasında projelerinde hiç gözükmeyen birçok çevre sorunu termik santraller ile Türkiye gündemine girmiştir. Yüksek kullanım payına sahip fosil yakıtlı termik santraller hava, su ve toprak kirliliği ile ekolojik dengenin bozulmasına olumsuz etkilerde bulunmaktadır.

a. Doğal Flora ve Vejetasyon Üzerinde Etkileri

Termik santrallerin bacasından çıkan ve bitki örtüsünü en çok etkileyen gazlar, kükürtdioksit ve azot oksitlerdir. SO₂ ve NO_x'lere en hassas olan ve etkilenen bitki organı yapraklardır. Stomalar vasıtasıyla bünyeye giren SO₂ ve HF gibi asit etkili kirleticiler, yaprak dokusunun zarar görmesine neden olmaktadır. Ayrıca yanık etkisi, serbest asit halinde yüzeysel olarak da ortaya çıkabilmektedir. Yanıkların derecesine bağlı olarak fotosentez ve transpirasyon gerilemektedir. Bitkiler üzerinde kirletici etkisiyle ortaya çıkan zararlanma üç ayrı boyutta görülebilir. Bunlar akut, kronik ve gizli zararlanmadır. Akut zararlanmaya uğrayan bitkiler

derhal ölmekte, kronik zararlanma öldürücü olmamakla birlikte bitki kalitesini büyük oranda bozmaktadır. Görülmeyen (gizli) zarar ise zaman içinde ortaya çıkmaktadır. SO₂ 'nin bitkilere olan bu doğrudan etkisinden başka, yöredeki yağışların ve bağıl nemin fazlalığı da topraktaki asitleşmeyi arttırıcı, bazlarda fakirleştirici ve mikrobiyolojik aktiviteyi yok edici bir etkide bulunarak, dolaylı olarak bitkilerin direncinin azalmasına neden olur. Bu direnç zayıflığı bitki örtüsünü ve kalitesini giderek yok eder.

SO₂'nin yapraklardan sonra en etkili olduğu yer, hazır bitki besinlerinin taşındığı iletim borularıdır. Bu borular vasıtasıyla SO₂'in etkisi bitkinin diğer kısımlarına yayılır. Bitki terleme olayını kontrol edemez ve su dengesi bozulur. Bitkide solgunluk ve kurumalar görülür. Bu durum bitkideki fotosentez olayını bozar. Ayrıca polen tozları ve dişicik tepesi gazdan zarar gördüğünden dölleme olmaz ve meyve tutmaz. Meyvedeki belirtiler, SO₂'ye 1 yıl kaldıktan sonra belirginleşir. Bitkideki SO₂ ve NO₂ zararları yaprak lekeleri, yaprak kurumaları, yaprak ve meyve dökülmeleri, büyümedeki gerileme, solgunluk ve ölümle sonuçlanır. Bitki örtüsünü etkileyen asit yağmurlar, SO₂'in havada gerçekleştirdiği bir takım reaksiyonlar sonucu olur. Öncelikle SO₂ atmosferde oksidasyonla SO₃'e dönüşür. Bu oksidasyon süreci katalitik ve fotokimyasal süreçle devam eder ve SO₃ derhal su (H₂O) ile reaksiyona giderek sülfürik asit (H₂SO₄) meydana gelir. Eğer ortamda NaCl varsa Na₂ SO₄ ve hidroklorik asit (HCl) oluşur. Bu konuda ülkemiz için en çarpıcı örnek Muğla-Yatağan termik santrali çevresinde yaşanmıştır. 20 Kasım 1982'de ilk ünitesi devreye giren bu santralin, ikinci ünitesinin 1984'de devreye girmesinden iki ay sonra çevre ormanlarında sararmalar başlamıştır. Üçüncü ünitenin 1984'de devreye girmesinden sonra da 1986 yılı ortalarına kadar 4181 ha orman sahası kurduğu için kesim yapılmıştır. Termik santralin olumsuz etkileriyle 4181 ha gibi çok geniş bir alanda ekosistem bozulmuş; yani orman altı bitki ve hayvan türlerinin çoğu yok olmuştur. Ayrıca toprağı tutacak bitki örtüsü büyük oranda tahrip olduğu için erozyon ile toprak kaybı olmuş, eski kaynaklar kurumuştur. Bu kadar geniş bir alandaki ekosistemin bozulması ile endemik bitki ve hayvan türlerinin yok olması, bölgedeki tür çeşitliliğinin azalmasına, erozyon vb. sorunların ortaya çıkmasına neden olmaktadır.

b. İnsanlar Üzerindeki Etkileri

Termik santralin insan üzerindeki etkileri, öncelikle termik santral ve kömür işleme sahalarında çalışanlar üzerinde görülmektedir. Termik santralden uzaklaştıkça insanlar üzerindeki etki giderek azalmaktadır. Günlük konsantrasyonun 500 µg/m³'e ulaşması durumunda solunum yolu hastalıklarının sayısının artışı ve ölüm olayları görülür. SO₂ gazı solunum yollarına girerek orada su ile birleşir ve sülfüroz asidini (H₂SO₃) meydana getirir. Bazen bu oksidasyon havadaki su buharı ile olur ve zehirli sis dumanları teşekkül eder. Bu da

dumanı soluyan kimselerin boğaz ve hava yollarında ilerleyici bir tahriş öksürüğüne sebebiyet vermektedir. Duman zehirlenmesi devam ettikçe hava yollarının tıkayıcı iltihabı denilen kronik bronşit ve bunun sonunda da karaciğer şişkinliği (Anfizem) oluşmaktadır. NO_x ve SO₂ bir arada bulunurlarsa birbirlerinin zararlı etkilerini artırmaktadır. NO₂ çıkan fabrikanın çevresinde yaşayan çocuklarda solunum fonksiyon testlerinde normale kıyasla zayıflama, akut solunum yolları enfeksiyonlarında artma, kanda methemoglobin artma belirlenmiştir. CO alveollerimize girdikten sonra kana geçmekte ve oksijen olarak bilinen hemoglobinle birleşmekte, bu arada oksijenin yerini almakta ve karbosihemoglobin (COHb) oluşturmaktadır. Partiküller, görüş mesafesinde azalma, kötü kokular, güneş ışığını engelleme gibi etkilerinin yanında, solunum yollarının savunma mekanizmalarını zayıflatır ve zararlı maddeleri akciğere taşırlar. Bu zararlı maddeler de akciğerleri etkileyerek nefes darlığına neden olurlar.

c. Topraklar Üzerindeki Etkileri

Termik santraller çevresindeki topraklar aşağıdaki şekilde kirlenmektedir.

1. Baca gazındaki kükürt dioksitin asit yağmuru şeklinde toprağa geçmesi ve toprağın kimyasal yapısının zamanla değişmesi,
2. Baca küllerinin kül yağmuru olarak toprağa yağması ve toprağın fiziksel ve kimyasal yapısının zamanla değişmesi,
3. Radyoaktif maddeler içeren kömür kullanan termik santrallerde, baca külleri ile radyoaktif maddelerin toprağa karışması,
4. Termik santrallerin kirlettiği akarsuların tarım topraklarının sulanmasında kullanılması ile bu kirliliğin topraklara geçmesi ve tarım topraklarını kirlletmesi,
5. Termik santrallerin oluşturduğu asit yağmurları sonucu ormanları kurutması ve bu alanlardaki topraklarda su erozyonunun hızlanması ve benzer olumsuz etkiler sayılabilir.

d. Hayvanlar Üzerindeki Etkileri

Termik santrallerin bacasından çıkan SO₂ gazının havadaki 1 ppm'lik dozu hayvanların solunum sistemlerinde akut etkilere neden olur. Düşük SO₂ dozlarına sürekli maruz kalan hayvanlarda solunum yolları enfeksiyonları artar ve kasların elastikiyetleri azalır. NO₂ gazı ise burun ve gözlerde tahrişe neden olur. Bunu solunum güçlüğü, akciğer ödemleri ve ölüm izler.

e. Yeraltı ve Yerüstü Suları Üzerindeki Etkileri

Termik santralin deniz ortamına etkisi, sıvı atıklarla ve hava kirliliği sonucunda SO₂'nin asit yağışına dönüşmesiyle (doğrudan veya yeraltı ve yer üstü sularının denize ulaşmasıyla) veya denizde asitleşmenin meydana gelmesiyle olmaktadır. Bu kirlenmeler deniz ekosisteminde

meydana gelebilecek bozulma sonucunda, su ürünlerinin balıkçılık ve süngerciliğin olumsuz etkilenmesine ve üretimde düşüşe neden olacaktır. Termik santrallerin kirlettiği akarsuların çeşitli alanlarda kullanımı, olumsuz etkilere neden olmakta ve bu akarsulardan yararlanıldığında başka çevre sorunları ortaya çıkmaktadır.

Termik santrallerin çevre toprakları üzerine etkilerinin belirlenmesinde ağır metal gibi kirleticilerin belirlenmesinin yanı sıra topraktaki enzim aktivitelerinin de belirlenmesi sıklıkla başvurulan parametrelerdir. Toprak enzim aktivitesi yolu ile toprağın biyolojik özellikleri ve verimliliğe ilişkin özellikler daha iyi bir şekilde incelenebilmektedir. Visser ve Parkinson (1992) toprak kalitesinin bozulmasının etkilerinin toprağın biyolojik ve biyokimyasal özelliklerinin izlenmesiyle ortaya konabileceğini belirtmişlerdir. Bu özellik veya indikatörler besin maddesi döngüleri ile de çok yakından ilişkili olan toprak solunumu, mikrobiyel biyokütle ve toprak enzimlerinin aktiviteleridir. Toprak enzimleri özellikle önemlidir zira toprağın diğer biyolojik özellikleri ile yakın bir ilişkiye sahip olup, topraktaki mineralizasyon prosesinde önemli bir rol oynamaktadırlar. Enzimler topraktaki canlı hücrelerle veya abiyotik enzimler olarak ifade edilen hücrelerle, hücre kalıntıları ve aktif enzimlerle ilişki içinde olabilmektedir. Uzun süreli arazi çalışmaları, yüksek karbon girdili (örneğin yeşil gübre, hayvan gübresi veya organik gübreler) veya karbon girdisini muhafaza eden ürün sistemlerinin toprakta enzim aktivitesini artırdığını göstermiştir.

Toprak enzim sistemleri ile organik atıkların düzenlenmesi birbiriyle ilişkili olduğundan, organik atıkların toprak içerisine gömülmesi sadece toprağın kimyasal ve biyokimyasal çevresinde önemli bir rol oynamakla kalmaz, aynı zamanda ürün veren bitkilerin yanı sıra, toprakta diğer yaşam formları içinde hazır hale gelen bitki besin maddelerinin oranlarını da etkiler. Enzim aktiviteleri, toprakta mevcut bitki türü tarafından büyük oranda etkilenmektedir. Ayrıca aynı toprakta enzimatik aktivitedeki değişimler, mikroorganizmalar tarafından enzim üretimi ve toprakta organik madde kapsamındaki değişimlerle ilişki içerisinde. Fosfataz, selülaz, dehidrogenaz ve üreaz gibi toprak enzim aktivitelerinin çoğu, sadece organik madde kapsamından etkilenmekle kalmaz, aynı zamanda organik maddenin tipinden de etkilenmektedir. Çevre bozulması ve toprak kirlenmesi koşullarında toprak enzim aktivite ölçümleri indikatör olarak değerlendirilmektedir. Ancak şüphesiz enzimlerin indikatör olarak değerlendirilmesini kısıtlayan koşullarda olasıdır(Trasar-Cepeda et al.2000).

Yukarıda belirtilen açıklamalar doğrultusunda linyit kömürü kullanarak enerji üretimi yapan Çayırhan Termik Santralinin çevresinde mevcut tarım topraklarının bazı önemli özellikleri

(pH, EC, tekstür, kireç, değişebilir katyonlar, organik madde, azot ve C,N,P ve S döngüsünde görevli beta glukosidaz, üreaz, alkali fosfataz ve aryl sülfataz enzim aktiviteleri) ile ağır metal (Fe, Cu, Zn, Mn, Pb, Cd, Ni) ve kükürt kapsamaları üzerine olası etkilerinin ortaya konulması bu çalışmanın amacını oluşturmaktadır. Bu amaçla bölgede mevcut hakim rüzgar yönleri ve tersi yönlerde bulunan tarım topraklarından santral merkez kabul edilmek suretiyle belirli mesafe aralıklarından toprak örnekleri alınmış ve analiz edilerek irdelenmiştir.

2. Materyal ve Yöntem

2.1. Santralin Coğrafik Yeri ve Tarımsal Durumu:

Çayırhan Termik Santrali Ankara'ya 123 km, Beypazarı'na 22 km, Nallıhan'a 35 km mesafededir. Santral mahalli, kömür kaynağına yakın seçildiği gibi soğutma suyunun sağlanacağı Sarıyar baraj gölüne yakın seçilerek kurulmuştur. Santral sahasının yüzölçümü 5.032.000 m²'dir. Santralde dört adet ünite bulunmakta olup, ünitelerin devreye giriş tarihleri:

1. Ünite: 01.06.1987,
2. Ünite: 21.12.1987,
3. Ünite: 29.10.1998 ve
4. Ünite 15.05. 1999 'dur.

Hava Kalitesinin Korunması Yönetmeliği (1986) uyarınca, SO₂ emisyon sınır değerlerini aşan termik santrallerde desülfürizasyon tesislerinin kurulması zorunluluğu getirilmiştir. Çayırhan Termik Santralinin 4 ünitesinde de Baca Gazı Kükürt Arıtma Tesisi bulunmaktadır. Desülfürizasyon tesislerinde SO₂ gazlarının tutulmasında yaş kireçtaşı-alçı yöntemi uygulanmaktadır. Ancak, bu yöntem SO₂ emisyonunu giderirken saatte 50 ton gibi önemli bir ölçüde oluşan desülfojipsten dolayı depolama problemlerine yol açmakta ve çevre kirliliği yaratmaktadır (Gençsoy ve Kefelioğlu 1994). Çayırhan Termik Santralının dıştan görünümü Şekil 1'de verilmiştir.

Denizden ortalama 500 m yükseklikte olan santral bölgesine ulaşım oldukça iyidir. Bölge, coğrafi durumu, morfolojik yapısı, iklim ve toprak faktörleri itibariyle tarıma elverişlidir. Bölgede kuru ve sulu tarım yapılmaktadır. Susuz arazilerde buğday, arpa gibi tahıl ürünleri yetiştirilmektedir. Sulu arazilerde ise sebzeçilik (havauç, ıspanak, yeşil soğan, turp, marul vd.), meyvecilik ve bağcılık yapılmaktadır. Bölgede hayvancılık ta gelişmiştir. Bölgede nüfusun büyük bir kısmı çiftçilikle uğraşmaktadır.



Şekil 1. Çayırhan Termik Santrali'nin dıştan görünümü

2.2. Kömür Sahasının Jeolojik Durumu:

Beypazarı-Çayırhan kömür sahası Batı doğrultusunda Sarıyar-Hıdırlar-Eymir hattına, Güney istikametinde ise Çardak-Bahtiyar hattına kadar uzanan alanda yer almakta ve 200.000.000 ton görünür kömür rezervi bulunmaktadır (Gökmen ve ark. 1977). Santralde kullanılan kömüre ait özellikler Türkiye Linyit Envanteri (MTA 1993) kaynağından elde edilmiş olup aşağıda verilmiştir.

Sahada Neojen öncesi kayalar, Paleozoik yaşlı ayrılmamış metamorfik şistler ile Paleosen-Eosen flüvyatil bir fasiyeste gelişmiş Kızılbayır formasyonu ile temsil edilir. Miyosen, birbiriyle uyumlu olan yedi ayrı bölgelere ayrılmaktadır. En altta olan ve içerisinde kömür damarı bulunan Çoraklar formasyonu (m1) kumtaşı, aglomera ve tüfit aralanmasından oluşur. Bitümlü şeyl ve doğal soda içeren Hırka formasyonu (m2) ve kireçtaşından ibaret Karadoruk formasyonundan (m3) sonra gelen diğer dört formasyon, volkanotortul kaya birimleridir. Bu dört formasyon Şekil ' ve 'de verilen haritalarda m4 simgesiyle gösterilmiştir.

Pilyosen, kumtaşı ve kiltaşından oluşan Softa-1 ve alçıtaşı ve killi kireçtaşlarından oluşan Softa-2 formasyonları ile temsil edilir. Haritalarda bu iki formasyon (Pl) simgesiyle gösterilmiştir. Neojen volkanitleri (m5), B sektörünün doğu ve kuzey doğusunda yer alan ve Kızılcahamam volkanit masifinin bir uzantısı olan kayalardır. Bunlar Neojenin başından sonuna kadar devam eden volkanizmanın ürünleridir. Sahada Pleyistosen tutturulmamış çakıllar, Holosen ise teras çakılları, yamaç molozları ve alüvyonlarla temsil edilirler.

Beypazarı Neojen havzası Anatolit birliğinde yer alır. Bölgenin genel tektonik yapısı NE-SW yönünde uzanan antiklinal, senklinal ve faylarla karakterize edilir. Bölgedeki tektonik hatlar hem orojenik fazlarla ve hem de eski temel topografyasına ilişkin olarak gelişmişlerdir. Bölgedeki iki önemli fay hattı, kömür havzasını SW-NW yönünde 25 km boyunca katetmektedir. Santyralde kullanılan kömür nakil bant hattının görünümü Şekil 2’de, bölgeye ait jeoloji haritaları ise Şekil 3 ve 4’de verilmiştir.

Santralın tüm ünitelerinde tüketilen linyit, Türkiye Kömür İşletmeleri (TKİ) Müessese Müdürlüğü’nden temin edilmektedir. Temin edilen kömür 800 t/h ve 1200 t/h kapasiteli taşıyıcı bantlarla kömür stok sahasına 5 adet park makinesi aracılığıyla dökülmektedir. Homojen bir şekilde kazanda yakılmak üzere 1200 t/h kapasiteli taşıyıcı bantlarla kömür bunkerlerine gönderilmektedir.

Santralde yakılan linyit kömürü ile ilgili özellikler:

	1. ve 2. Üniteler	3. ve 4. Üniteler
Alt Isıl Değeri	2800 Kcal/kg	2000 Kcal/kg
Kül Miktarı	% 29.9	% 30-45
Nem Miktarı	% 27.5	% 20-30
Kükürt Miktarı	% 4.65	% 4.00



Şekil 2. Çayırhan termik santrali kömür nakil bant hattı

Şekil 3. Jeoloji Haritası (A Sektörü)

Şekil 4. Jeoloji Haritası (B Sektörü)

2.3. Toprak Özellikleri:

Araştırma bölgesinde 2 büyük toprak grubunun hakim olduğu görülmektedir. Bunlar Kahverengi Orman toprakları ve Kahverengi topraklardır. Aynı zamanda alanda görülen diğer toprak grupları ise Kolüviyal topraklar, Alüviyal topraklar ve Çıplak Kaya ve Molozlardır. Bölge topraklarının çoğunluğu alt ve üst profilde ağır bünyeli, nötr ve hafif alkali karakterde, kireççe zengin ve organik maddece fakirdir.

2.4. İklim:

Çalışma alanı İç Anadolu ikliminin etkisi altındadır. Yazları sıcak ve kurak , kışları ise soğuk ve yağışlıdır. Yağışlar daha ziyade yağmur şeklinde olmaktadır. Çalışma sahasın yakınına kadar uzanan Sarıyar Baraj gölünün etkisi ve yükseltinin az olması nedeni ile kış aylarındaki kar yağışı çok kısa süre örtü oluşturur. Çayırhan termik santrali çevresindeki en yakın meteoroloji istasyonları Çayırhan, Nallıhan ve Beypazarında bulunmaktadır. Bunlardan sadece Beypazarı günün 24 saatinde saatlik rüzgar verilerini topladığından meteorolojik veriler Beypazarı bölgesi için verilmiştir. Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü'nden elde edilen 2000-2004 yıllarına ait Beypazarı bölgesinin aylık ortalama toplam yağış, buharlaşma, ortalama nem, ortalama sıcaklık ve hakim rüzgar yönleri Çizelge 4'de verilmiştir.

Bölgede hakim rüzgar yönü değişmekte olup, ilk ve son baharda WSW ve NNE, kış mevsiminde ise NNE ve NE, yaz mevsiminde ise WSW, SW ve NNW yönlerindedir. 5 yıllık ortalama hakim rüzgar yönü ise NNE ve NNW istikametindedir.

Çizelge 4. Beypazarı bölgesine ait 2000-2004 yıllarına ait ortalama buharlaşma, nem, sıcaklık, aylara göre toplam yağış ve hakim rüzgar yönleri

AYLIK ORTALAMA BUHARLASMA (mm)(ACIK SiPER)

Yıl	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayı	Hazi	Temmm	Ağus	Eylül	Ekim	Kasım	Aral
2000				2,5	4,3	6,2	8,5	6,6	4,3	1,7		
2001				2,6	3,8	7,1	7,3	6,1	4,4	2,4		
2002				2,0	4,4	5,3	6,2	5,3	3,3	1,8	0,8	
2003				2,5	5,1	7,0	7,5	6,4	3,9	1,9		
2004				2,6	4,2	5,0	7,0	5,9	4,1	2,0		

AYLIK ORTALAMA NEM (%)

Yıl	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayı	Hazi	Temmm	Ağus	Eylül	Ekim	Kasım	Aral
2000	74,7	74,9	61,8	62,4	59,6	51,0	40,0	46,8	50,1	63,5	64,7	81,9
2001	77,5	72,7	61,1	60,2	59,4	46,1	52,3	56,4	53,7	58,7	70,8	76,9
2002	79,2	68,0	60,7	66,4	53,5	53,5	54,8	58,2	60,3	62,2	74,7	74,7
2003	75,7	70,6	58,0	62,0	47,6	45,5	52,8	49,3	58,0	61,6	70,3	75,8
2004	78,6	68,7	57,9	54,2	54,2	54,0	46,2	52,4	51,5	60,2	66,2	70,9

AYLIK ORTALAMA SICAKLIK (°C)

Yıl	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayı	Hazi	Temmm	Ağus	Eylül	Ekim	Kasım	Aral
2000	-2,4	0,6	5,4	13,9	16,9	21,9	27,4	24,7	20,3	13,1	9,3	2,4
2001	4,0	4,4	12,1	13,4	16,3	23,5	27,4	25,7	21,9	14,1	7,0	2,6
2002	-3,3	4,9	9,4	11,6	17,7	22,1	25,8	23,5	19,6	14,2	7,8	-0,2
2003	5,6	0,6	4,2	10,7	20,6	24,1	24,9	25,8	19,3	14,9	8,1	2,5
2004	1,2	2,3	7,8	12,7	17,1	21,4	25,7	24,0	20,9	15,5	7,8	2,7

Çizelge 4 (devam)

AYLIK TOPLAM YAĞIŞ (mm)

YIL	OCAK	SUBAT	MART	NISAN	MAYIS	HAZİR	TEMMU	AGUS	EYLUL	EKİM	KASIM	ARALI
2000	53.0	25.3	38.3	90.4	44.0	20.4	0.6	4.1	4.1	24.6	14.4	29.4
2001	6.3	30.7	38.4	36.0	84.6	0.5	22.2	24.8	8.4	3.0	67.5	173.6
2002	39.6	9.3	23.8	102.7	29.6	41.9	42.9	12.2	31.7	25.0	41.3	29.0
2003	51.6	43.7	6.9	61.7	27.3			17.7	7.0	39.1	1.1	65.0
2004	77.9	20.1	39.5	37.3	18.6	25.8	4.0	22.3		9.3	44.2	22.9

AYLIK RÜZGARIN ESME SAYILARI (M/S) VE YÖNLERİ

METEOROLOJİK			Rasat S.					A Y L A R							YILLİK
ELEMENLAR			I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
NNE	Rüzgarın	Esme Sayıları Toplamı	121	110	73	67	53	50	41	54	72	101	152	125	1019
NNE	Rüzgarın	Ortalama Hızı (m/s)	0.9	1.1	1.2	1.1	1.0	1.2	1.5	1.3	1.0	1.1	0.9	1.0	1.1
NE	Rüzgarın	Esme Sayıları Toplamı	150	101	113	99	67	45	55	59	67	79	121	140	1096
NE	Rüzgarın	Ortalama Hızı (m/s)	1.5	1.4	1.6	1.7	1.3	1.3	1.2	1.3	1.1	1.0	1.2	1.3	1.4
ENE	Rüzgarın	Esme Sayıları Toplamı	115	78	77	78	76	71	54	46	45	65	79	117	901
ENE	Rüzgarın	Ortalama Hızı (m/s)	1.2	1.3	1.2	1.1	1.3	1.1	1.1	1.0	0.9	0.9	1.1	1.2	1.1
S	Rüzgarın	Esme Sayıları Toplamı	47	44	49	53	73	80	98	79	62	60	54	60	759
S	Rüzgarın	Ortalama Hızı (m/s)	0.9	0.9	1.3	1.3	1.2	1.2	1.2	1.4	1.3	1.1	1.0	0.8	1.2
SSW	Rüzgarın	Esme Sayıları Toplamı	51	64	72	71	82	80	78	81	70	84	45	77	855
SSW	Rüzgarın	Ortalama Hızı (m/s)	0.9	1.1	1.3	1.2	1.2	1.3	1.3	1.3	1.3	1.1	0.8	0.9	1.2
SW	Rüzgarın	Esme Sayıları Toplamı	60	69	101	104	107	91	92	97	67	73	40	45	946
SW	Rüzgarın	Ortalama Hızı (m/s)	1.0	1.3	1.7	1.6	1.7	1.7	1.6	1.6	1.4	1.3	1.2	1.3	1.5
WSW	Rüzgarın	Esme Sayıları Toplamı	49	78	103	93	75	75	77	77	82	69	43	34	855
WSW	Rüzgarın	Ortalama Hızı (m/s)	1.6	1.4	1.7	1.8	1.8	1.9	1.5	1.8	1.4	1.3	1.2	1.0	1.6
NNW	Rüzgarın	Esme Sayıları Toplamı	14	18	41	42	60	83	97	87	64	27	19	10	562
NNW	Rüzgarın	Ortalama Hızı (m/s)	1.2	1.2	2.0	1.6	2.2	2.6	2.6	2.3	1.9	1.4	1.0	0.4	2.1

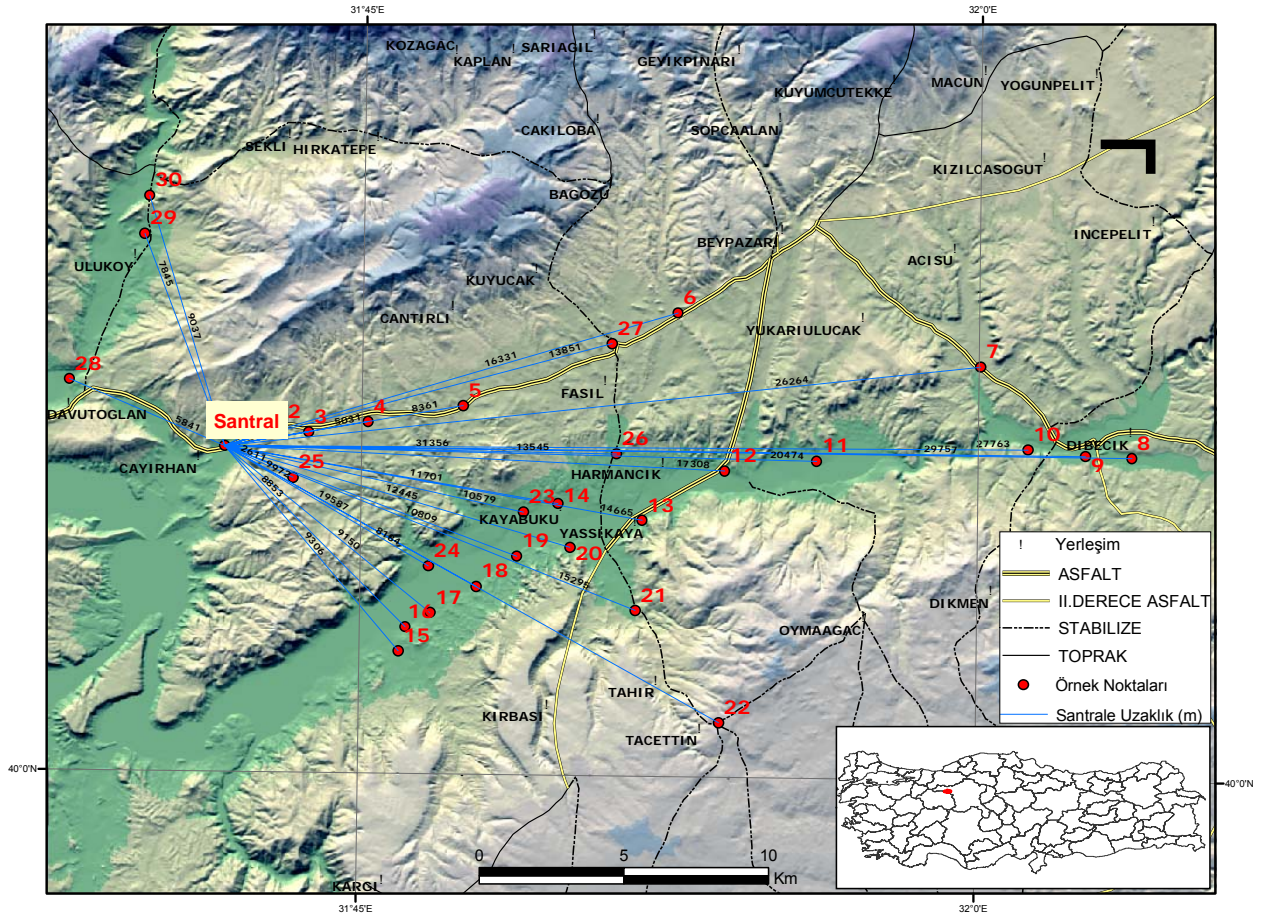
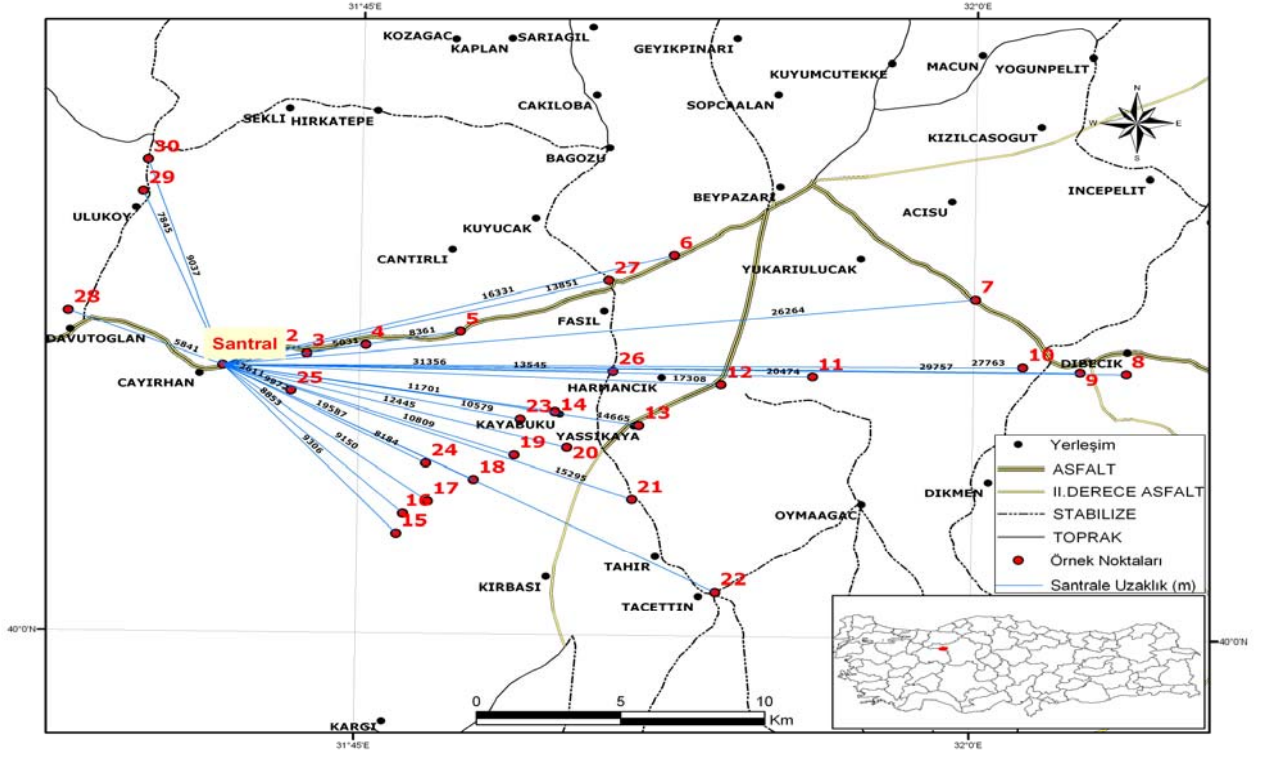
2.5. Toprak örneklerinin alınması ve analize hazırlanması

Örnekleme santrale olan uzaklık, bakı ve hakim rüzgar yönü dikkate alınarak belirlenmiştir. Çayırhan termik santrali çevresindeki en yakın meteoroloji istasyonları Çayırhan, Nallıhan ve Beypazarı'da bulunmaktadır. Bunlardan sadece Beypazarı günün 24 saatinde saatlik rüzgar verilerini toplamaktadır. 5 yıllık ortalama hakim rüzgar yönü Beypazarı için NE ve NW istikametindedir. Bölgedeki yüksek engebe ve derin vadiler nedeniyle Beypazarı meteoroloji istasyonundan alınan rüzgar verilerinin Çayırhan çevresindeki durumu yeterince doğru yansıtmayacağı dikkate alınmış ve örnekleme yapmadan önce bölgeye yapılan ön keşif çalışmalarında hakim rüzgar yönü izlenmiş ve örnekleme yapılan sonbahar mevsimindeki hakim rüzgar yönü belirlenmiştir. Bölgede hakim rüzgar yönü kuzey batıdan (KB) güney doğuya (GD) doğru olup, toprak örnekleri tarım alanlarından emisyonların hakim rüzgar yönünde hareket edeceği göz önüne alınarak güney doğudan (GD) 20 adet toprak örneği alınmıştır (8-27 nolu örnekler). Ayrıca Beypazarı meteoroloji istasyonu kayıtlarından yer almayan ancak ön keşif çalışmalarında rüzgarın çoğunlukla estiği belirlenen kuzey doğu (KD) yönünden santral merkez kabul edilmek üzere Beypazarı ilçesine doğru 7 adet toprak örneği alınmıştır (1-7 nolu örnekler). Beypazarı meteoroloji istasyonunca belirlenen 2. hakim rüzgar yönünde ise (güney batı) tarım alanları az olduğundan ve vadi içerisinde kaldığından örnekleme yapılmamıştır. Hakim rüzgar yönünün tersi istikameti olan kuzey batı (KB) yönünden de kontrol amaçlı 3 adet toprak örneği alınmıştır (28-30 nolu örnekler).

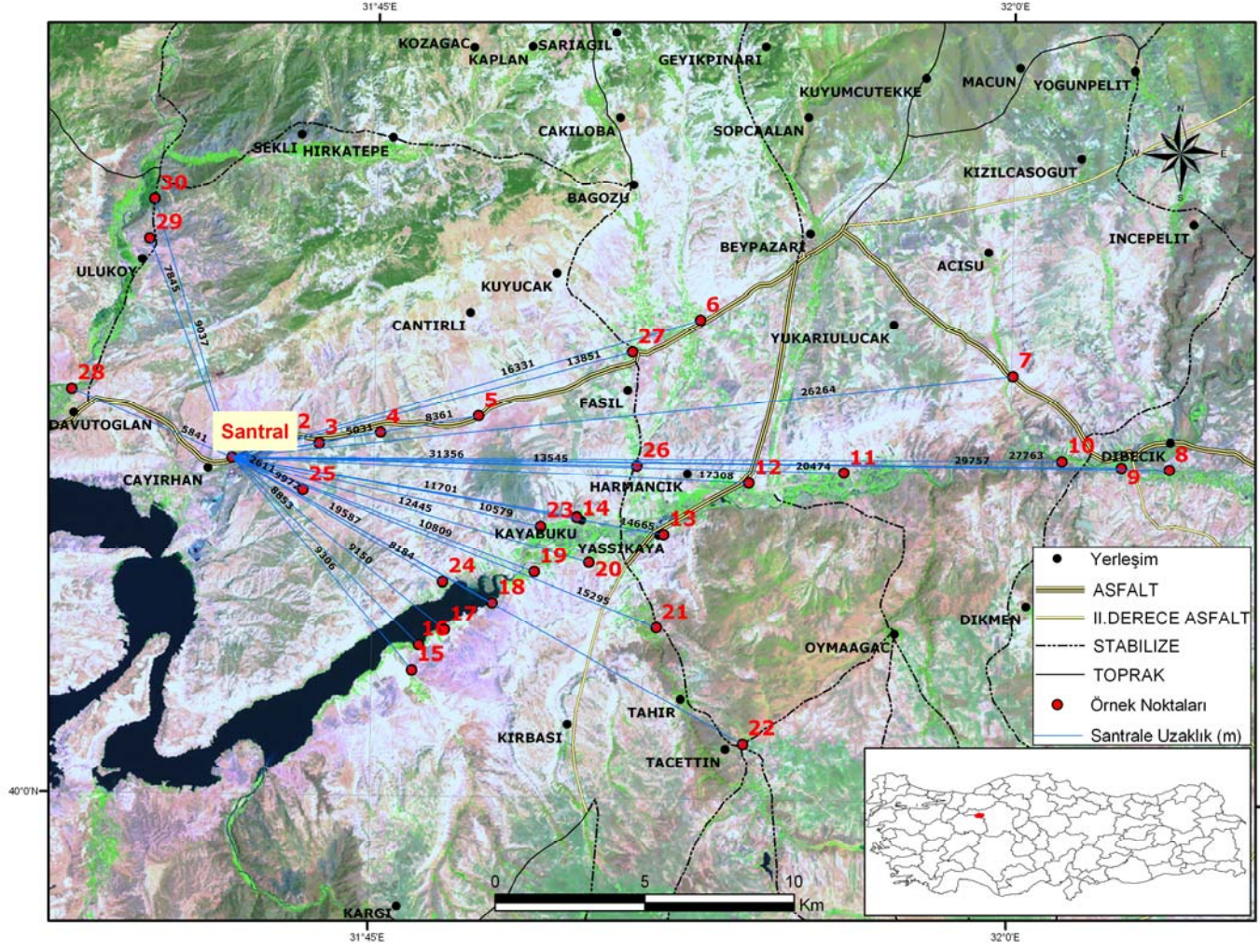
Her bir örnek 0-20 cm derinlikten alınmıştır. Alınan yüzey örnekleri (0-20 cm) naylon torbalara konularak laboratuara getirilmiştir. Havada kurutulan toprak örnekleri öğütüldükten sonra 2 mm'lik elekten elenmiş ve fiziksel ve kimyasal analizler için naylon torbalarda muhafaza edilmiştir. Biyolojik analizler içinde bir kısım toprak örneği 4 C de buzdolabında muhafaza edilmiştir. Toprak örneklerinin koordinatları, yükseklik ve santral'e olan uzaklıkları Çizelge 5'de, örneklerin alındığı noktalar Şekil 5'de ve örnekleme noktalarına ait uydu görüntüsü ise Şekil 6'da verilmiştir.

Çizelge 5. Örnek alma yerleri

Örnek no Eski	Yeni	Koordinat Doğu	Koordinat Kuzey	Yükseklik (m)	Santrale uzaklık (m)
		3 88 717	44 39 929	544	
7	1	3 90 139	44 40 654	578	1.596
8	2	3 90 711	44 40 588	582	2.100
9	3	3 91 632	44 40 399	612	2.953
10	4	3 93 680	44 40 751	654	5.031
11	5	3 96 963	44 41 308	623	8.361
12	6	4 04 391	44 44 515	660	16.331
13	7	4 14 841	44 42 634	555	26.262
16	8	4 20 070	44 39 475	529	31.356
15	9	4 18 471	44 39 540	538	29.757
14	10	4 16 480	44 39 770	548	27.763
1	11	4 09 184	44 39 379	496	20.474
2	12	4 06 003	44 39 047	550	17.308
3	13	4 03 151	44 37 338	511	14.665
4	14	4 00 243	44 37 913	500	11.701
17	15	3 94 954	44 33 646	476	9.306
18	16	3 95 813	44 34 152	463	8.853
19	17	3 97 413	44 35 049	482	9.150
20	18	3 98 822	44 36 093	497	9.972
21	19	4 00 653	44 36 406	493	10.809
22	20	4 02 905	44 34 215	540	12.445
23	21	4 05 788	44 30 325	975	15.295
24	22	3 94 954	44 33 646	476	19.587
25	23	3 99 040	44 37 614	484	10.579
26	24	3 95 757	44 35 755	521	8.184
27	25	3 91 085	44 38 830	713	2.611
5	26	4 02 259	44 39 627	505	13.545
6	27	4 02 112	44 43 452	605	13.851
28	28	3 83 356	44 42 249	472	9.037
29	29	3 85 962	44 47 274	514	7.845
30	30	3 86 132	44 48 588	500	5.841



Şekil 5. Örneklem noktaları ve santral'e olan uzaklıkları



Şekil 6. Örneklem noktalarının uydu görüntüsü

2.6. Toprak örneklerinde yapılan fiziksel ve kimyasal analizler

Organik madde: Jackson (1962) tarafından bildirildiği şekilde Walkley-Black yöntemine göre belirlenmiştir.

Mekanik analiz (bünye): Bouyoucos (1951) tarafından bildirildiği şekilde hidrometre yöntemine göre belirlenmiştir.

Kireç (CaCO₃): Richards (1954)'e göre Scheibler kalsimetresi ile volumetrik olarak saptanmıştır.

Toprak reaksiyonu (pH): Richards (1954)'e göre 1:2,5 toprak/su süspansiyonunda belirlenmiştir.

Elektriksel iletkenlik (EC): Richards (1954)'e göre 1:2,5 toprak/su oranında toprak ekstraktında kondaktivite aletiyle belirlenen direnç değerinden hesaplanarak bulunmuştur.

Değişebilir Na, K, Ca ve Mg: Richards (1954)'e göre 1 N amonyum asetat ile ekstrakte edilerek fleymfotometrik olarak belirlenmiştir.

Nem tayini: U.S. Salinity Laboratory Staff (1954)'e göre miktarı belli olan toprak örneği 105 °C de sabit ağırlığa kadar kurutma fırınında bekletilerek ağırlık farkının hesaplanmasıyla bulunmuştur.

Toplam azot: Bremner (1965) tarafından bildirildiği şekilde Kjeldahl yöntemine göre belirlenmiştir.

Toplam kükürt: 1 gr toprak ve 0.25 gr bitki örneğinde toplam kükürt Eltra CS 500 Carbon Sulfur Determinator cihazında 1450 °C'de yakılarak belirlenmiştir.

Yarayışlı kükürt: Lamotte model Smart Colorimetre cihazıyla belirlenmiştir.

Toplam Fe, Cu, Zn, Mn, Cd, Pb ve Ni: Nitrik asit-perklorik asit karışımında (1:3 oranında) yaş yakılan toprak örneklerinde toplam Fe, Cu, Zn, Mn, Cd, Pb ve Ni AAS, Shimadzu AA-625-01 model Atomik Absorpsiyon Spektrofotometresinde belirlenmiştir

Ekstrakte edilebilir Fe, Cu, Zn, Mn, Cd ve Ni: Lindsay ve Norvell (1978) tarafından belirtildiği şekilde toprak örnekleri DTPA+CaCl₂+TEA (pH 7,3) ile ekstrakte edilmiş,

çalkalanıp süzülerek AAS graphit furnace Perkin Elmer HGA-600 model grafit fırınlı Atomik Absorpsiyon Spektrofotometresinde ölçülmüştür.

Ekstrakte edilebilir Pb: Kacar (1995) tarafından belirtildiği şekilde 1N amonyum asetat çözeltisiyle gerçekleşen toprak ekstraktında Pb metilizobutilketon içinde ekstrakte edilmiş, çalkalanıp süzülerek AAS graphit furnace Perkin Elmer HGA-600 model grafit fırınlı Atomik Absorpsiyon Spektrofotometresinde ölçülmüştür.

Üreaz Enzim Aktivitesi Tayini: 100 ml'lik ölçü balonlarına 10 g toprak tartılmış üzerine 2 ml toluen, 10 ml %10'luk üre, 20 ml substrat tampon ilave edilerek 37 °C'de 3 saat inkübasyona bırakılmıştır. İnkübatörden çıkan örneklerin üzerleri 37 °C' lik saf su ile derecelerine tamamlanarak Whatman 42 filtre kağıdından süzölmüştür. Süzökten 1 ml, 50 ml'lik ölçü balonuna alınarak üzerine 9 ml saf su, 4 ml sodyum fenolat ve 3 ml sodyum hpoklorit ilave edilerek 20 dakika sonunda oluşan mavi renk 578 nm dalga boyunda spektrofotometrede okunmuştur (Hoffman ve Teicher, 1957).

Asit enzim tayinleri: Beta- glukosidaz ve asit fosfataz enzimleri: Naseby ve Lynch (1997) tarafından belirtildiği şekilde 1.5 gram toprak örneği asetat bufer çözeltisi ile korozer rotor'da bir saat çalkalanıp, 15 dakika 4000 devirde santrifüj edilir. Elde edilen ekstrakta tayini yapılacak asit enzimlerinin substratı ilave edilip 640 nm'de spektrofotometrik olarak belirlenecektir.

Alkali enzim tayinleri: Alkali fosfataz ve aryl- sülfataz enzim tayinleri: Naseby ve Lynch (1997) tarafından belirtildiği şekilde 1.5 gram toprak örneği alkali bufer çözelti ile korozer rotor'da bir saat çalkalanıp, 15 dakika 4000 devirde santrifüj edilir. Elde edilen ekstrakta tayini yapılacak alkali enzimlerinin substratı ilave edilip 640 nm'de spektrofotometrik olarak belirlenir.

3. ANALİZ VE BULGULAR

3.1. Toprak Bünyesi (Tekstür):

Araştırma topraklarının bünye analiz sonuçları Çizelge 6' da gösterilmektedir. Yapılan bünye analiz sonuçlarına göre toprak örneklerinin kum fraksiyonları % 17.2-83.2; silt fraksiyonları % 6.0-36; kil fraksiyonları ise % 8.8-60.8 arasında değişiklik göstermiştir. Çizelge 4'de verilen sonuçlardan da anlaşılacağı gibi toprak örnekleri bünye bakımından bir homojenite göstermemekle beraber başta killi olmak üzere (%37), kumlu tın (%27), kumlu killi tın (%20), killi tın (%13) ve tınlı kum (%3) en yaygın tekstür sınıfını oluşturmaktadır.

Çizelge 6. Araştırma topraklarının tekstür özellikleri

Örnek no	Santrale Uzaklık (m)	Tekstür (%)			Sınıf
		Kum	Kil	Silt	
1	1,596	49,2	28,8	22,0	SCL
2	2,100	75,2	8,8	16,0	SL
3	2,953	35,2	34,8	30,0	CL
4	5,031	37,2	40,8	22,0	C-CL
5	8,361	55,2	12,8	32,0	SL
6	16,331	25,2	46,8	28,0	C
7	26,262	47,2	22,8	30,0	SCL
8	31,356	55,2	24,8	20,0	SCL
9	29,757	29,2	42,8	28,0	C
10	27,763	59,2	16,8	24,0	SL
11	20,474	17,2	56,8	26,0	C
12	17,308	17,2	60,8	22,0	C
13	14,665	51,2	22,8	26,0	SCL
14	11,701	35,2	28,8	36,0	CL
15	9,306	79,2	10,8	10,0	SL
16	8,853	77,2	12,8	10,0	SL
17	9,150	67,2	14,8	18,0	SL
18	9,972	69,2	14,8	16,0	SL
19	10,809	49,2	24,8	26,0	SCL
20	12,445	57,2	20,8	22,0	SCL-SL
21	15,295	83,2	10,8	6,0	LS
22	19,587	67,2	16,8	16,0	SL
23	10,579	37,2	42,8	20,0	C
24	8,184	41,2	32,8	26,0	CL
25	2,611	23,2	48,8	28,0	C
26	13,545	35,2	34,8	30,0	CL
27	13,851	25,2	44,8	30,0	C
28	9,037	11,68	56,00	32,32	C
29	7,845	27,12	45,44	27,44	C
30	5,841	21,12	48,16	30,72	C

3.2. Toprak Reaksiyonu (pH):

Araştırma topraklarının pH değerleri Çizelge 7’de verilmiştir. Toprakların pH değerleri 3 farklı yönden alınan örnekler ayrı ayrı ele alınarak değerlendirilmiştir.

Kuzey doğu yönünden alınan örneklerin (1-7 nolu örnekler) pH değerleri 7.12-7.57 arasında değişmekte olup, hafif alkali karakter göstermektedir. Yapılan korelasyon analiz sonuçlarına göre örneklerin pH değerleri ile santrale olan uzaklık ($r= 0.742$), kireç ($r= 0.747$), değişebilir Na ($r= 0.774$), K ($r= 0.870$), alkali fosfataz enzim aktivitesi ($r= 0.777$) ve ekstrakte edilebilir Mn ($r= 0.736$) arasında $P<0.001$ düzeyinde önemli pozitif ve toplam Cd, ($r= 0.651$), toplam kükürt ($r= -0.944$), yarayıklı S ($r= -0.764$), ekstrakte edilebilir Cd ($r= -0.749$), ekstrakte edilebilir Pb ($r= -0.728$) ve asit fosfataz enzim aktivitesi ($r= -0.871$) arasında da $P<0.001$ düzeyinde önemli negatif ilişki belirlenmiştir.

Güney doğu (GD) yönünden alınan örneklerin (8-27 nolu örnekler) pH değerleri 7.28-7.62 arasında değişmekte olup, hafif alkali karakter göstermektedir. Yapılan korelasyon analiz sonuçlarına göre örneklerin pH değerleri diğer toprak özellikleri arasında istatistiksel olarak önemli sayılabilecek düzeyde bir ilişki belirlenmemiştir.

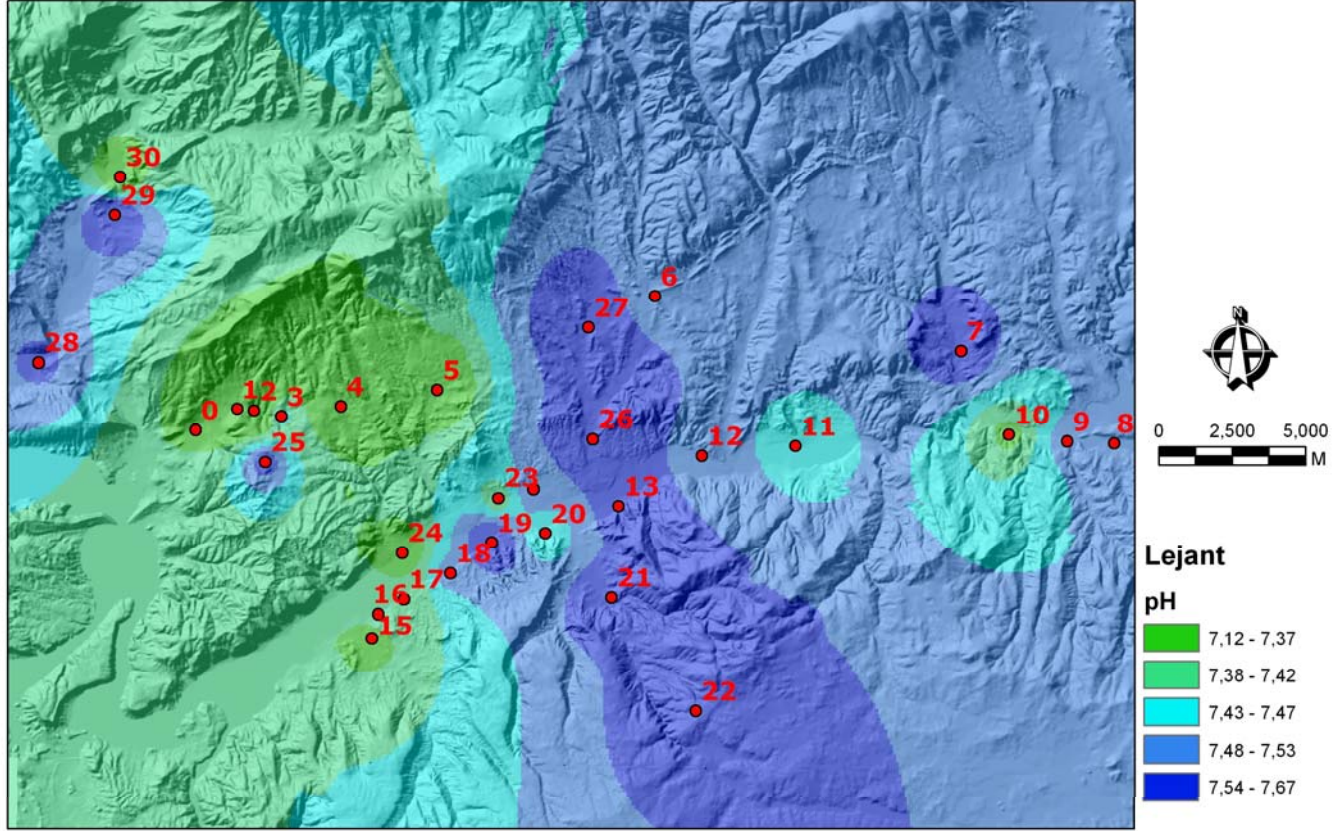
Hakim rüzgar yönü tersi olan Kuzey batı (KB) yönünden alınan toprak örneklerinin (28-30) pH değerleri ise 7.29-7.63 değerleri arasında olup, hafif alkali ve alkali karakter göstermektedir. Yapılan korelasyon analiz sonuçlarına göre örneklerin pH değerleri ile kireç ($r=0.891$) ve Ca ($r= 0.971$) ile $P<0.001$ düzeyinde önemli pozitif ve kil ($r= -0.963$), toplam Pb ($r= -0.974$), toplam Cu ($r= -0.941$) ve üreaz enzim aktivitesi ($r= -0.950$) ile negatif ilişki belirlenmiştir.

Araştırma topraklarının pH değişim katmanları Şekil 7’de verilmiştir. Şekilden de görüldüğü gibi Kuzey doğu (KD) yönü topraklarının pH değerleri (renk değişim ıskalasını yeşil) diğer yönlerin pH değerlerinden daha düşük olup belirgin bir fark görülmektedir. Düşük pH gösteren toprakların hakim rüzgar yönü doğrultusunda olması ve pH’nın asit karaktere doğru azalma gösterdiği örneklerde toprakların toplam ve ekstrakte edilebilir kükürt ile Cd ve Pb değerlerinin daha yüksek olması (Bkz. Çizelge 9) ve düşük pH ile SO₂ emisyonları ile doğrudan bir ilişki kurulması çok doğru bir yaklaşım olmayabilir. Ancak bu durumun aksini de söylemek zordur. Zira pH azalmalarının bulunduğu alanlardaki toprak örneklerinde Çayırhan termik santralının kurulmasından önceki dönemlere ilişkin toprak fiziko-kimyasal verilerinin bulunmayışı bir yorum yapmayı güçleştirmektedir.

Bu nedenle bu çalışmada yapılan örnekleme noktalarına ait elde edilen değerler, gelecekte bölgenin ve toprakların ekolojik değişimlerinin takip edilmesinde bir hareket noktası olarak ele alınabilir. Araştırma alanı ve Çayırhan termik santralinin çevre topraklarına etkisi ile ilgili bir çalışmam bulunmamakta ancak, Yatağan termik santralinin emisyon zararlanmalarını ele alan Sarıgül (1991)'e göre, emisyon etkisi altında kalan orman serilerinde 0-5 cm'lik toprak katmanlarında asitleşme eğilimi göstermektedir.

Çizelge 7. Toprakların bazı kimyasal özellikleri

Örnek No	Santrale uzaklık (m)	pH	EC dS m ⁻¹	Kireç (%)	O.M (%)	N (%)
1	1.596	7,34	2,18	22,09	2,17	0,07
2	2.100	7,12	2,25	8,25	1,50	0,08
3	2.953	7,44	0,42	20,00	1,34	0,07
4	5.031	7,29	1,92	1,33	1,26	0,13
5	8.361	7,27	2,22	13,26	1,93	0,09
6	16.331	7,49	0,57	24,30	2,52	0,17
7	26.262	7,57	0,41	23,86	2,21	0,08
8	31.356	7,5	0,42	8,84	0,89	0,07
9	29.757	7,49	0,67	5,16	0,89	0,15
10	27.763	7,35	0,19	7,66	2,02	0,12
11	20.474	7,43	1,96	22,53	2,44	0,13
12	17.308	7,51	0,58	9,57	2,60	0,16
13	14.665	7,55	0,65	20,91	1,42	0,14
14	11.701	7,51	0,63	10,16	2,21	0,09
15	9.306	7,32	0,18	4,57	1,21	0,09
16	8.853	7,42	0,21	10,31	0,98	0,14
17	9.150	7,38	0,33	11,78	1,02	0,06
18	9.972	7,5	0,49	10,16	1,33	0,16
19	10.809	7,65	0,48	17,97	1,21	0,08
20	12.445	7,42	0,70	17,23	0,94	0,10
21	15.295	7,59	0,21	7,07	0,49	0,07
22	19.587	7,62	0,11	19,15	1,18	0,10
23	10.579	7,38	0,91	10,16	1,14	0,15
24	8.184	7,28	0,25	25,33	1,27	0,11
25	2.611	7,57	0,25	8,84	1,43	0,11
26	13.545	7,67	0,76	22,39	2,05	0,13
27	13.851	7,62	0,73	26,07	2,29	0,16
28	9.037	7,29	0,59	9,34	0,95	0,11
29	7.845	7,63	0,38	19,45	1,23	0,09
30	5.841	7,54	0,24	18,71	2,11	0,12



Şekil 7. Örnekleme noktalarının pH değışim katmanları

3.3. Elektriksel İletkenlik (EC):

Araştırma topraklarının EC değerleri Çizelge 7’de verilmiştir. Toprakların EC değerleri 3 farklı yönden alınan örnekler ayrı ayrı ele alınarak değerlendirilmiştir.

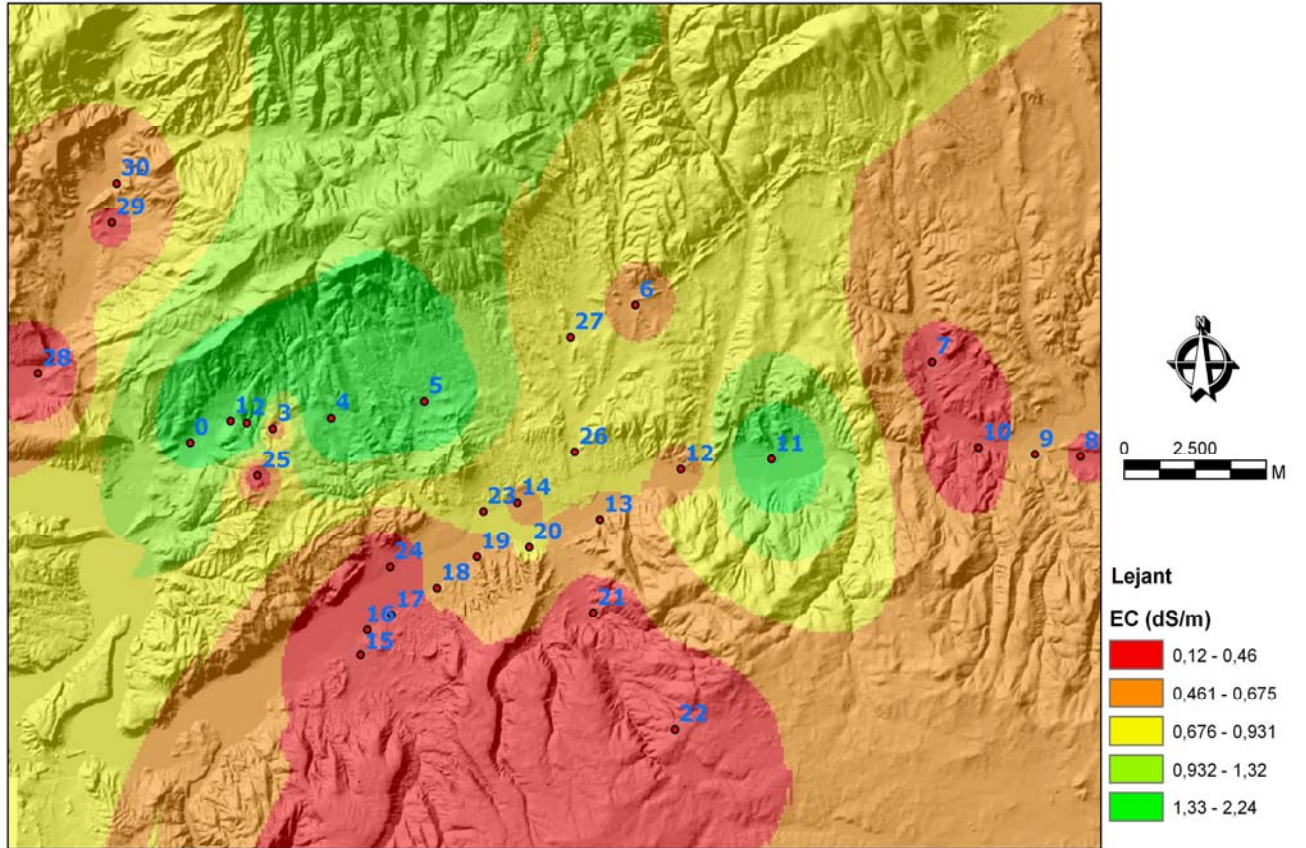
Kuzey doğu yönünden alınan örneklerin (1-7 nolu örnekler) EC değerleri 0.41-2.22 dS m⁻¹ arasında değişmektedir. Yukarıda belirtilen sınır değerler dikkate alındığında 1, 2 ve 5 nolu örneklerde ve kısmen de 4 nolu toprak örneğinde tuzluluk probleminin başladığı görülmektedir. 3, 6 ve 7 nolu topraklarında ise tuzluluk probleminin olmadığı anlaşılmaktadır. Yapılan korelasyon analiz sonuçlarına göre örneklerin EC değerleri ile toplam Cd (r= 0.699), toplam Pb (r= 0.742), toplam kükürt (r=0.909), ekstrakte edilebilir Cd (r= 0.912), ekstrakte edilebilir Pb (r= 0.938) kapsamları arasında P<0.001 düzeyinde önemli pozitif ve alkali fosfataz enzim aktivitesi (r= -0.948) ve pH (r= -0.875) arasında da P<0.001 düzeyinde önemli negatif ilişki belirlenmiştir.

Güney doğu yönünden alınan örneklerin (8-27 nolu örnekler) EC değerleri 0.11-1.96 dS m⁻¹ arasında değişmekte olup, tuz içermemektedir. Sadece 11 nolu toprak örneğinde kritik değer olan 2 dS m⁻¹ ‘ye yaklaşmıştır. Yapılan korelasyon analiz sonuçlarına göre örneklerin EC değerleri ile toplam kükürt (r= -0.908) ve ekstrakte edilebilir kükürt (r= -0.716) kapsamları arasında P>0.001 düzeyinde önemli negatif ilişki belirlenmiştir. Bu yönde alınan toprak örneklerinin EC değerleri ile organik madde (r= 0.481), toplam Pb (r= 0.590), ekstrakte edilebilir Pb (r= 0.503), ekstrakte edilebilir Ni (r= 0.594), ekstrakte edilebilir Cd (r= 0.761), ekstrakte edilebilir Zn (r= 0.450) ve asit fosfataz enzim aktivitesi (r= 0.571) arasında ise P>0.001 düzeyinde önemli pozitif ilişki belirlenmiştir. Toprak örneklerinin santrale olan mesafesi ile pH değerleri (r= 0.906) arasında da P>0.001 düzeyinde önemli pozitif ilişki belirlenmiştir.

Hakim rüzgar yönü tersi olan Kuzey batı yönünden alınan toprak örneklerinin (28-30) EC değerleri ise 0,24-0,59 dS m⁻¹ değerleri arasında olup, bu yöndeki topraklar herhangi bir tuz problemi içermemektedir. Yapılan korelasyon analiz sonuçlarına göre örneklerin EC değerleri ile yarayışlı Cd (r=0.959), asit fosfataz enzim aktivitesi (r= 0.997) ve OM (r= 0.924) ile P<0.001 düzeyinde önemli pozitif ve Nal (r= -0.977), yarayışlı Ni (r= -0.925), yarayışlı Zn(r= -0.934) ve yarayışlı Mn (r= -0.933) ile negatif ilişki belirlenmiştir.

Araştırma topraklarının EC değişim katmanları Şekil 8’de verilmiştir. Şekilden de görüldüğü gibi kuzey doğu yönü topraklarının (renk değişim ıskalası yeşil) diğer yönlere göre (11 nolu toprak hariç) EC kapsamlarının daha yüksek olduğu ve tuzluluk sorununun başladığı

görülmektedir. Son yıllarda tuzluluğun ifadesinde sonucun daha doğru, hızlı ve çok amaçlı değerlendirilmesi nedeniyle elektriksel iletkenlik (EC) değeri kullanılmaktadır. Tuzlu toprakların ekstraktında geleneksel olarak toprak ekstraktında okunan EC ile toprakların değişebilir Na yüzdesi esas alınmaktadır. Her ne kadar tuza duyarlı bitkiler 2-4 dS m⁻¹ EC değerlerinde etkilenirse de tuzlu ve tuzsuz toprakların ayırt edilmesinde 4 dS m⁻¹ EC değeri esas alınmaktadır (Richards 1954). Ancak A.B.D. Toprak Bilimi Derneği Terminoloji Komitesi tuzluluk için sınır değerinin, gelecekte potansiyel tehlike oluşturduğundan 2 dS m⁻¹ EC'nin kabul edilmesini önermektedir.



Şekil 8. Örnekleme noktalarının EC değişim katmanları

3.4. Kireç İçeriği (CaCO₃):

Araştırma topraklarının kireç kapsamı Çizelge 7’de verilmiştir.

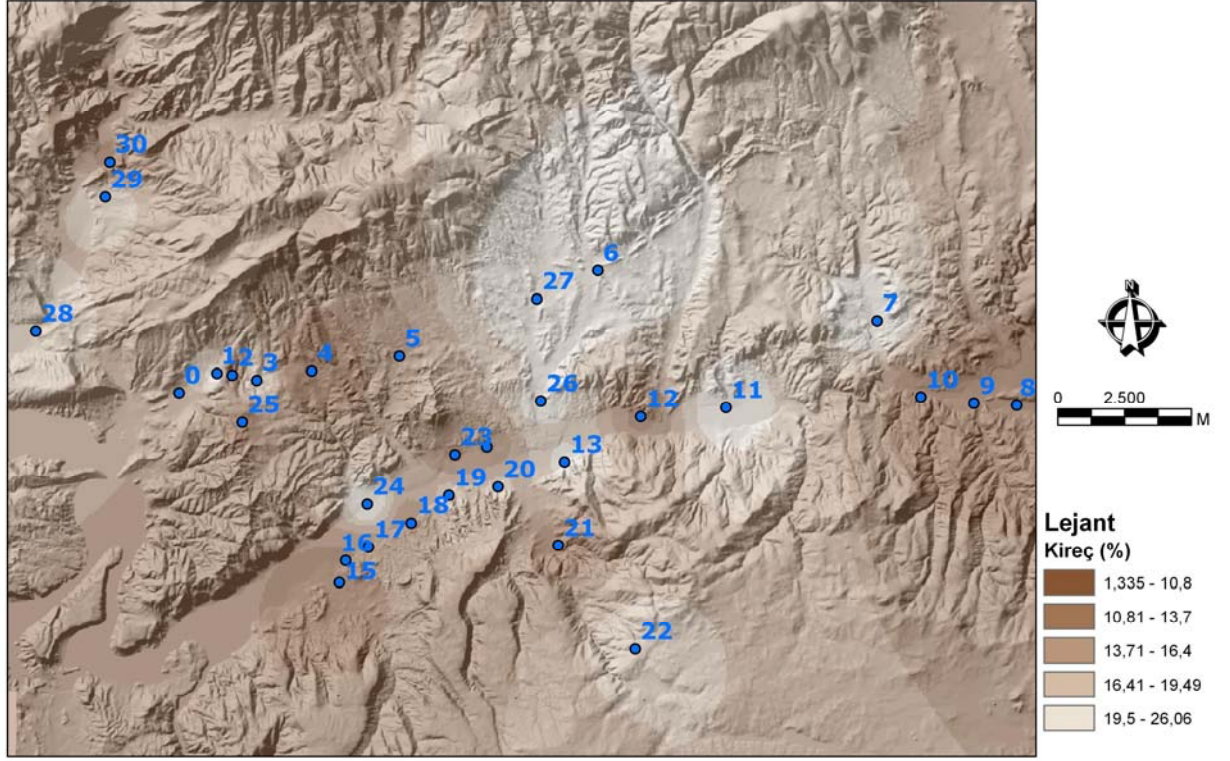
Kuzey doğu yönünden alınan örneklerin (1-7 nolu örnekler) kireç içerikleri % 1.33-24.3 değerleri arasında değişiklik göstermiştir. Dört nolu toprak hariç diğer topraklar kireçli sınıfına girmektedir.

Buna göre KD yönü topraklarında yapılan korelasyon analiz sonuçlarına göre örneklerin kireç kapsamı ile toplam kükürt ($r = -0.785$), asit fosfataz enzim aktivitesi ($r = -0.692$), ekstrakte edilebilir Pb ($r = -0.796$) ve ekstrakte edilebilir Cd ($r = -0.868$) kapsamı arasında $P < 0.001$ düzeyinde ve toplam Pb kapsamı ($r = -0.657$) arasında da $P > 0.05$ düzeyinde önemli negatif ilişki belirlenmiştir. Bu yönde alınan toprak örneklerinin kireç kapsamı ile pH ($r = 0.747$) ve OM ($r = 0.716$) kapsamı arasında $P < 0.001$ düzeyinde önemli pozitif ilişki belirlenmiştir. Toprak örneklerinin santrale olan mesafesi ile kireç kapsamı arasında istatistiksel olarak önemli sayılabilecek bir ilişki belirlenmemiştir.

Güney doğu yönünden alınan örneklerin (8-27 nolu örnekler) kireç içerikleri % 4.57-26.07 arasında değişmekte olup, kireçli topraklar sınıfına girmektedirler. Yapılan korelasyon analiz sonuçlarına göre örneklerin kireç değerleri ile toplam Pb ($r = 0.455$), değişebilir Zn ($r = 0.554$), değişebilir K ($r = 0.758$) kapsamı arasında $P < 0.001$ düzeyinde önemli pozitif ilişki belirlenmiştir.

Hakim rüzgar yönü tersi olan Kuzey batı yönünden alınan toprak örneklerinin (28-30) kireç içerikleri ise % 9.34-19.45 değerleri arasında değişmektedir. Yapılan korelasyon analiz sonuçlarına göre örneklerin kireç değerleri ile yarayıslı Cu ($r = 0.934$), Ca ($r = 0.990$) ile $P < 0.001$ düzeyinde önemli pozitif ve toplam Pb ($r = -0.997$) ve toplam Zn ($r = -0.954$) ile negatif ilişki belirlenmiştir.

Araştırma topraklarının kireç değişim katmanları Şekil 9’da verilmiştir.



Şekil 9. Örnekleme noktalarının kireç değişim katmanları

3.5. Toprak Organik Maddesi (OM):

Araştırma topraklarının organik madde kapsamı Çizelge 7’de verilmiştir.

Kuzey doğu yönünden alınan örneklerin (1-7 nolu örnekler) organik madde kapsamı % 1.26-2.52 değerleri arasında değişiklik göstermiştir. Kültür topraklarının kapsadıkları OM miktarına göre sınıflandırılmasına göre; % 1’den az OM içeriyorsa az humuslu, % 1.1-2 orta humuslu, % 2.1-5 fazla humuslu şeklindedir. Bu sınır değerlerine göre 1, 6 ve 7 nolu toprakların OM kapsamı % 2’nin üzerinde olup OM’ce yeterlidir. 2, 3, 4 ve 5 nolu topraklarda % 1-2 arasında OM içermekte olup orta humuslu toprak sınıfına girmektedir. Yapılan korelasyon analiz sonuçlarına göre toprakların organik madde kapsamı ile kireç ($r=0.716$) ve üreaz enzim aktivitesi ($r=0.743$) ile $P<0.001$ düzeyinde önemli pozitif ilişki belirlenmiştir.

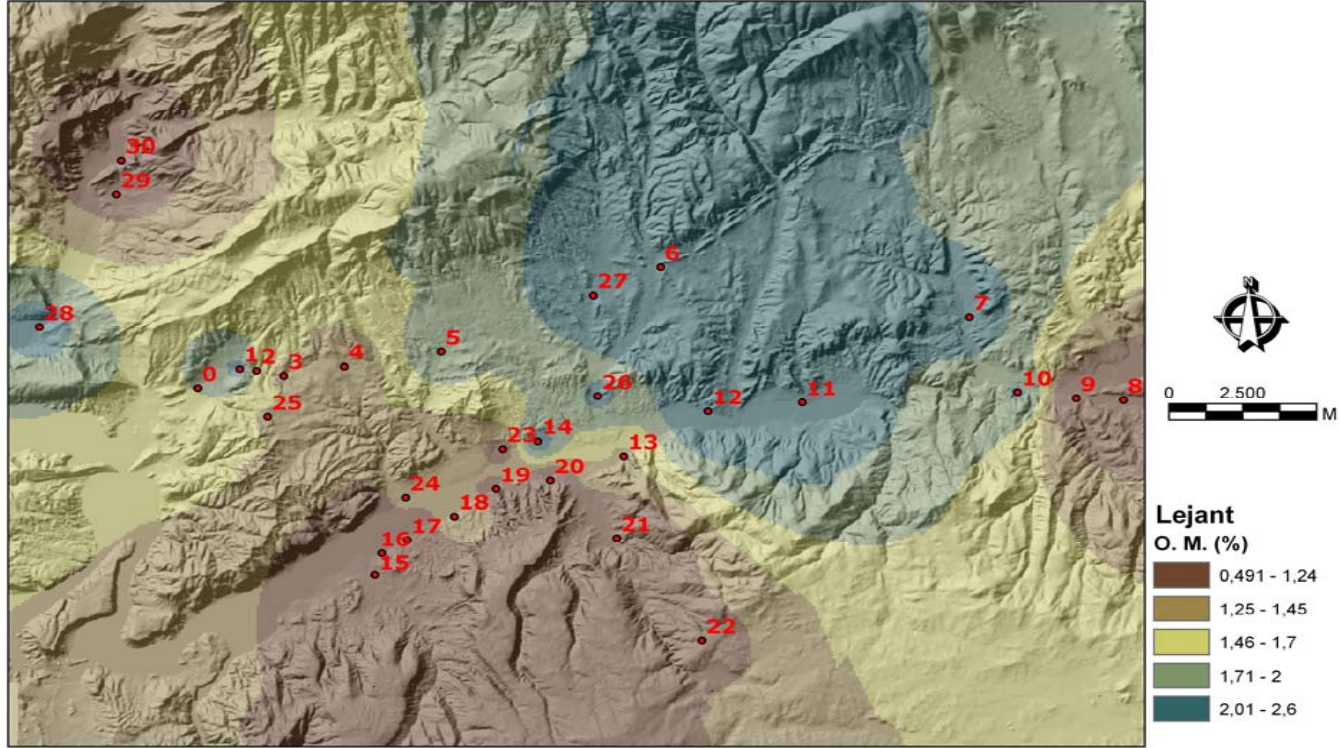
Güney doğu yönünden alınan örneklerin (8-27 nolu örnekler) organik madde kapsamı % 0.49-2.44 arasında değişmektedir. Buna göre, 10, 11, 12, 14, 26 ve 27 nolu toprakların OM

kapsamları % 2'nin üzerinde olup OM'ce yeterlidir. Buna karşın 8, 9, 16, 20 ve 21 nolu topraklarda OM % 1'in altında olup OM'ce yetersiz az humuslu topraklar sınıfına girmektedir. Yapılan korelasyon analiz sonuçlarına göre örneklerin OM kapsamları ile toplam Pb ($r= 0.501$), toplam Cd ($r= 0.800$), toplam Ni ($r= 0.662$), toplam S ($r= 0.667$), ekstrakte edilebilir Pb ($r= 0.660$), ekstrakte edilebilir Ni ($r= 0.663$), ekstrakte edilebilir Cd ($r= 0.651$), yararışlı S ($r= 0.564$), değişebilir Ca ($r= 0.509$) ve aryl-sülfataz enzim aktivitesi ($r= 0.425$) arasında $P<0.001$ düzeyinde önemli pozitif ilişki belirlenmiştir.

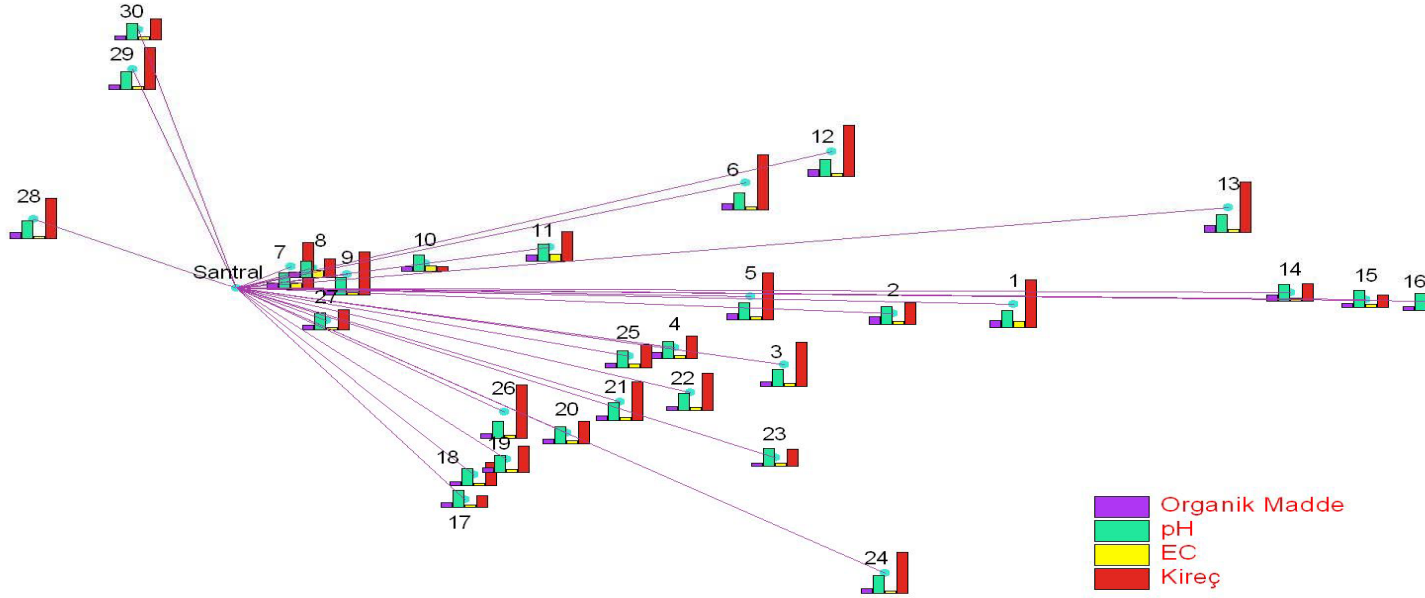
Hakim rüzgar yönü tersi olan Kuzey batı yönünden alınan toprak örneklerinin (28-30) organik madde kapsamları ise % 0.95-2.11 değerleri arasında değişmektedir. 28 nolu toprak OM'ce yeterli (fazla humuslu toprak), 29 nolu toprak % 1'den fazla OM içerip orta humuslu toprak ve 30 nolu toprak örneği de %1'den az OM içermekte ve az humuslu toprak sınıfına girmektedir. Yapılan korelasyon analiz sonuçlarına göre örneklerin OM değerleri ile Na ($r=0.981$), asit fosfataz enzim aktivitesi ($r= 0.997$) ve yararışlı Zn ($r= 0.961$) ile $P<0.001$ düzeyinde önemli pozitif ve yararışlı Cd ($r= -0.994$), beta glukozidaz ($r= -0.993$) ve beta galaktozidaz enzim aktivitesi ($r= -0.996$) ile negatif ilişki belirlenmiştir.

Mineral toprakların adsorbsiyon güçlerinin yaklaşık % 30-90'ını sağlayan organik madde, mineral kolloidlere göre çok daha fazla katyon değişim kapasitesine sahiptir. Bütün bunların yanında, yüzeylerinde kolaylıkla değişebilen katyonlar içeren organik maddenin çeşitli komponentleri aracılığıyla topraktaki bazı minerallerin yararlanılabilir hale geçmesini sağladığı bilinmektedir. Tipik bir çayır toprağının üst katmanı % 5-6 OM kapsarken, kuru bir çöl toprağı % 1'den az OM içerir. Mineral yüzey topraklarının büyük çoğunluğu, genel olarak % 0.5-5 arasında OM kapsar. Araştırma bölgesi topraklarının çoğunluğu organik maddece fakir yada orta düzeydedir.

Araştırma topraklarının OM değişim katmanları Şekil 10'da ve araştırma alanının her bir örnekleme noktasının pH, EC , kireç ve OM dağılımları da Şekil 11'de verilmiştir.



Şekil 10. Örnekleme noktalarının organik madde değişim katmanları



Şekil 11. Örnekleme noktalarının pH, EC, kireç ve organik madde dağılımları

3.6. Toplam Azot:

Araştırma topraklarının toplam azot kapsamaları Çizelge 7’de verilmiştir.

Kuzey doğu yönünden alınan örneklerin (1-7 nolu örnekler) azot kapsamaları % 0.07-0.13 arasında değişmektedir. FAO (1990)’ nun belirtmiş olduğu topraklarda N sınır değerlerine göre değerlendirildiğinde 1, 2, 3 ve 7 nolu topraklarda N noksanlığı bulunmakta, 4, 5 ve 6 nolu topraklarda ise N yeterli durumdadır.

Güney doğu yönünden alınan örneklerin (8-27 nolu örnekler) azot kapsamaları % 0.06-0.16 arasında değişmektedir. GD yönünden alınan 17, 19 ve 21 nolu toprak örneklerinde azot noksanlığı bulunurken, diğer toprak örneklerinde N yeterli durumdadır (FAO 1990).

Hakim rüzgar yönü tersi olan Kuzey batı yönünden alınan toprak örneklerinin (28-30) azot kapsamaları ise % 0.09-0.17 değerleri arasında değişmektedir. Bu yöndeki topraklarda N yeterli durumdadır (FAO 1990).

3.7. Değişebilir Kalsiyum (Ca):

Araştırma topraklarının değişebilir Ca kapsamaları Çizelge 8’de verilmiştir.

Kuzey doğu yönünden alınan örneklerin (1-7 nolu örnekler) Ca kapsamaları 18.30-73.75 me 100 g⁻¹ arasında değişmektedir. Değişebilir Ca açısından bu yöndeki topraklar Jackson (1962)’in sınır değer olarak verdiği 10 me 100 g⁻¹ ‘in üstünde değerler içermekte olup, noksanlık açısından bir sorun bulunmamaktadır.

Güney doğu yönünden alınan örneklerin (8-27 nolu örnekler) Ca kapsamaları 10.09-37.94 me 100 g⁻¹ arasında değişmektedir. Toprakların Ca kapsamaları ile organik madde (r= 0.509) kapsamaları arasında P<0.001 düzeyinde önemli pozitif ilişki belirlenmiştir.

Hakim rüzgar yönü tersi olan Kuzey batı yönünden alınan toprak örneklerinin (28-30) Ca kapsamaları ise 23.67-30.55 me 100 g⁻¹ değerleri arasında değişmektedir. Yapılan korelasyon analiz sonuçlarına göre örneklerin Ca kapsamaları ile yarıyıllı Fe (r=0.937), pH (r= 0.971) ve kil (r= 0.982) ile P<0.001 düzeyinde önemli pozitif ve toplam Pb (r= -0.981) ve toplam Zn (r= -0.954) ile negatif ilişki belirlenmiştir.

Ekonomik ürün tarımsal yönden iyi özellikli topraklardan elde edilir. Bu topraklarda yer alan değişebilir katyonların başında Ca gelmektedir. Ca bir temel besin maddesidir. Nadir olarak topraklarda yetersizliği görülür. Topraklarda Ca statüsünün yüksek olması istenir. Çünkü Ca,

asit topraklarda Al, sodik topraklarda da Na olmak üzere diğer katyonların oranının az olmasını sağlar. Asidik ve sodik toprakların yıkanması veya ıslahında amaç Al ve Na yerine Ca iyonlarının yerleştirilmesidir.

Çizelge 8. Toprakların değişebilir katyon kapsamı

Örnek No	Santrale uzaklık (m)	Değişebilir Katyonlar Me 100 g ⁻¹			
		Ca	Mg	Na	K
1	1.596	73,75	38,35	1,38	19,70
2	2.100	18,30	17,16	1,57	8,89
3	2.953	20,13	36,43	2,30	22,45
4	5.031	37,11	35,96	2,48	17,86
5	8.361	20,29	0,743	0,85	10,37
6	16.331	39,71	33,75	6,80	21,26
7	26.262	38,82	32,35	13,86	21,84
8	31.356	31,16	26,85	7,19	8,34
9	29.757	19,67	39,54	23,73	4,41
10	27.763	37,94	17,32	0,58	8,45
11	20.474	35,43	20,24	10,63	22,28
12	17.308	29,81	28,79	26,07	6,44
13	14.665	27,86	23,40	22,75	9,20
14	11.701	14,78	27,81	28,30	18,21
15	9.306	14,28	27,94	4,01	9,04
16	8.853	28,11	35,80	15,57	4,45
17	9.150	15,12	36,82	18,74	8,38
18	9.972	17,97	32,14	22,76	9,18
19	10.809	25,87	29,68	11,48	17,18
20	12.445	16,54	30,56	22,79	22,30
21	15.295	10,09	23,00	1,38	13,90
22	19.587	18,23	31,85	1,40	18,71
23	10.579	23,17	45,46	29,60	10,08
24	8.184	27,46	42,13	25,87	26,77
25	2.611	22,13	50,75	1,88	0,41
26	13.545	26,39	28,70	27,50	15,90
27	13.851	27,02	27,06	22,67	21,91
28	9.037	23,67	20,33	24,45	19,86
29	7.845	30,55	26,34	29,17	16,35
30	5.841	29,43	19,84	36,33	24,58

3.8. Değişebilir Magnezyum (Mg):

Araştırma topraklarının değişebilir Mg kapsamı Çizelge 8’de verilmiştir.

Kuzey doğu yönünden alınan örneklerin (1-7 nolu örnekler) Mg kapsamı 0.743-38.35 me 100 g⁻¹ arasında değişmektedir. Değişebilir Mg açısından bu yöndeki topraklar (5 nolu toprak hariç) Jackson (1962)’in sınır değeri olarak verdiği 3 me 100 g⁻¹ ‘in üstünde değerler içermekte olup, Mg açısından bir sorun bulunmamaktadır, 5 nolu toprak örneğinde ise Mg noksanlığı vardır.

Güney doğu yönünden alınan örneklerin (8-27 nolu örnekler) Mg kapsamı 17.32-50.75 me 100 g⁻¹ arasında değişmektedir. Değişebilir Mg açısından bu yöndeki topraklar Jackson (1962)’in sınır değeri olarak verdiği 3 me 100 g⁻¹ ‘in üstünde değerler içermekte olup, Mg açısından bir sorun bulunmamaktadır. Toprakların Mg kapsamı ile diğer toprak özellikleri arasında istatistiksel olarak önemli sayılabilecek herhangi bir ilişki belirlenmemiştir.

Hakim rüzgar yönü tersi olan Kuzey batı yönünden alınan toprak örneklerinin (28-30) Mg kapsamı ise 19.84-26.34 me 100 g⁻¹ değerleri arasında değişmektedir. Değişebilir Mg açısından bu yöndeki topraklar Jackson (1962)’in sınır değeri olarak verdiği 3 me 100 g⁻¹ ‘in üstünde değerler içermekte olup, Mg açısından bir sorun bulunmamaktadır. Yapılan korelasyon analiz sonuçlarına göre örneklerin Mg kapsamı ile toplam Ni (r=0.941), toplam Fe (r= 0.971), yarayışlı Cu (r= 0.971) ve alkali fosfataz (r= 0.970) ile P<0.001 düzeyinde önemli pozitif ilişki belirlenmiştir.

Yer kabuğunun % 1.93’ünü Mg elementi oluşturur. Topraklardaki Mg miktarı geniş sınırlar içerisinde değişir. Bu değer kumlu topraklarda % 0.05, killi topraklarda ise % 0.5’e kadar çıkabilmektedir. Toprakta bulunan değişebilir Mg iyonları toplam Mg’un %5’i civarındadır. Topraktaki değişebilir katyonların %80 kadarını oluşturan Ca iyonlarından az, %4 ve daha az miktarı oluşturan K iyonlarından fazladır. Mg toprakta değişebilir katyonların içerisinde ikinci sırada bulunmasına rağmen üzerinde en az çalışılan iyondur. Fazla miktarda değişebilir Mg kapsamı çoğu zaman zayıf fiziksel koşullar ve yüksek pH ile ilgilidir ve sodik toprak koşullarına benzer. Diğer bazik katyonlar gibi, Mg iyonu da asit topraklarda az, alkalik topraklarda ise daha fazla bulunur.

3.9. Değişebilir Sodyum (Na):

Araştırma topraklarının değişebilir Na kapsamaları Çizelge 8'de verilmiştir.

Kuzey doğu yönünden alınan örneklerin (1-7 nolu örnekler) Na kapsamaları 0.85-13.86 me 100 g⁻¹ arasında değişmektedir. Jackson (1962) ve Chapman (1973) adlı araştırmacılara göre topraklardaki sodyumun bitki için ideal sınırları 0.2-5 me 100 g⁻¹ kabul edilirse, 1-5 nolu topraklarda saptanan Na'un bu düzeyler arasında kaldığı ve herhangi bir noksanlık veya fazlalık sorununun bulunmadığı ancak 6 ve 7 nolu topraklarda Na fazlalığı olduğu belirlenmiştir. Toprakların Na kapsamaları ile pH (r= 0.774) ve potasyum (r= 0.929) kapsamaları arasında P<0.001 düzeyinde önemli pozitif ve toplam S (r= -0.834) ve toplam Cd (r= -0.811) arasında da P<0.001 düzeyinde önemli negatif ilişki belirlenmiştir.

Güney doğu yönünden alınan örneklerin (8-27 nolu örnekler) Na kapsamaları 0.58-29.60 me 100 g⁻¹ arasında değişmektedir. Topraklardaki sodyumun bitki için ideal sınırları 0.2-5 me 100 g⁻¹ kabul edilirse, 10, 15, 21, 22 ve 25 nolu topraklarda saptanan Na'un bu düzeyler arasında kaldığı ve herhangi bir noksanlık veya fazlalık sorununun bulunmadığı ancak bu topraklar dışındaki örneklerde Na fazlalığı olduğu belirlenmiştir. Toprakların Na kapsamaları ile K (r= 0.783) kapsamaları arasında P<0.001 düzeyinde önemli pozitif ilişki belirlenmiştir.

Hakim rüzgar yönü tersi olan Kuzey batı yönünden alınan toprak örneklerinin (28-30) Na kapsamaları ise 24.45-36.33 me 100 g⁻¹ değerleri arasında değişmektedir. Yapılan korelasyon analiz sonuçlarına göre örneklerin Na kapsamaları ile OM (r= 0.981) ile P<0.001 düzeyinde önemli pozitif ve uzaklık (r= -0.996) ve EC (r= -0.977) ile negatif ilişki belirlenmiştir.

Topraktaki değişebilir katyonları basitçe nötral tuz çözeltileriyle topraktan uzaklaştırılabilen katyonlar diye tanımlayabiliriz. Değişebilir iyonlar toprak kolloid maddelerinin yüzeylerini saran çift katman iyonlarını içerir. Verimli bir tarım toprağında değişebilir iyonlar miktar olarak Ca>Mg>K=Na sırasını izler. Araştırma topraklarına bakıldığı zaman sadece 1, 2, 4,6,7,8 ve 10 nolu örneklerin değişebilir katyon miktarları bu sırayı takip etmekte ve verimli toprak olarak nitelendirilmekte iken diğer toprak örneklerinde Na, K ve Mg iyonlarından birisinin fazlalığı dikkat çekmektedir. Toprakta yüksek Mg bitkinin Ca alımına engel olabilir.

3.10. Değişebilir Potasyum (K):

Araştırma topraklarının değişebilir K kapsamaları Çizelge 8’de verilmiştir.

Kuzey doğu yönünden alınan örneklerin (1-7 nolu örnekler) K kapsamaları 8.89-22.45 me 100 g⁻¹ arasında değişmektedir. Toprakların K kapsamaları ile pH (r= 0.870) ve Na (r= 0.929) kapsamaları arasında P<0.001 düzeyinde önemli pozitif ve toplam S (r= -0.819) ile P<0.001 ve toplam Cd (r= -0.683) ile de P<0.05 düzeyinde önemli negatif ilişki belirlenmiştir.

Güney doğu yönünden alınan örneklerin (8-27 nolu örnekler) K kapsamaları 0.41-26.77 me 100 g⁻¹ arasında değişmektedir. Toprakların K kapsamaları ile Na (r= 0.783) kapsamaları arasında P<0.001 düzeyinde önemli pozitif ilişki belirlenmiştir.

Hakim rüzgar yönü tersi olan Kuzey batı yönünden alınan toprak örneklerinin (28-30) K kapsamaları ise 16.35-24.58 me 100 g⁻¹ değerleri arasında değişmektedir.

Değişebilir K açısından her 3 yöndeki topraklar Jackson (1962)’in sınır değer olarak verdiği 0.3 me 100 g⁻¹ ‘in üstünde K içermekte olup, K açısından topraklarda bir sorun bulunmamaktadır. Yapılan korelasyon analiz sonuçlarına göre örneklerin K değerleri ile toplam Ni (r= -0.962) ve toplam Fe (r= -0.938) ile P<0.001 düzeyinde önemli negatif ilişki belirlenmiştir.

Potasyum, azot ve fosfordan sonra çok önemli üçüncü besin elementidir. Humid ve sıcak bölge toprakları çoğunlukla tarımsal üretim için yeterli K’u sağlayamazlar. Yüksek K fiksasyon gücüne sahip topraklar fazla miktarda potasyumlu gübreye ihtiyaç göstereceklerinden dolayı ekonomik değildirler. Topraklardan yıkanarak meydana gelen K kaybı, K fiksasyon oranı ile karşılaştırıldığında, bazı çok kumlu topraklar dışında oldukça yüksektir.

3.11. Toplam Demir (Fe)

Araştırma topraklarının toplam Fe kapsamı Çizelge 9’da verilmiştir.

Kuzey doğu yönünden alınan örneklerin (1-7 nolu örnekler) toplam Fe kapsamı % 0.14-0.99 arasında değişmektedir. Topraklarda toplam Fe içeriği % 0.5-5 olarak verilmektedir (Scheffer ve Schachtschabel 1984). Buna göre araştırma topraklarından 2 ve 7 nolu topraklarda Fe noksanlığı bulunmakta diğer toprakların toplam Fe düzeyleri normal düzeydedir. Araştırmada kullanılan KD yönü toprak örneklerinin toplam Fe kapsamı ile analizi yapılan diğer toprak özellikleri arasındaki ilişkileri saptamak amacıyla yapılan korelasyon analizi sonuçlarına göre; Toprakların toplam Fe kapsamı ile kil ($r= 0.900$), toplam Cu ($r= 0.965$) ve toplam Mn ($r= 0.913$) arasında $P<0.001$ düzeyinde önemli pozitif ve değişebilir Ca ($r=-0.726$) ile de $P<0.001$ düzeyinde önemli negatif ilişki belirlenmiştir.

Güney doğu yönünden alınan örneklerin (8-27 nolu örnekler) toplam Fe kapsamı % 0.3-1.77 arasında değişmektedir. GD yönünden alınan toprakların toplam Fe kapsamı oldukça değişkenlik göstermektedir. 20 nolu örnek hariç toprakların toplam Fe kapsamı yukarıda belirtilen sınır değerleri dikkate alındığında Fe noksanlığı açısından herhangi bir sorun bulunmamaktadır. GD yönünden alınan toprakların toplam Fe kapsamı ile toplam Zn ($r= 0.713$), toplam Ni (0.657), toplam Cu ($r= 0.846$) ve toplam Mn ($r= 0.760$) arasında $P<0.001$ düzeyinde önemli pozitif ilişki belirlenmiştir.

Hakim rüzgar yönü tersi olan Kuzey batı yönünden alınan toprak örneklerinin (28-30) toplam Fe kapsamı ise % 0.12-1.357 değerleri arasında değişmektedir. Bu yöndeki topraklarda belirlenen toplam Fe değerleri yukarıda belirtilen sınır değerler arasında olup Fe noksanlığı söz konusu değildir. Yapılan korelasyon analiz sonuçlarına göre örneklerin toplam Fe kapsamı ile diğer toprak özellikleri arasında istatistiksel olarak önemli sayılabilecek düzeyde bir ilişki belirlenmemiştir.

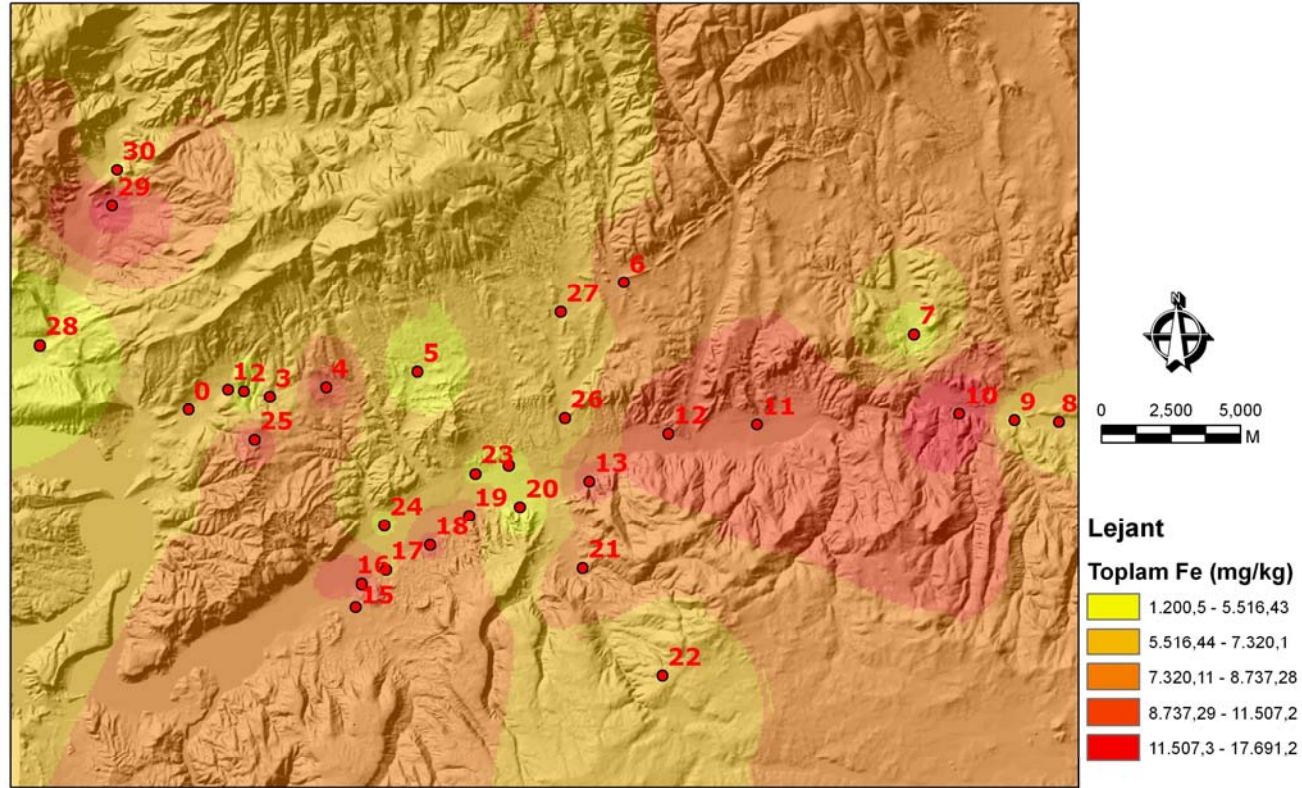
Toprakların toplam Fe içeriği toprakları oluşturan ana materyalin çeşidine bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Bu nedenle araştırma konusu olan bölgede yapılan toprak örnekleme sonucunda, toprakların değişen toplam Fe kapsamının toprakları oluşturan farklı ana materyallerden kaynaklanabileceği düşünülmektedir.

Çizelge 9. Araştırma topraklarının toplam iz element, ağır metal ve kükürt miktarları (mgkg⁻¹)

Örnek No.	Fe	Cu	Zn	Mn	Pb	Ni	Cd	S
1	7500	13,0	30,7	193	49,8	26,9	4,9	2500
2	1400	4,9	29,9	105	50,9	30,2	4,6	3270
3	6500	13,1	24,9	158	18,6	22,3	3,8	1300
4	9900	15,8	35,0	200	52,0	28,6	4,8	3000
5	3900	9,3	39,5	102	58,6	20,3	5,0	2400
6	7900	15,8	35,9	210	38,8	30,6	4,7	950
7	4400	9,8	18,8	133	44,9	16,0	2,5	100
8	6400	10,7	27,2	201	24,0	19,2	2,3	110
9	5200	9,1	17,7	193	35,1	13,2	1,8	100
10	17700	23,7	45,0	400	13,6	45,1	3,0	310
11	10700	18,8	50,6	255	106	55,6	4,7	1146
12	11400	17,8	46,4	221	87,5	46,8	5,4	4630
13	9500	16,5	35,5	324	75,1	29,0	3,3	300
14	5100	7,5	15,6	119	64,0	12,4	4,0	3100
15	7600	6,1	17,7	127	17,1	10,7	2,9	480
16	12300	15,9	39,7	223	74,1	34,0	3,6	400
17	6800	15,0	26,0	121	59,1	22,8	3,3	400
18	9400	17,0	30,2	150	36,9	26,2	2,8	600
19	8500	12,9	28,4	187	68,9	30,5	3,7	100
20	3000	5,9	10,7	51	23,4	10,5	2,2	120
21	8400	8,2	10,2	82	32,6	7,8	2,2	100
22	5500	8,9	20,3	96	55,9	15,0	2,9	120
23	5200	8,3	20,8	126	59,3	14,7	2,3	700
24	4800	9,1	17,2	107	40,5	17,4	3,0	900
25	10300	15,5	34,6	212	30,8	28,0	4,2	100
26	6800	13,0	43,7	249	79,5	52,0	4,9	1500
27	5900	13,1	33,3	200	49,3	21,6	4,2	210
28	5100	7,9	14,8	127	26,8	6,2	2,1	76
29	13570	6,5	2,5	115	10,7	8,9	0,5	97
30	1200	7,1	7,3	75	11,3	4,4	1,7	120

Fe'i besin maddesinin yanı sıra kirletici olarak ele aldığımızda ise Toprak Kirliliği Kontrol Yönetmeliğinde Fe ile ilgili herhangi bir sınır değeri bulunmamaktadır. Adriano ve ark. (1980), santralden çıkan küllerin Fe, Cu, Mn, Ni, Zn ve Cd gibi elementler içerdiğini, Long ve Davis (1989) ise kömürle çalışan termik santral çevresindeki topraklarda sadece Fe, Cu ve Sr'un önemli ölçüde biriktiğini ve 1.5 km mesafeye kadar olan santral yakınlarında Fe birikiminin olduğunu belirtmişlerdir. Araştırma topraklarında ise santrale uzaklıkla Fe artışı arasında böyle bir ilişki belirlenmemiştir. Ancak toprakların toplam Fe kapsamı ile Cd, Zn, Ni ve Cu kapsamı arasında önemli pozitif ilişki belirlenmiş olması bu metallerin arttığı yerlerde Fe kapsamının da artmış olduğunu göstermektedir. Santralden çıkan kül örneklerinin toplam Fe kapsamı % 2.9 olarak belirlenmiştir. Pichtel (1989), alkali uçucu küllerin asit olanlara göre üç kat fazla Fe, Zn ve Mn içerdiğini belirtmiştir.

Örnekleme noktalarının toplam Fe birikim katmanları Şekil 12'de verilmiştir. Toplam Fe kapsamının en yüksek olduğu alanlar kırmızı renk ile gösterilmiştir.



Şekil 12. Örnekleme noktalarının Toplam Fe birikim katmanları

3.12. Toplam Bakır (Cu):

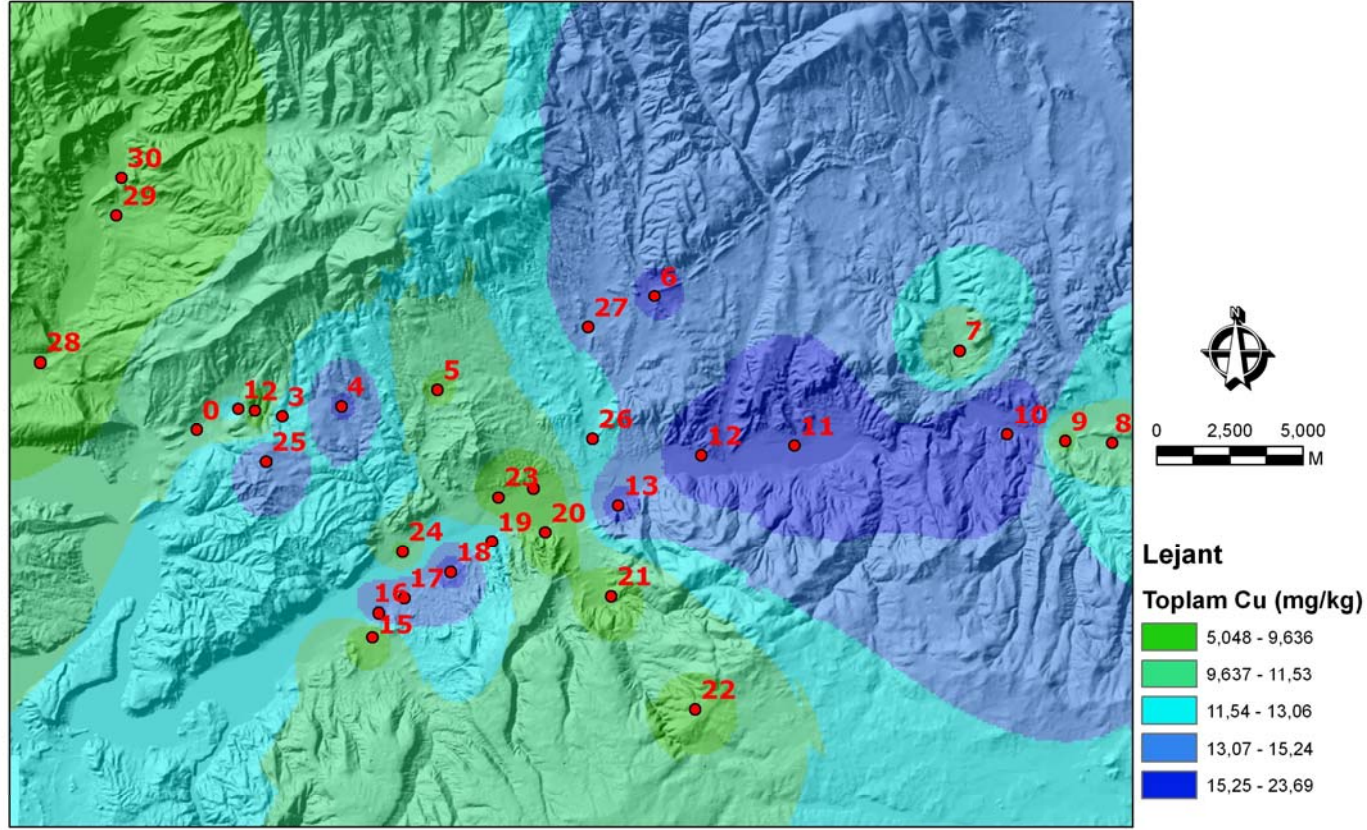
Araştırma topraklarının toplam Cu kapsamaları Çizelge 9’da verilmiştir.

Kuzey doğu yönünden alınan örneklerin (1-7 nolu örnekler) toplam Cu kapsamaları 4.90-15.80 mg kg⁻¹ arasında değişmektedir. Toprak Kirliliği Kontrol Yönetmeliğinde pH’sı 6’nın üzerindeki topraklarda Cu için belirtilen sınır değer 140 mg kg⁻¹ ‘dır (Çizelge 2). Buna göre Kuzey doğu yönünden alınan toprakların toplam Cu kapsamaları yönetmelik sınır değerlerinin altındadır. Aydemir ve İnce(1988)’ ye göre genel olarak topraklar 5-50 mg kg⁻¹ düzeyinde toplam Cu içermekte, bunu üstünde ise Cu birikiminden söz edilebileceğini belirtmişlerdir. Yerkabuğu Cu içeriği litosferde 20 mg kg⁻¹ olarak belirtilirken son zamanlarda bu değer 30 mg kg⁻¹ (24-55 mg kg⁻¹) olarak belirtilmektedir (Baker 1993). Bu değerlere göre de Çayırhan termik santrali KD yönü topraklarının Cu kapsamaları sınır değerleri aşmamaktadır. Araştırmada kullanılan KD yönü toprak örneklerinin toplam Cu kapsamaları ile analizi yapılan diğer toprak özellikleri arasındaki ilişkileri saptamak amacıyla yapılan korelasyon analizi sonuçlarına göre; Toprakların toplam Cu kapsamaları ile kil (r= 0.949), toplam Fe (r= 0.965) ve toplam Mn (r= 0.899) arasında P<0.001 düzeyinde önemli pozitif ve beta galaktozidaz enzim aktivitesi (r= - 657) arasında da P<0.001 düzeyinde önemli negatif ilişki belirlenmiştir.

Güney doğu yönünden alınan örneklerin (8-27 nolu örnekler) toplam Cu kapsamaları 5.90-23.70 mg kg⁻¹ arasında değişmektedir. Buna göre GD yönünden alınan toprakların toplam Cu kapsamaları yukarıda belirtilen sınır değerlerin altında olup Cu birikimi söz konusu değildir. GD yönünden alınan toprakların toplam Cu kapsamaları ile OM (r= 0.487), toplam Cd (r= 0.478), toplam Zn (r= 0.875), toplam Ni (0.809), toplam Fe (r= 0.846) ve toplam Mn (r= 0.791) arasında P<0.001 düzeyinde önemli pozitif ilişki belirlenmiştir.

Hakim rüzgar yönü tersi olan Kuzey batı yönünden alınan toprak örneklerinin (28-30) toplam Cu kapsamaları ise 6.5-7.9 mg kg⁻¹ değerleri arasında değişmektedir. Bu yöndeki topraklarda belirlenen Cu değerleri sınır değerlerin oldukça altındadır. Yapılan korelasyon analiz sonuçlarına göre örneklerin toplam Cu değerleri ile toplam Zn (r=0.938) ile P<0.001 düzeyinde önemli pozitif ve pH (r= -0.941) ile negatif ilişki belirlenmiştir.

Örnekleme noktalarının toplam Cu birikim katmanları Şekil 13’de verilmiştir. Toplam Cu kapsamalarının en yüksek olduğu alanlar koyu mavi renk ile gösterilmiştir.



Şekil 13. Örnekleme noktalarının Toplam Cu birikim katmanları

3.13. Toplam Çinko (Zn)

Araştırma topraklarının toplam Zn kapsamları Çizelge 9’da verilmiştir.

Kuzey doğu yönünden alınan örneklerin (1-7 nolu örnekler) toplam Zn kapsamları 18.8-39.5 mg kg⁻¹ arasında değişmektedir. Aydemir ve İnce (1988) ve Aktaş (1995) topraklarda 10-300 mg kg⁻¹ arasında Zn bulunduğunu, bunun üzerinde Zn birikiminin başladığını belirtmişlerdir. Kloke (1980) ise Zn kirliliği ile ilgili olarak 250 mg kg⁻¹ sınır değerini vermiştir. Toprak Kirliliği Kontrol Yönetmeliğinde (TKKY) pH’sı 6’nın üzerindeki topraklarda Zn için belirtilen sınır değer 300 mg kg⁻¹ ‘dır (Çizelge 2). Buna göre, Kuzey doğu yönünden alınan toprakların toplam Zn kapsamları sınır değerlerinin altındadır.

Araştırmada kullanılan KD yönü toprak örneklerinin toplam Zn kapsamları ile analizi yapılan diğer toprak özellikleri arasındaki ilişkileri saptamak amacıyla yapılan korelasyon analizi sonuçlarına göre; Toprakların toplam Zn kapsamları ile toplam Cd (r= 0.864) arasında P<0.001 düzeyinde önemli pozitif ilişki belirlenmiştir. KD yönünden alınan toprakların toplam Zn kapsamları ile diğer toprak özellikleri arasında ise istatistiksel olarak önemli sayılabilecek bir ilişki belirlenmemiştir.

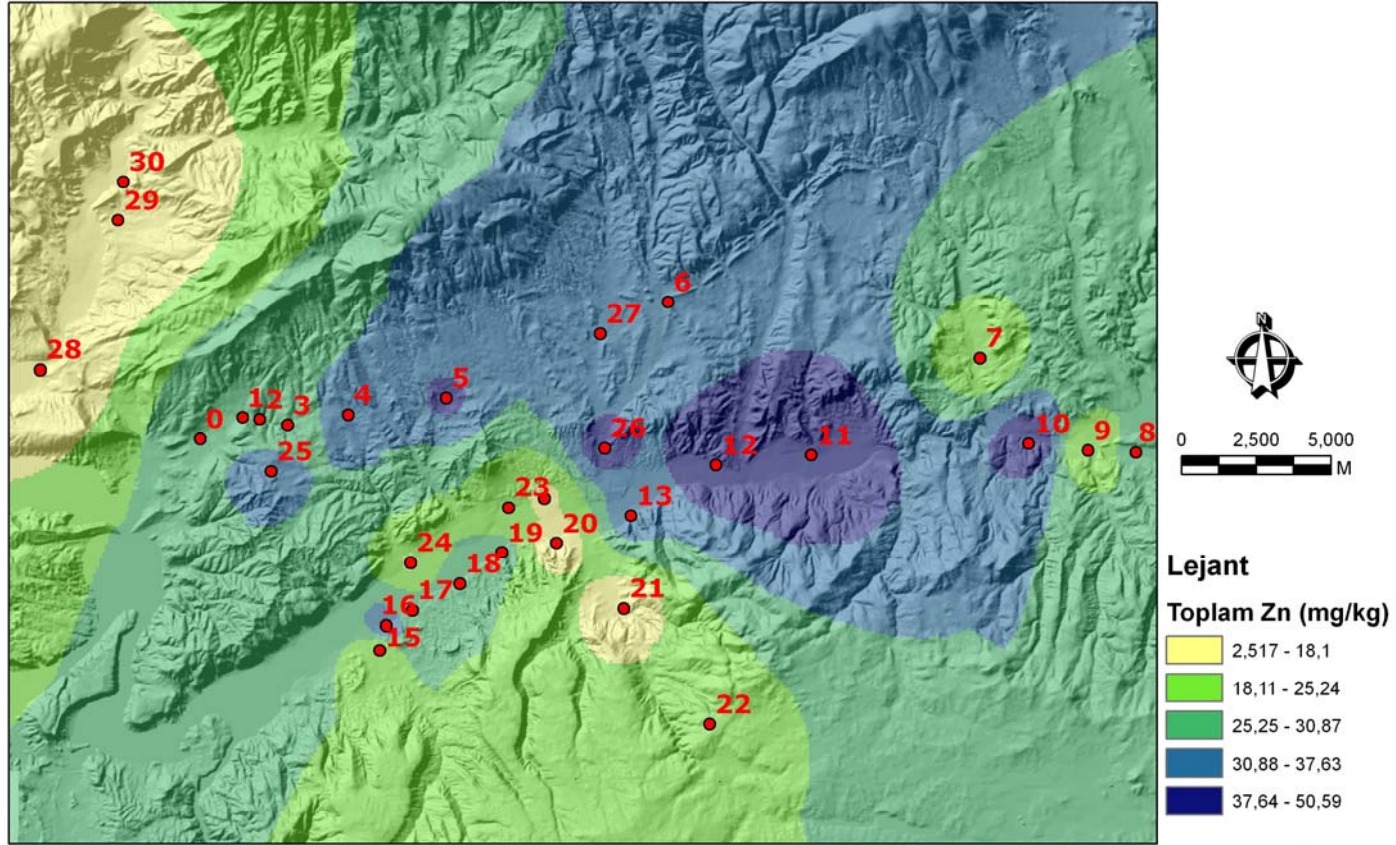
Güney doğu yönünden alınan örneklerin (8-27 nolu örnekler) toplam Zn kapsamları 10.20-50.60 mg kg⁻¹ arasında değişmektedir. GD yönünden alınan toprakların toplam Zn kapsamları TKKY’inde Zn için belirtilen sınır değerinin altındadır. Toprakların toplam Zn kapsamları ile OM (r= 0.661), toplam Cd (r= 0.701), toplam Pb (r= 0.531), toplam Ni (r= 0.947), toplam Cu (r= 0.875), toplam Mn (0.797) ve toplam Fe (r= 0.713) kapsamları arasında P<0.001 düzeyinde önemli pozitif ilişki belirlenmiştir. Buna göre GD yönünden alınan topraklarda henüz Zn sınır değerleri aşmamaktadır.

Hakim rüzgar yönü tersi olan Kuzey batı yönünden alınan toprak örneklerinin (28-30) toplam Zn kapsamları ise 2.50-14.80 mg kg⁻¹ değerleri arasında değişmektedir. Bu yöndeki topraklarda belirlenen Zn değerleri de sınır değerlerinin altındadır. Yapılan korelasyon analiz sonuçlarına göre örneklerin toplam Zn değerleri ile kil (r=0.960), toplam Pb (r= 0.937), toplam Cd (r=0.890) ve toplam Cu (r= 0.938) ile P<0.001 düzeyinde önemli pozitif ve pH (r= -0.989), kireç (r= -0.954) ve Ca (r= -0.954) ile negatif ilişki belirlenmiştir.

Örnekleme noktalarının toplam Zn birikim katmanları Şekil 14’de verilmiştir. Toplam Zn kapsamlarının en yüksek olduğu alanlar koyu mavi renk ile gösterilmiştir. Zn toprakta çeşitli minerallerin yapısında bulunur. Toprak çözeltisinin Zn konsantrasyonu, özellikle yüksek pH’a sahip ve kireç kapsamı yüksek olan topraklarda oldukça düşüktür. Zn toprak organik

maddesiyle çözüner ve çözüner bileşikler yapar. Toprakta bulunan çözünebilir Zn'nun %60' çözünebilir Zn-organik madde kompleksi şeklindedir. Toprakta bulunan Zn miktarı ana materyalin Zn kapsamı ile yakından ilişkilidir. Bazik magmatik kayalar üzerinde oluşan topraklar Zn bakımından zengindir. Toprak pH'ı yükseldikçe toprak çözeltisindeki çözünmüş Zn miktarı düşer. Zn noksanlığı daha çok kireçli ve yüksek pH'a sahip topraklarda görülür (Aktaş 1995).

Her üç yönden alınan topraklarda belirlenen Zn değerleri, Zn kirlenmesi yönünden TKKY sınır değerlerinin altında bulunmuştur ve henüz bir Zn kirliliğinden söz etmek mümkün değildir. Ancak hakim rüzgar yönüne ters yönden alınan topraklardaki toplam Zn kapsamı hakim rüzgar yönü topraklarının çoğunluğunun içermiş olduğu Zn kapsamının oldukça altında olması ayrıca, santral emisyonları ile yayılan Cd, Ni, Cu, Fe gibi metallerle Zn arasında pozitif ilişki bulunması birinin artığı yerde diğerlerinin de artış gösterdiğini ve santralden yayılan emisyonlarla aynı noktalarda birikim gösterdiğini bunun özellikle hakim rüzgara bağlı olduğunu ve vadi içerisinde iki rüzgar yönünü çakıştığı noktada emisyonların vadide bulunan tarım alanlarına çöklediği düşünülmektedir. Çünkü tanımı yapılan vadi içerisindeki bu toprak örneklerinde belirlenen metaller her ne kadar sınır değerleri aşmıyor olsalar da diğer örnekleme noktalarına göre yüksek değerler göstermektedir.



Şekil 14. Örnekleme noktalarının Toplam Zn birikim katmanları

3.14. Toplam Mangan (Mn)

Araştırma topraklarının toplam Mn kapsamı Çizelge 9’da verilmiştir.

Kuzey doğu yönünden alınan örneklerin (1-7 nolu örnekler) toplam Mn kapsamı 102-200 mg kg⁻¹ arasında değişmektedir. Toprakların toplam Mn kapsamı 200-3000 mg kg⁻¹ gibi geniş sınırlar arasındadır (Aydemir ve İnce, 1988 ve Aktaş, 1995). Bu değerlere göre KD yönünden alınan toprakların toplam Mn değerleri normal düzeydedir. Mn’ı besin maddesinin yanı sıra kirletici olarak ele aldığımızda ise Toprak Kirliliği Kontrol Yönetmeliğinde Mn ile ilgili herhangi bir sınır değeri bulunmamaktadır. Zharov (1995), Menon ve ark. (1990) ve Adriano ve ark. (1980) yapmış oldukları araştırmalarda santralden çıkan uçucu küllerin Mn gibi iz elementleri içerdiğini belirtmişlerdir.

Araştırmada kullanılan KD yönü toprak örneklerinin toplam Mn kapsamı ile analizi yapılan diğer toprak özellikleri arasındaki ilişkileri saptamak amacıyla yapılan korelasyon analizi sonuçlarına göre; Toprakların toplam Mn kapsamı ile kil ($r= 0.921$), toplam Cu ($r= 0.899$) ve toplam Fe ($r= 0.913$) kapsamı arasında $P<0.001$ düzeyinde önemli pozitif ve beta galaktozidaz enzim aktivitesi ($r= - 0.725$) ve değişebilir Ca arasında da $P<0.001$ düzeyinde önemli negatif ilişki belirlenmiştir.

Güney doğu yönünden alınan örneklerin (8-27 nolu örnekler) toplam Mn kapsamı 51.00-400.00 mg kg⁻¹ arasında değişmektedir. Bu yöndeki topraklarda belirlenen Mn değerleri de normal sınır değerleri arasındadır. Toprakların toplam Mn kapsamı ile OM ($r=0.477$), toplam Ni ($r= 0.734$), toplam Cu ($r= 0.791$), toplam Zn ($r= 0.797$), toplam Fe ($r= 0.760$) ve organik madde ($r=0.470$) kapsamı arasında $P<0.001$ düzeyinde önemli pozitif ilişki belirlenmiştir.

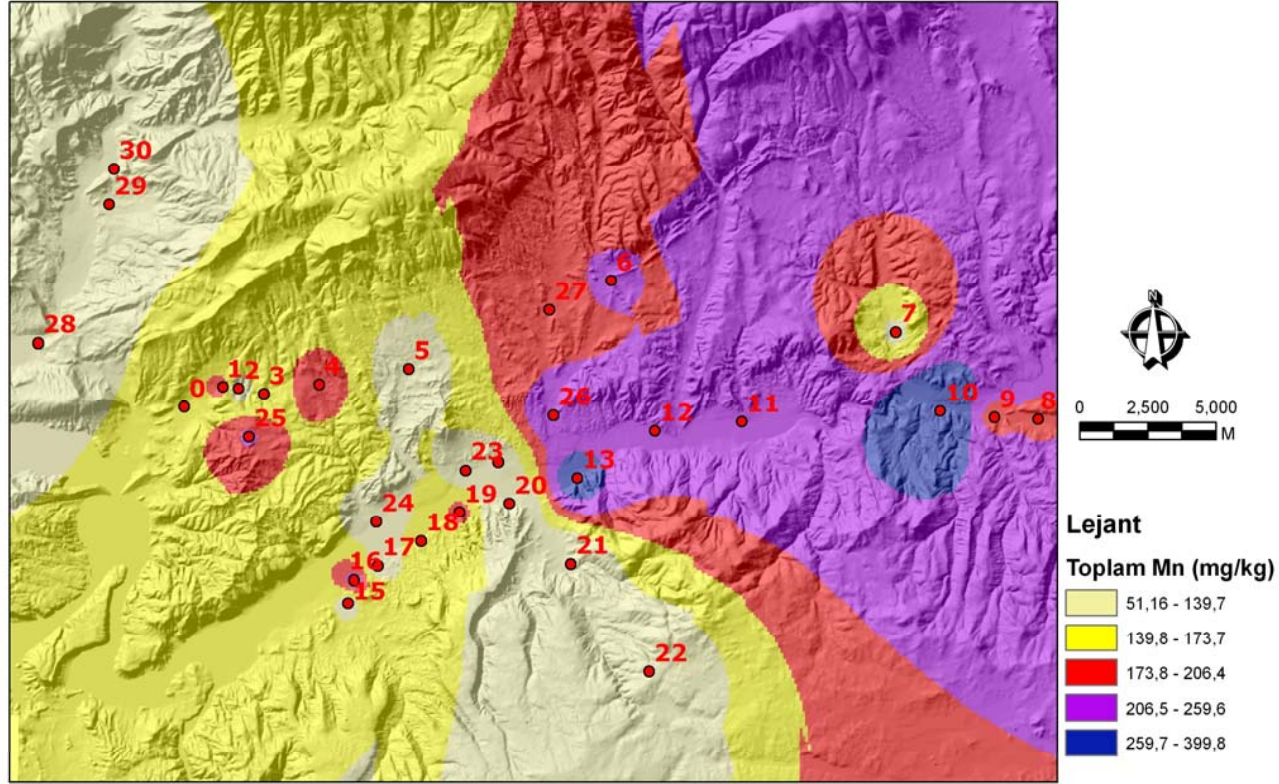
Hakim rüzgar yönü tersi olan Kuzey batı yönünden alınan toprak örneklerinin (28-30) toplam Zn kapsamı ise 75.00-127.00 mg kg⁻¹ değerleri arasında değişmektedir. Bu yöndeki topraklarda belirlenen Mn değerleri de normal sınır değerleri arasındadır. Yapılan korelasyon analiz sonuçlarına göre örneklerin toplam Mn değerleri ile uzaklık ($r=0.975$) ile $P<0.001$ düzeyinde önemli pozitif ve OM ($r= -0.982$) ve değişebilir Na ($r= -0.959$) ile negatif ilişki belirlenmiştir.

Örnekleme noktalarının toplam Mn birikim katmanları Şekil 15’de verilmiştir. Toplam Mn kapsamının en yüksek olduğu alanlar mavi ve mor renk ile gösterilmiştir. Mn, litosferin yapısında bulunan önemli bir element olup özellikle magmatik kayaların bileşiminde 350-2000 mg kg⁻¹ düzeylerinde bulunmaktadır. Mn çeşitli primer kayaların yapısında bulunur. Mn

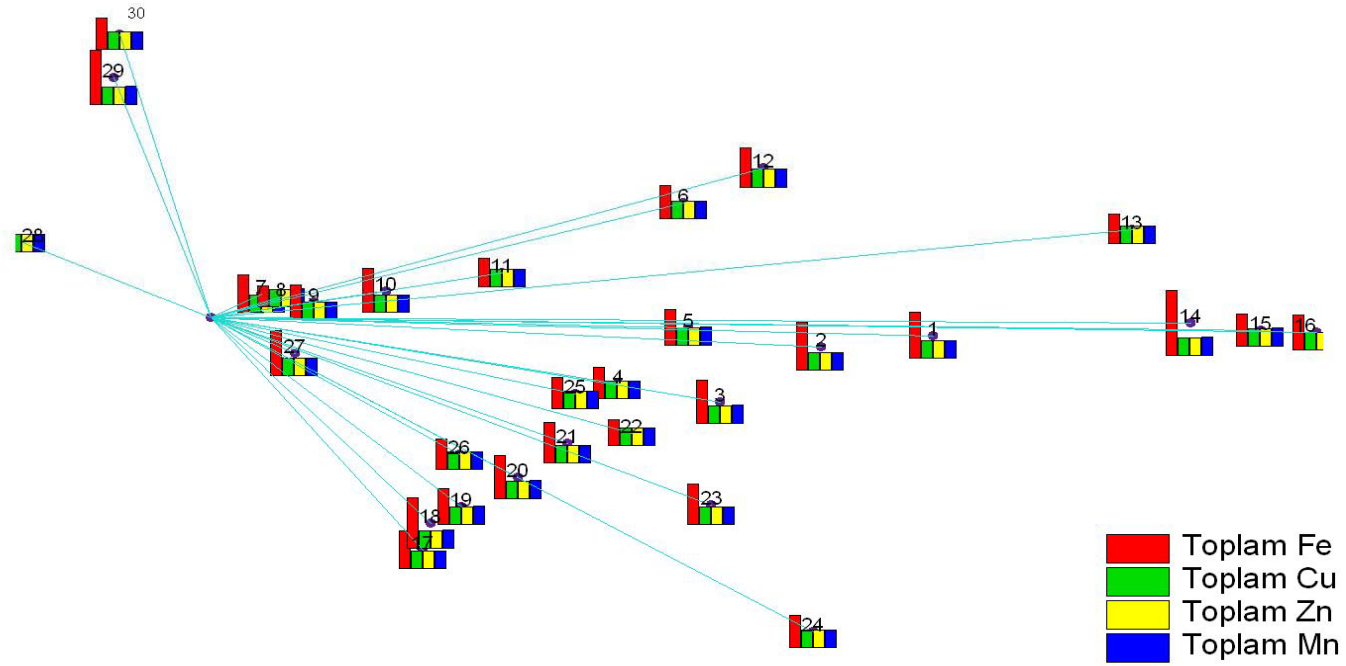
iyonları kil mineralleri ve humus tarafından adsorbe edilebilirler. Bitki beslenmesi açısından esas olarak Mn +2 iyonları önemlidir. Toprakta yükseltgenme-indirgenme reaksiyonlarını etkileyen pH, organik madde kapsamı, mikrobiyal aktivite, su kapsamı gibi toprak özellikleri bitkilerin Mn alımını etkiler (Aktaş 1995). Toprakların Mn ile zenginleşmesinde temel antropojenik etken, Mn içeriği yüksek olan atık çamurların topraklara deşerji şeklindedir (Kabata-Pendias ve Pendias 1985).

Toprakların toplam Mn kapsamı yukarıda belirtilen geniş sınır değerlerin arasında olup besin maddesi açısından bir sorun bulunmamaktadır. Ancak olayın kirlilik açısından düşünülmesi gerekmektedir ve daha önce de belirtildiği gibi özellikle hakim rüzgar yönünden alınan toprakların toplam Mn kapsamı ile diğer metaller arasında % 1 düzeyinde önemli pozitif ilişki bulunması topraklarda emisyonların yayılımına bağlı olarak Mn birikiminin olabileceği düşüncesini akla getirmektedir. Ancak bu kadar kısa süreli ve az örnekleme ile Mn birikiminin (geniş sınır değerlere sahip olmasından dolayı) kesin olarak santralden kaynaklandığını ortaya koymak çok sağlıklı olmamaktadır. Uzun süreli ve santralin bütün yönlerinden alınacak örneklerle santralden kaynaklanabilecek element kirliliğinin ortaya konması daha doğru olacaktır.

Araştırma alanının her bir noktasından alınan toprakların toplam Fe, Cu, Zn ve Mn kapsamı Şekil 16' da verilmiştir.



Şekil 15. Örnekleme noktalarının Toplam Mn birikim katmanları



Şekil 16. Örnekleme noktalarının Toplam Fe, Cu, Zn ve Mn dağılımları

3.15. Toplam Kurşun (Pb):

Araştırma topraklarının toplam Pb kapsamaları Çizelge 9'da verilmiştir.

Kuzey doğu yönünden alınan örneklerin (1-7 nolu örnekler) toplam Pb kapsamaları 18.6-58.6 mg kg⁻¹ arasında değişmektedir. Yönetmelikte belirtilen değere göre ve aynı zamanda toprakta genel olarak kritik değer olarak kabul edilen 100 mg kg⁻¹ Pb konsantrasyonu (Kloke, 1980) dikkate alındığında Kuzey doğu yönünden alınan toprakların toplam Pb kapsamaları sınır değerlerinin altındadır. Araştırmada kullanılan KD yönü toprak örneklerinin toplam Pb kapsamaları ile analizi yapılan diğer toprak özellikleri arasındaki ilişkileri saptamak amacıyla yapılan korelasyon analizi sonuçlarına göre ; toprakların toplam Pb kapsamaları ile EC ($r = -0.742$), ekstrakte edilebilir Cd ($r = 0.908$) ve ekstrakte edilebilir Pb ($r = 0.860$) kapsamaları arasında $P < 0.001$ düzeyinde önemli pozitif ilişki belirlenmiştir. KD yönünden alınan toprakların toplam Pb kapsamaları ile diğer toprak özellikleri arasında ise istatistiksel olarak önemli sayılabilecek bir ilişki belirlenmemiştir.

Güney doğu yönünden alınan örneklerin (8-27 nolu örnekler) toplam Pb kapsamaları 13.60-106.00 mgkg⁻¹ arasında değişmektedir. 11 nolu örnekte belirlenen toplam Pb değeri kritik değer olarak kabul edilen 100 mgkg⁻¹ Pb konsantrasyonu (Kloke, 1980) dikkate alındığında kritik değer biraz üzerindedir, ancak TKKY'inde belirtilen sınır değer altındadır. GD yönünden alınan toprakların toplam Pb değerleri KD yönünden alınan topraklardaki gibi sınır değerleri aşmamaktadır. GD yönünden alınan toprakların toplam Pb kapsamaları ile EC ($r = 0.590$), kireç ($r = 0.455$), OM ($r = 0.501$), toplam S ($r = 0.496$), yarayışlı S ($r = 0.458$), toplam Zn ($r = 0.531$), toplam Cd ($r = 0.667$), toplam Ni ($r = 0.583$) ve ekstrakte edilebilir Pb ($r = 0.542$), ekstrakte edilebilir Cd ($r = 0.653$) ve ekstrakte edilebilir Ni ($r = 0.589$) kapsamaları ile $P < 0.001$ düzeyinde önemli pozitif ilişki belirlenmiştir. Buna göre topraklarda henüz Pb sınır değerleri aşmamasına rağmen santral emisyonları ile yayılan gerek kükürt ve gerekse Cd, Ni, Zn gibi metallere Pb arasında pozitif ilişki bulunması birinin artışı yerde diğerlerinin de artış gösterdiğini düşündürmektedir.

Hakim rüzgar yönü tersi olan Kuzey batı yönünden alınan toprak örneklerinin (28-30) toplam Pb kapsamaları ise 10.70-26.80 mg kg⁻¹ değerleri arasında değişmektedir. Bu yöndeki topraklarda belirlenen Pb değerleri de sınır değerlerin altındadır. Yapılan korelasyon analiz sonuçlarına göre örneklerin toplam Pb değerleri ile kil ($r = 0.950$) ve toplam Zn ($r = 0.937$) ile

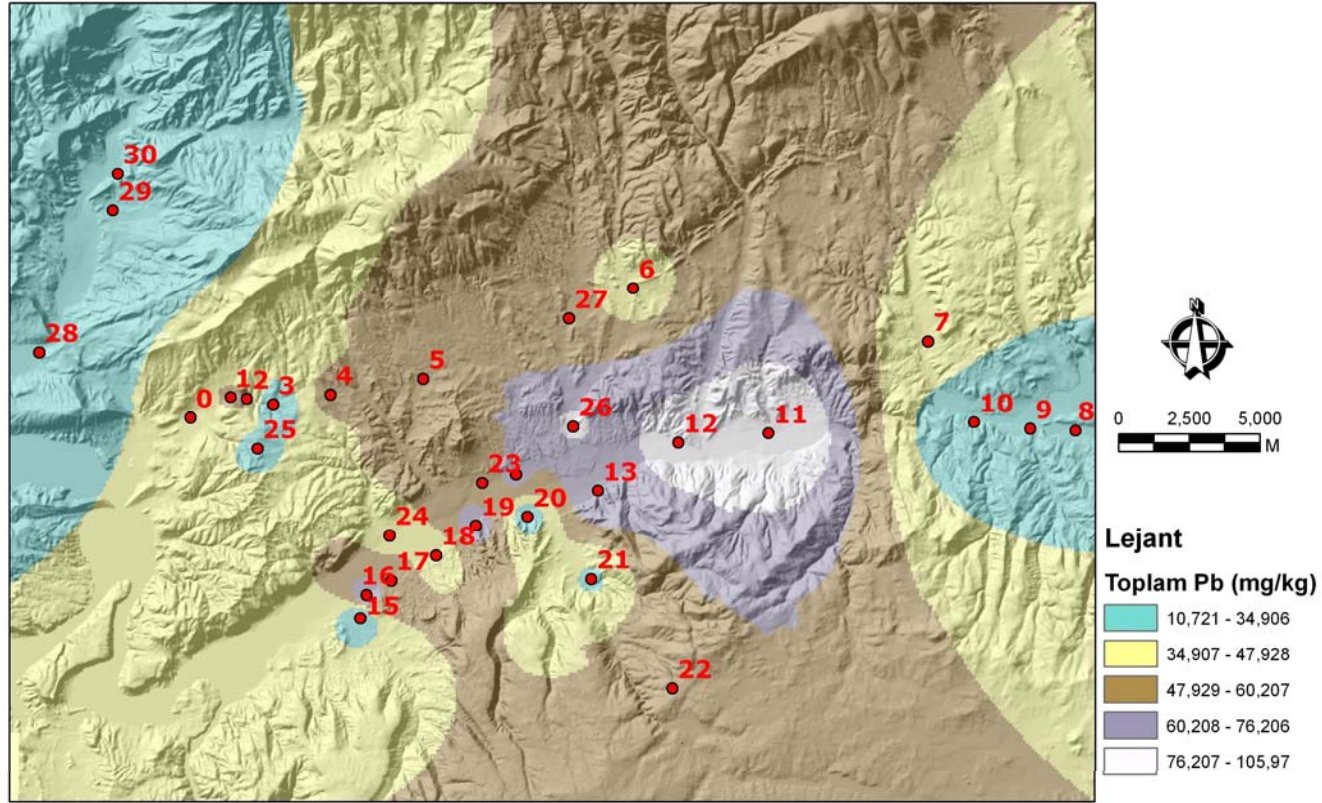
$P < 0.001$ düzeyinde önemli pozitif ve pH ($r = -0.974$) ve kireç ($r = -0.997$) ile negatif ilişki belirlenmiştir.

Yüzey topraklarına Pb bulaşmasında temel etkenin atık çamurların kullanılması, yol kenarlarındaki topraklarda taşıtların yol açtığı bulaşma olarak ifade edilmesine karşın, endüstriyel işletmelerden de önemli oranlarda Pb kirlenmesi olmaktadır (Kabata-Pendias ve Pendias 1985). Metal işletme endüstrilerinden kaynaklanan ve işletmelerin çevresindeki yüzey topraklarında Kanada'da $291-12123 \text{ mg kg}^{-1}$ Pb (John ve ark. 1975), Yunanistan'da $1250-18500 \text{ mg kg}^{-1}$ Pb (Nakos 1979), Hollanda'da $628-1334 \text{ mg kg}^{-1}$ Pb (Harmsen 1977) ve İngiltere'de $500-6500 \text{ mg kg}^{-1}$ Pb (Miesch ve Huffman 1972) gibi çok yüksek miktarlarda Pb kirlenmesi belirlenmiştir.

Toprakların toplam Pb kapsamlarına ilişkin pek çok değer bulunmaktadır. Aktaş (1991), toprakta $2-200 \text{ mg kg}^{-1}$ değerleri arasında Pb bulunduğunu belirtirken, Schwartzman ve ark. (1982), podzol toprakların $30-100 \text{ mg kg}^{-1}$ Pb içerdiğini belirtmişlerdir. Aubert ve Pinta (1979) ise kirlenmemiş topraklarda $10-80 \text{ mg kg}^{-1}$ Pb saptadıklarını, santral yakınlarındaki topraklarda da bu değerlere yakın değerler bulduklarını ve kıyaslama yapıldığında Pb birikiminin henüz olmadığını belirtmişlerdir. Haktanır ve ark. (1995), Ankara bölgesinde trafiğe yakın topraklarda 120 mg kg^{-1} Pb, trafikten uzak ve kirlenmemiş alanlardan alınan topraklarda ise 25 mg kg^{-1} Pb belirlediklerini rapor etmişlerdir.

Toprak Kirliliği Kontrol Yönetmeliğinde (TKKY) pH'sı 6'nın üzerindeki topraklarda Pb için belirtilen sınır değer 300 mg kg^{-1} 'dir (Çizelge 2).

Her üç yönden alınan topraklarda belirlenen Pb değerleri, Pb kirlenmesi yönünden kritik değer olarak kabul edilen 100 mg kg^{-1} 'ın (Kloke 1980) ve TKKY sınır değerlerinin altında bulunmuştur ve henüz bir Pb kirliliğinden söz etmek mümkün değildir. Ancak, hakim rüzgar yönüne ters yönden alınan topraklardaki toplam Pb kapsamları hakim rüzgar yönü topraklarının çoğunluğunun içermiş olduğu Pb kapsamlarının oldukça altında olması, santralde uzun dönem içerisinde çevreye Pb kirlenmesinin olabileceği ihtimalini yükseltmektedir. Örneklem noktalarının toplam Pb birikim katmanları Şekil 17'de verilmiştir.



Şekil 17. Örnekleme noktalarının Toplam Pb birikim katmanları

3.16. Toplam Nikel (Ni):

Araştırma topraklarının toplam Ni kapsamları Çizelge 9’da verilmiştir.

Kuzey doğu yönünden alınan örneklerin (1-7 nolu örnekler) toplam Ni kapsamları 16.00-30.60 mgkg⁻¹ arasında değişmektedir. Toprak Kirliliği Kontrol Yönetmeliğinde (TKKY) pH’sı 6’nın üzerindeki topraklarda Ni için belirtilen sınır değer 75 mg kg⁻¹ ‘dir (Çizelge 9). Yönetmelikte belirtilen değere göre ve aynı zamanda toprakta genel olarak kritik değer olarak kabul edilen 50 mg kg⁻¹ Ni konsantrasyonu (Kloke, 1980) dikkate alındığında Kuzey doğu yönünden alınan toprakların toplam Ni kapsamları sınır değerlerinin altındadır.

Tarım topraklarında Ni kapsamı 2-1000 mg kg⁻¹ arasında ve ortalama 50 mg kg⁻¹ olarak belirtilmiştir. Schwartzman ve ark. (1982), Almanya topraklarının ortalama 10-50 mg kg⁻¹ Ni içerdiğini belirtirken, Bunz ve ark. (1983), termik santral çevresindeki topraklarda 5-40 mg kg⁻¹ Ni saptadıklarını belirtmişlerdir. Hakerlerler ve ark. (1995), GAP bölgesi topraklarında 11.37-60.23 mg kg⁻¹ arasında Ni bulunduğunu belirtmişlerdir.

Araştırmada kullanılan KD toprak örneklerinin toplam Ni kapsamları ile analizi yapılan diğer toprak özellikleri arasındaki ilişkileri saptamak amacıyla yapılan korelasyon analizi sonuçlarına göre; Toprakların toplam Ni kapsamları ile toplam Cd (r= 0.689) arasında P<0.001 düzeyinde önemli pozitif ilişki belirlenmiştir. KD yönünden alınan toprakların toplam Ni kapsamları ile diğer toprak özellikleri arasında ise istatistiksel olarak önemli sayılabilecek bir ilişki belirlenmemiştir.

Güney doğu yönünden alınan örneklerin (8-27 nolu örnekler) toplam Ni kapsamları 7.80-52.00 mg kg⁻¹ arasında değişmektedir. 11 ve 26 nolu örneklerde belirlenen toplam Ni değerleri kritik değer olarak kabul edilen 50 mg kg⁻¹ Ni konsantrasyonu (Kloke, 1980) dikkate alındığında kritik değerinin biraz üzerindedir, ancak TKKY’inde belirtilen sınır değerinin altındadır.

GD yönünden alınan toprak örneklerinin toplam Ni kapsamları ile yarayıslı S (r=0.415) arasında P>0.05 düzeyinde ve OM (r= 0.662), kalsiyum (r= 0.739), toplam Zn (r= 0.944), toplam Cd (r= 0.714), toplam Pb (0.587), toplam Cu (r= 0.809), toplam Fe (r= 0.657), toplam Mn (r= 0.734) ve ekstrakte edilebilir Ni (r= 0.585), ekstrakte edilebilir Pb (r= 0.634), ekstrakte edilebilir Cd (r= 0.640) ve ekstrakte edilebilir Fe (r= 0.641) kapsamları ile P<0.001 düzeyinde önemli pozitif ilişki belirlenmiştir. Buna göre topraklarda henüz Ni sınır değerleri aşmamasına rağmen santral emisyonları ile yayılan gerek kükürt ve gerekse Cd, Pb, Zn gibi

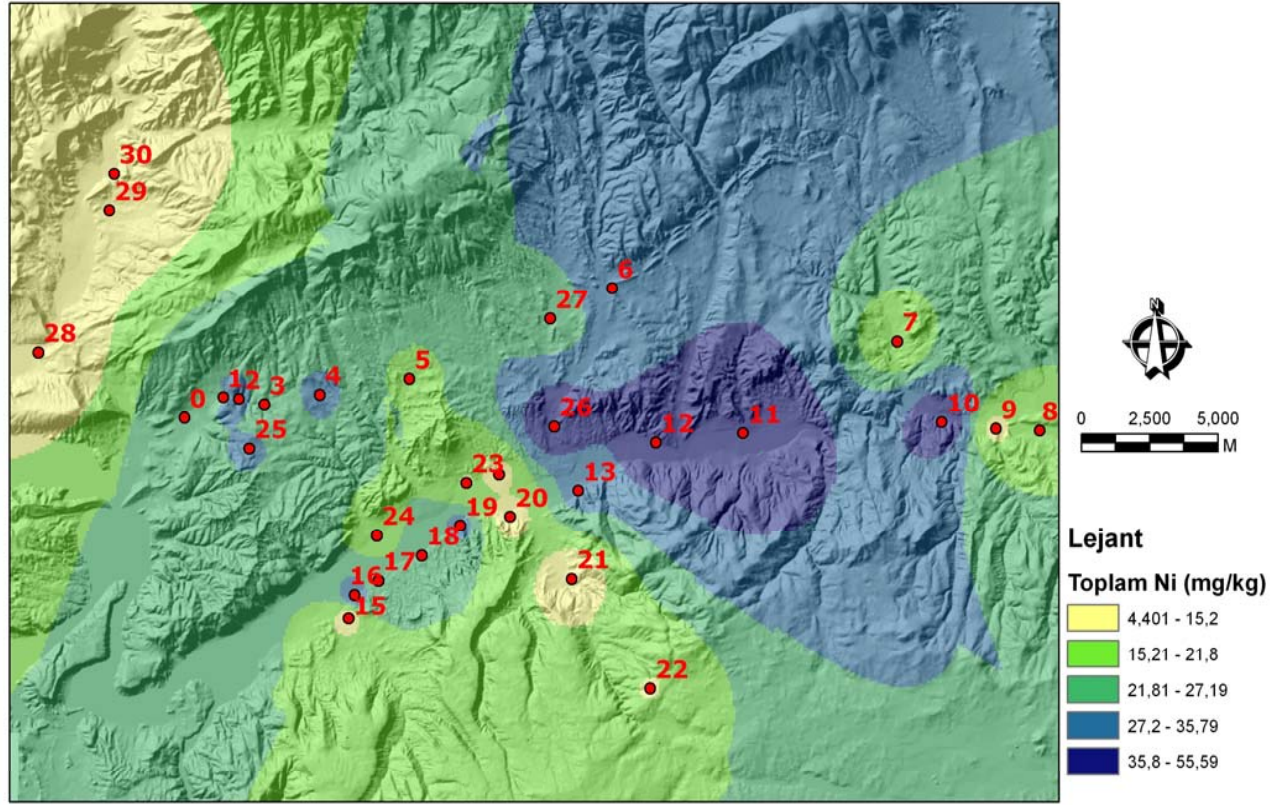
metallerle Ni arasında pozitif ilişki bulunması (Pb da olduğu gibi) birinin arttığı yerde diğerlerinin de artış gösterdiğini düşündürmektedir.

Hakim rüzgar yönü tersi olan Kuzey batı yönünden alınan toprak örneklerinin (28-30) toplam Ni Kapsamları ise 4.40-8.90 mg kg⁻¹ değerleri arasında değişmektedir. Bu yöndeki topraklarda belirlenen toplam Ni değerleri de sınır değerlerin altındadır. Yapılan korelasyon analiz sonuçlarına göre örneklerin Ni değerleri ile değişebilir Mg (r=0.941) ile P<0.001 düzeyinde önemli pozitif ve değişebilir K (r= -0.962) ile negatif ilişki belirlenmiştir.

Toprakların yüksek Ni içeriği ve nikelce zenginleşmesi genel olarak, serpantin kayaları üzerinde oluşmuş topraklarda, fosforlu gübrelemenin çok yoğun bir şekilde yapıldığı ve atık çamurların gübre amaçlı uygulandığı tarım topraklarında ve endüstriyel işletmeler etrafındaki topraklarda görülmektedir (Kabata-Pendias ve Pendias 1985).

Hutchinson ve Tam (1981), termik santral topraklarının Ni kapsamının uzaklığa bağlı olarak değiştiğini ve termik santrale 3 km mesafede 3000 mg kg⁻¹Ni ve 35 km mesafede de 160 mgkg⁻¹ Ni saptandığını belirtmişlerdir. Çayırhan termik santrali çevresinden alınan topraklarda ise bu kadar yüksek değerlerde Ni saptanmamıştır. Her üç yönden alınan topraklarda belirlenen Ni değerleri (11 ve 26 nolu örnekler hariç), nikel kirlenmesi yönünden kritik değer olarak kabul edilen 50 mgkg⁻¹ 'ın (Kloke 1980) ve TKKY sınır değerlerinin altında bulunmuştur ve henüz bir Ni kirliliğinden söz etmek mümkün değildir.

Örnekleme noktalarının toplam Ni birikim katmanları Şekil 18'de verilmiştir.



Şekil 18. Örnekleme noktalarının Toplam Ni birikim katmanları

3.17. Toplam Kadmiyum (Cd):

Araştırma topraklarının toplam Cd kapsamaları Çizelge 9'da verilmiştir.

Kuzey doğu yönünden alınan örneklerin (1-7 nolu örnekler) toplam Cd kapsamaları 2.5-5.0 mg kg⁻¹ arasında değişmektedir. Toprakta bulunan toplam Cd miktarı 0.01-7 mg kg⁻¹ arasında olup, tipik ortalama değer ise 0.06 mg kg⁻¹ düzeyinde olduğu belirtilmiştir (Alloway 1968). Moen ve ark. (1986), kirlenmemiş topraklardaki Cd miktarının 0.01-1 mg kg⁻¹ arasında olduğunu belirtmiştir. Weast (1963), yer kabuğunda ortalama olarak Cd konsantrasyonunu 0.15 mg kg⁻¹ olarak bildirmiştir. Mc Laughlin ve Sings (1999), Cd ile ilgili sınır değerlerin ülkelere göre değiştiğini ve bu sınır değerlerinin; Danimarka, Finlandiya ve İsveç'te 0.5, Fransa'da 2, Almanya'da 1.5, İspanyada 1, İngiltere'de 3 ve ABD'de de 20 mg kg⁻¹ kuru madde olarak kabul edildiğini belirtmişlerdir.

Toprak Kirliliği Kontrol Yönetmeliğinde pH'sı 6'nın üzerindeki topraklarda Cd için belirtilen sınır değer 3 mg kg⁻¹ 'dir (Çizelge 2). Buna göre Kuzey doğu yönünden alınan toprakların toplam Cd kapsamaları 7 nolu örnek hariç yönetmelik sınır değerlerinin üzerindedir.

Araştırmada kullanılan KD yönü toprak örneklerinin toplam Cd kapsamaları ile analizi yapılan diğer toprak özellikleri arasındaki ilişkileri saptamak amacıyla yapılan korelasyon analizi sonuçlarına göre; Toprakların toplam Cd kapsamaları ile pH (r= -0.651) ve santrale olan uzaklıkla (r= -0.668) arasında P>0.05 düzeyinde önemli negatif ve EC (r= 699), toplam S (r= 0.742) ve toplam Zn (r= 0.864) ve toplam Ni (r= 0.689) kapsamaları arasında P<0.001 düzeyinde önemli pozitif ilişki belirlenmiştir.

Güney doğu yönünden alınan örneklerin (8-27 nolu örnekler) toplam Cd kapsamaları 1.80-5.40 mg kg⁻¹ arasında değişmektedir. 11, 12, 13, 14,16,17, 19, 25, 26 ve 27 nolu örneklerde belirlenen toplam Cd değerleri yukarıda belirtilen sınır değerlerin üzerinde olup Cd birikimi söz konusudur. GD yönünden alınan toprakların toplam Cd kapsamaları ile OM (r= 0.800), toplam S (r= 0.613), yarayıklı S (r= 0.532), toplam Zn (r= 0.701), toplam Pb (r= 0.667), toplam Ni (0.714), toplam Cu (r= 0.478) ve ekstrakte edilebilir Cd (r= 0.594), ekstrakte edilebilir Pb (r= 0.656), ekstrakte edilebilir Ni (r= 0.598) ve ekstrakte edilebilir Fe (r= 0.629) arasında P<0.001 düzeyinde önemli pozitif ilişki belirlenmiştir.

Hakim rüzgar yönü tersi olan Kuzey batı yönünden alınan toprak örneklerinin (28-30) toplam Cd kapsamaları ise 0.5-2.1 mg kg⁻¹ değerleri arasında değişmektedir. Bu yöndeki topraklarda belirlenen Cd değerleri sınır değerlerin altındadır. Yapılan korelasyon analiz sonuçlarına göre

örneklerin toplam Cd değerleri ile kil ($r=0.974$) ve üreaz enzim aktivitesi ($r= 0.942$) ile $P<0.001$ düzeyinde önemli pozitif ilişki belirlenmiştir.

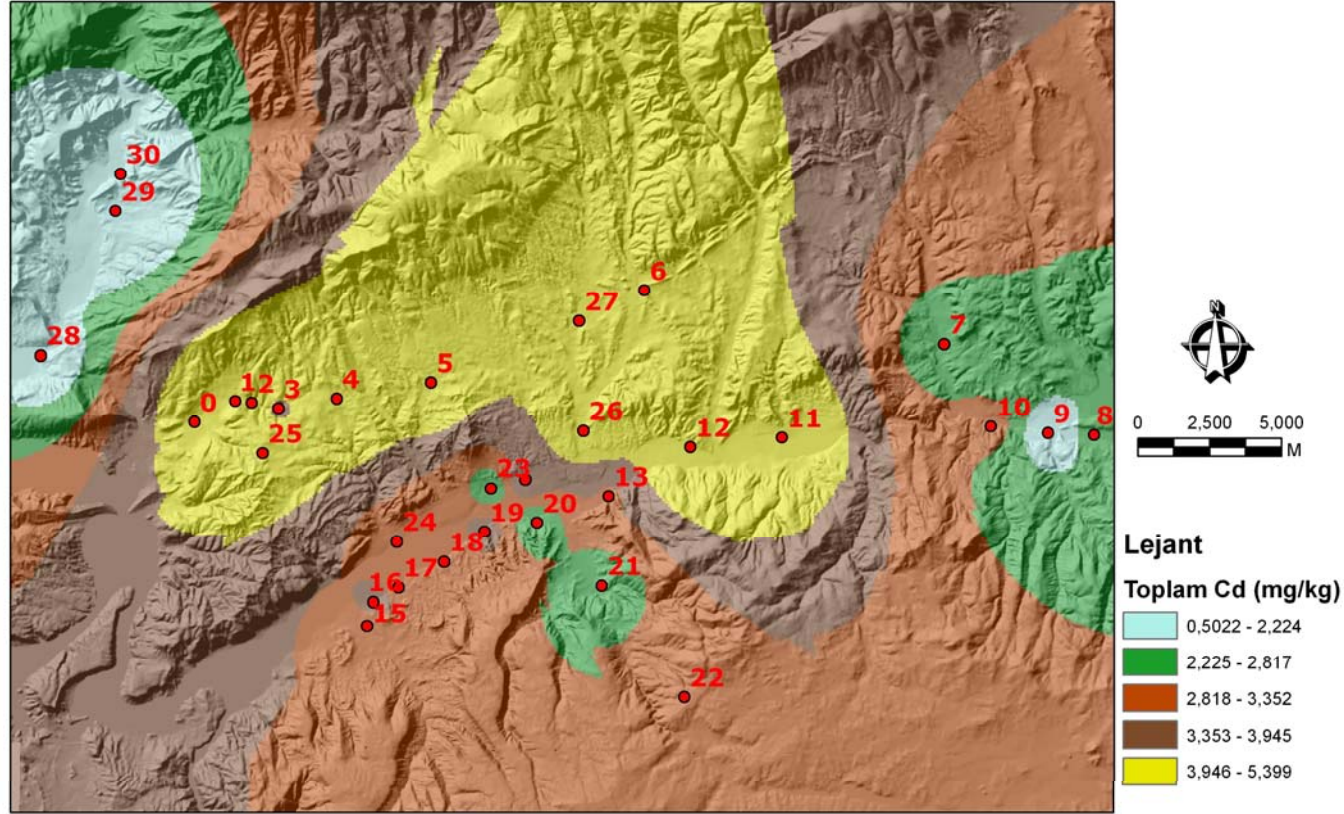
Christensen (1989), toprakta Cd ve Zn için dağılım katsayısının pH'ya bağımlı değiştiğini, pH'nın bir birimlik değişiminde Cd dağılım katsayısının 4 kat arttığını Zn'nun da Cd'a göre daha duyarlı olduğunu ve dalgalı dağılımlar gösterdiğini belirtmiştir.

Kızılkaya (1998), Samsun Azot Sanayi ile Karadeniz Bakır işletmeleri çevresindeki tarım topraklarında Cd birikimi olduğunu ve Cd dağılımını etkileyen temel toprak özelliklerinin pH ve kireç olduğunu belirtmiştir.

Connor ve ark. (1976) ve Anderson ve ark. (1975) adlı araştırmacılar Cd, F gibi element konsantrasyonlarının kömürle çalışan termik santral yakınlarında arttığını, bunun sebebinin de santral emisyonlarının olduğunu belirtmişlerdir.

Genel olarak hakim rüzgar yönünden alınan toprakların toplam Cd değerleri hakim rüzgar yönü tersinden alınan topraklara nazaran oldukça yüksek bulunmuştur. Bu da Cd'un Pacyna (1987)'ın belirttiği gibi rüzgar yönüne bağlı olarak emisyonlarla çevreye yayıldığını doğrulamaktadır. Pacyna (1982), Avrupa ülkelerinde kömürle çalışan termik santrallerin atmosfere verdiği ağır metal ve iz element miktarlarını, linyitin içerdiği uçucu kül yüzdesine bağlı olarak emisyon faktörü ile hesaplamıştır. Buna göre, Türkiye'de bulunan termik santrallerin kullandıkları linyitlerin çok fazla miktarda kül içermesinden dolayı emisyonların ağır metal ve iz element miktarlarının da çok yüksek olduğunu belirtmiştir.

Örnekleme noktalarının toplam Cd birikim katmanları Şekil 19'da verilmiştir. Toplam Cd kapsamlarının en yüksek olduğu alanlar sarı renk ile gösterilmiştir. Araştırma bölgesinin vadi içerisinde yer alması ve Beypazarı tarafından gelen rüzgar ile tersi yönden esen 2. hakim rüzgar yönünün vadi üzerinde karşılaşip belirli bir alanda emisyonların topraklara çökmiş olabileceği düşünülmektedir. Şöyle ki toplam Cd konsantrasyonlarının yüksek bulunduğu topraklarda toplam S kapsamları da yüksek bulunmuş, aynı zamanda bu topraklarda pH değerlerinde bir asitleşme söz konusudur. Toprak reaksiyonu asit karakterde olan topraklarda kadmiyumun mobilitesinin arttığı bilinmektedir. Bütün bunlara rağmen Cd fazlalığının bulunduğu topraklarda Çayırhan termik santralının kurulmasından önceki dönemlere ilişkin verilerin bulunmayışı kesin yorum yapmayı güçleştirmektedir. Toprak pH'sında da açıklandığı gibi bu çalışmada yapılan örnekleme noktalarına ait elde edilen değerler, gelecekte bölge topraklarında meydana gelecek değişimlerin takip edilmesinde veri tabanı oluşturacaktır.



Şekil 19. Örnekleme noktalarının Toplam Cd birikim katmanları

3.18. Toplam Kükürt (S):

Araştırma topraklarının toplam kükürt kapsamı Çizelge 9’da verilmiştir.

Kuzey doğu yönünden alınan örneklerin (1-7 nolu örnekler) toplam S kapsamı 100-3270 mg kg⁻¹ arasında değişmektedir. Ilıman bölge topraklarında toplam S içeriği 50-400 mgkg⁻¹ değerleri arasındadır (Aktaş 1995). Moen ve ark. (1986), Hollanda’da “Toprak Koruma” adıyla çıkarılan kanunda toplam S’e ilişkin 3 ayrı başlangıç değerinin bulunduğunu rapor etmişlerdir. Buna göre; toplam S miktarı 2 mg kg⁻¹ olan topraklar “kirletilmemiş” olarak nitelendirilirken, 20 mg kg⁻¹ S içeren topraklarda olası bir bulaşma tehlikesine karşı araştırma yapılması gerekliliği vurgulanırken, 200 mg kg⁻¹ ‘ın üstünde ise toprağın temizlenmesinin zorunlu olduğunu belirtmektedirler. Bu değerlere göre KD yönü topraklarının 7 nolu örnek hariç hepsinde önemli ve ciddi biçimde S kirlenmesi söz konusudur.

Araştırmada kullanılan KD yönü toprak örneklerinin toplam S kapsamı ile analizi yapılan diğer toprak özellikleri arasındaki ilişkileri saptamak amacıyla yapılan korelasyon analizi sonuçlarına göre; Toprakların toplam S kapsamı ile santrale olan uzaklık (r= -0.821), pH (r= -0.944), kireç (r= -0.785), değişebilir Na (r= -0.834) ve alınabilir Mn (r=- 0.816) ve alkali fosfataz enzim aktivitesi (r= - 0.871) arasında P<0.001 düzeyinde önemli negatif, toplam Cd (r= 0.742), alınabilir S (r= 0.844), alınabilir Cd (r= 0.717) ve alınabilir Pb (r= 0.726) kapsamı arasında ise P<0.001 düzeyinde önemli pozitif ilişki belirlenmiştir .

Güney doğu yönünden alınan örneklerin (8-27 nolu örnekler) toplam S kapsamı 100-4630 mgkg⁻¹ arasında değişmektedir. Yukarıda belirtilen kritik değerlere göre; 8, 9, 19, 20, 21, 22 ve 27 nolu örneklerde olası S kirlenmesi söz konusudur, diğer örnekleme noktalarının topraklarında ise ciddi şekilde S kirlenmesi belirlenmiştir. GD yönünden alınan toprakların toplam S kapsamı ile pH (r= -0.692) kapsamı arasında P<0.001 düzeyinde önemli negatif, organik madde (r= 0.670), toplam Cd (r= 0.594), toplam Pb (r= 0.494), alınabilir S (r= 0.839), alınabilir Cd (r= 0.531), alınabilir Pb (r= 0.622), alınabilir Ni (r= 0.561) ve alınabilir Fe (r= 0.503) arasında ise P<0.001 düzeyinde önemli pozitif ilişki belirlenmiştir.

Hakim rüzgar yönü tersi olan Kuzey batı yönünden alınan toprak örneklerinin (28-30) toplam S kapsamı ise 76-120 mg kg⁻¹ değerleri arasında değişmektedir. KB yönü örneklerinde de olası S kirlenmesi kritik değeri olan 20 ‘ın üzerinde S belirlenmiştir ve bu alanlarda da uzun süreli araştırma yapılması gerekmektedir. Yapılan korelasyon analiz sonuçlarına göre örneklerin toplam S içerikleri ile diğer toprak özellikleri arasında istatistiksel olarak önemli sayılabilecek düzeyde bir ilişki belirlenmemiştir.

Alpacar (1990), termik santrallerin bacalarından SO₂ ve NO_x gibi gazların çıkarak çevreye yayıldığını ve bu gazların asit yağmurlarının oluşumunda birinci kaynak olduğunu açıklamıştır. Fabrika bacalarından çıkan kükürt hakim rüzgarlarla ortalama 2-7 gün içerisinde atmosfere taşınmakta, atmosferdeki su partikülleri ve diğer bileşenlerle tepkimeye girerek sülfüroz asit ve sülfirik asit oluşturmakta, aynı şekilde toprağa iner ve taban suyu ile birleşerek sülfirik asit şekline dönüşen SO₂'nin bitki köklerini tahrip ederek besin ve su iletim sistemlerinin görevlerini yapamaz duruma getirmeleri sonucu kitlesel şoklu orman ölümlerinin meydana geldiğini belirtmiştir.

Karaca (1997), Afşin-Elbistan termik santralı baca gazı emisyonlarının toprakların toplam S dağılımı üzerine yaptığı araştırmada, özellikle santrale 2 km mesafeye kadar ve 30 km'deki örneklerde önemli S birikimlerinin olduğunu ve derinliğe bağlı olarak S miktarının azaldığını ve toprak yüzeyindeki birikimin belirgin olduğunu belirtmiştir. Pacyna (1987), termik santralden 30 km mesafeden sonra iz element birikiminin arttığını belirtmiştir.

Kerme Körfezi'nin kuzeyinde yer alan Yatağan'da kurulmuş olan termik santralin baca gazları, yöreye hakim kuzey rüzgarları altında Bencik Dağı ile Sepetçi Dağı üzerinde bulunan kızılçam ormanlarının ve çevredeki tarım alanlarının şiddetle etkilenmesine neden olmuştur. Bencik Dağı - Sepetçi Dağı arazisinde henüz kurumamış olan kızılçam ormanlarında ise önemli bir artım düşüklüğü belirlenmiştir. Bu ormanlardaki kızılçamların yapraklarında kükürt oranı 1,600 - 3,800 ppm arasında olup, yıllık halkaları çok daralmıştır. Bu şekilde etkilenmiş olan kızılçam ağaçlarının kerestelik odun kalitesinde de önemli ve olumsuz değişiklikler olmaktadır. Asit yağmurlarından etkilenen toprakların reaksiyonunun yer yer 4.3 PH'ya (0.1 N KCl' de) düştüğü bildirilmiştir. Bu da ağaçların beslenmesini etkileyen ve kurumalarını kolaylaştıran bir faktördür. Ayrıca çevredeki köylerde; zeytin, antep fıstığı, incir, badem ağaçları, üzüm bağları, sebzeçilik ve yaygın tarım ürünü olan tütüncülük şiddetle zarar görmüştür. Ağaçların bir kısmı kurumuş, kurumayanların verimi %60 - 80 oranında azalmıştır (Türk Tabipleri Birliği 2000).

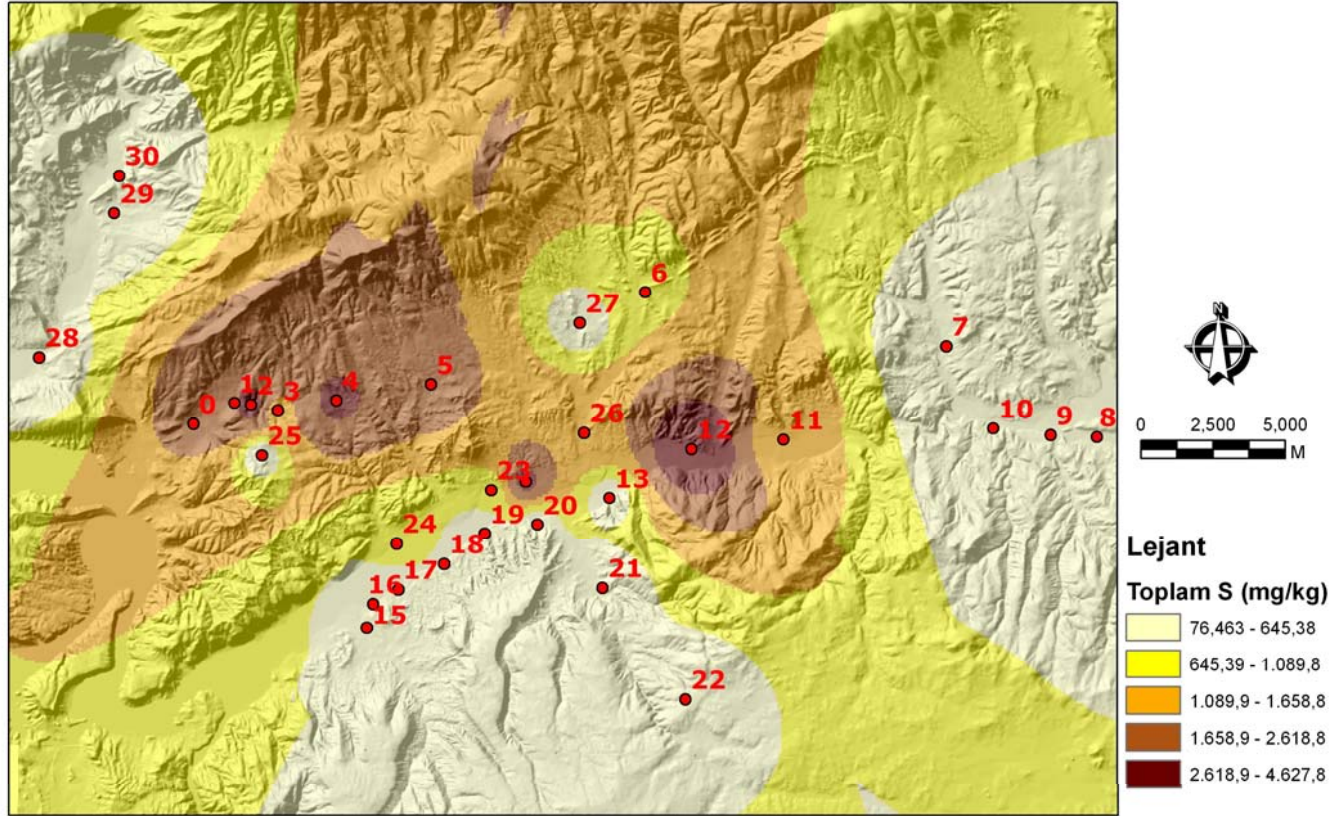
Bacadan çıkan gazlar, meteorolojik ve topoğrafik koşullara bağlı olarak baca çevresinde oluşan ölü bir alandan sonra arazi üzerine çöker/çarpar yahut atmosfere yayılır. Baca yükseldikçe ölü alanın/ kükürtten etkilenecek mesafenin de nispeten uzayacağı açıktır. Gazların atmosferdeki yatay hareketi hakim rüzgar yönüne doğru olmaktadır. Bacadan çıkan gazlar, bacanın yüksekliğine bağlı olarak baca çevresinde bir ölü alan bırakarak bir "eğik düşüş" gibi belli bir mesafeden sonra arazi ile temasa gelmektedir. Özellikle hakim rüzgar yönünde baca gazları ile teması kolaylaştırmakta ölü mesafeyi kısaltmaktadır (Karaca 1997).

Türkiye’de ilk defa Çayırhan Termik Santralında baca gazından kükürt arıtma tesisleri yapılmış olup, 26 Mart 1992 tarihi itibarıyla ticari işletmeye başlamıştır. Tesis baca gazı içinde 21000 mg/m³ e varan kükürdü % 95 oranında temizleyebilecek şekilde dizayn edilmiştir (Gürkan 1992). Gençsoy ve Kefelioğlu (1994), Çayırhan Termik Santralında kullanılan kömürün içindeki S miktarının % 4.65 gibi yüksek değerde olması nedeniyle yanma sonucu bacadan çevreye, iki ünitenin de tam yükte çalışması durumunda, saatte yaklaşık 30 ton SO₂ gazı verileceğini hesaplandığını ve bunun üzerine santrale bir baca gazı kükürt arıtma tesisinin kurulmasının kararlaştırıldığını belirtmişlerdir. Çayırhan Termik Santralı Baca Gazı Kükürt Arıtma Tesisinde konvansiyonel kireç taşı prosesi uygulanmaktadır. Bu proses, yıkama maddesi olarak kireçtaşı çözeltisi kullanan ve son ürün olarak alçıtaşı üreten bir yaş yakma sistemidir.

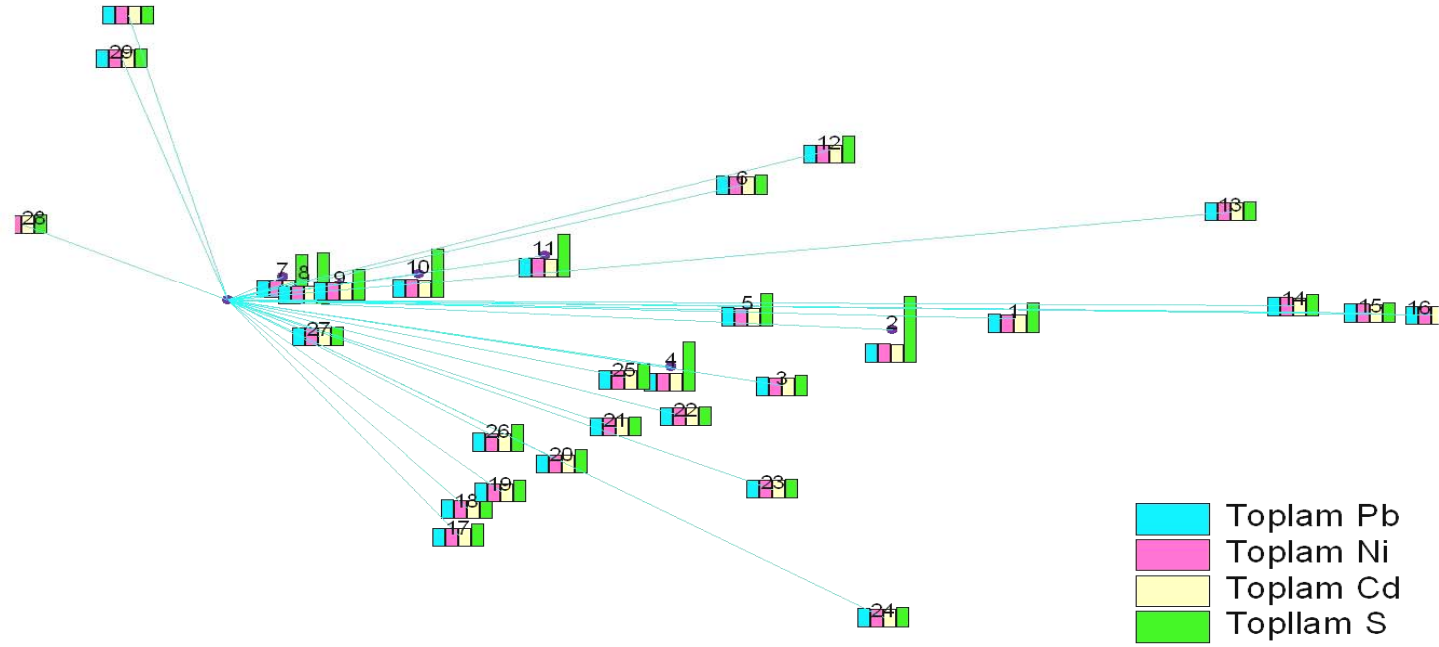
Ülkemizde ilk olarak Çayırhan termik santralında kullanılan baca gazı desülfürizasyon tesisi, eski teknolojinin seçimi nedeni ile kendinden bekleneni verememiştir (Tusiad 2005).

Örnekleme noktalarının toplam S birikim katmanları Şekil 20’de verilmiştir. Toplam S kapsamlarının en yüksek olduğu alanlar koyu renk ile gösterilmiştir.

Örnekleme noktalarının toplam Pb, Ni, Cd ve S dağılımları ise Şekil 21’de verilmiştir.



Şekil 20. Örnekleme noktalarının Toplam S birikim katmanları



Şekil 21. Örnekleme noktalarının Toplam Pb, Ni, Cd ve S dağılımları

3.19. Ekstrakte Edilebilir Demir

Araştırma topraklarının DTPA ile ekstrakte edilebilir Fe kapsamları Çizelge 10'da verilmiştir. Kuzey doğu yönünden alınan örneklerin (1-7 nolu örnekler) ekstrakte edilebilir Fe kapsamları 1.10-2.48 mg kg⁻¹ arasında değişmektedir. Bu değerler Lindsay ve Norvell (1978) tarafından belirtilen 4.5 mg kg⁻¹ sınır değerinin altında olup, KD yönü topraklarında kirlilik (birikim) açısından herhangi bir sorunun olmadığı anlaşılmaktadır. Bitki besleme açısından ise topraklarda ekstrakte edilebilir Fe noksanlığı söz konusudur. Araştırmada kullanılan KD yönü toprak örneklerinin ekstrakte edilebilir Fe kapsamları ile analizi yapılan diğer toprak özellikleri arasındaki ilişkileri saptamak amacıyla yapılan korelasyon analizi sonuçlarına göre; Toprakların ekstrakte edilebilir Fe kapsamları ile diğer toprak özellikleri arasında istatistiksel olarak önemli sayılabilecek düzeyde bir ilişki belirlenmemiştir.

Güney doğu yönünden alınan örneklerin (8-27 nolu örnekler) ekstrakte edilebilir Fe kapsamları 1.58-4.56 mg kg⁻¹ arasında değişmektedir. Bu değerler Lindsay ve Norvell (1978) tarafından belirtilen 4.5 mg kg⁻¹ sınır değerinin altında olup, GD yönü topraklarında kirlilik (birikim) açısından herhangi bir sorunun olmadığı anlaşılmaktadır. Bitki besleme açısından ise topraklarda ekstrakte edilebilir Fe noksanlığı söz konusudur (11 ve 12 nolu örnekler hariç). GD yönünden alınan toprakların ekstrakte edilebilir Fe kapsamları ile OM (r= 0.578), ekstrakte edilebilir Cd (r= 0.727), toplam S (r= 0.502), alınabilir S (r= 0.637) ve ekstrakte edilebilir Pb (r= 0.632) kapsamları arasında P<0.001 düzeyinde önemli pozitif ilişki belirlenmiştir.

GD yönü topraklarında Fe fazlalığı söz konusu olmamasına ve besleme açısından da noksanlık olmasına rağmen ekstrakte edilebilir Cd, ekstrakte edilebilir Pb, toplam ve alınabilir S arasında pozitif ilişki belirlenmiş olması bu yöndeki topraklarda baca emisyonları ile Cd, Pb, ve S dağılımının olduğu yerlerde Fe miktarlarında da artış meydana geldiğini akla getirmektedir.

Hakim rüzgar yönü tersi olan Kuzey batı yönünden alınan toprak örneklerinin (28-30) ekstrakte edilebilir Fe kapsamları ise 3.42-5.30 mg kg⁻¹ değerleri arasında değişmektedir. Bu değerler Lindsay ve Norvell (1978) tarafından belirtilen 4.5 mg kg⁻¹ sınır değerlerinin üzerinde olup (28 nolu örnek hariç), topraklarda Fe birikimi sözkonusudur. Yapılan korelasyon analiz sonuçlarına göre örneklerin ekstrakte edilebilir Fe değerleri ile diğer toprak özellikleri arasında istatistiksel olarak önemli sayılabilecek düzeyde ilişki belirlenmemiştir.

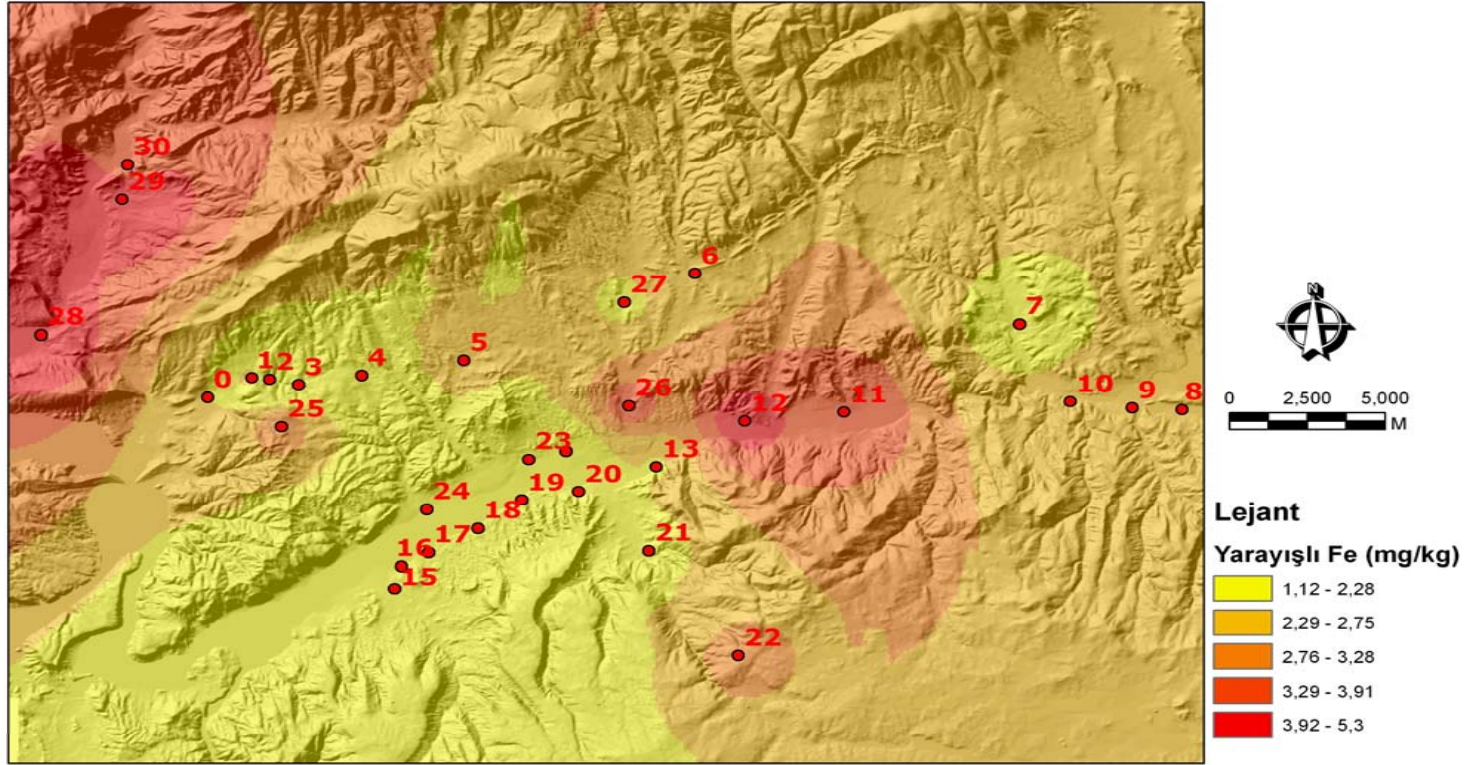
Çizelge 10. Araştırma topraklarının ekstrakte edilebilir iz element, ağır metal ve alınabilir kükürt miktarları (mg kg⁻¹)

Örnek No.	Santrale uzaklık (m)	Pb	Ni	Cd	Fe	Cu	Zn	Mn	S
1	1.596	1,092	0,692	0,054	2,46	0,90	0,34	2,46	1551
2	2.100	1,036	0,702	0,063	1,10	0,22	0,20	2,42	1881
3	2.953	0,288	0,436	0,014	1,82	0,66	0,24	2,46	118
4	5.031	0,806	0,518	0,052	2,26	1,06	0,30	2,06	1584
5	8.361	1,116	0,55	0,072	2,46	0,74	0,24	1,78	247
6	16.331	0,578	0,68	0,032	2,48	1,02	0,44	3,52	41
7	26.262	0,556	0,568	0,034	1,92	1,28	0,34	6,24	66
8	31.356	0,464	0,494	0,03	2,30	0,78	0,54	5,02	16
9	29.757	0,43	0,672	0,044	2,38	1,12	0,62	8,88	107
10	27.763	0,468	0,506	0,026	2,34	0,52	0,26	4,44	82
11	20.474	0,874	0,884	0,226	3,82	1,56	1,92	3,46	792
12	17.308	0,864	0,832	0,152	4,56	1,52	1,08	3,14	2340
13	14.665	0,342	0,494	0,024	2,24	0,84	0,82	2,76	84
14	11.701	0,53	0,628	0,038	1,64	0,76	0,36	8,68	330
15	9.306	0,348	0,424	0,008	1,98	0,32	0,26	3,32	23
16	8.853	0,544	0,424	0,02	1,58	0,58	0,32	2,22	29
17	9.150	0,44	0,424	0,06	1,80	0,88	0,88	1,72	52
18	9.972	0,436	0,418	0,012	1,58	1,06	0,48	2,00	76
19	10.809	0,396	0,528	0,01	1,74	0,82	0,38	2,92	34
20	12.445	0,346	0,516	0,014	1,74	0,64	0,86	6,00	132
21	15.295	0,2	0,31	0,001	2,10	0,48	0,24	2,20	36
22	19.587	0,338	0,636	0,02	2,86	0,70	2,14	6,56	10
23	10.579	0,528	0,588	0,038	2,22	0,86	0,30	4,42	198
24	8.184	0,65	0,644	0,032	1,90	0,8	0,54	2,30	759
25	2.611	0,624	0,604	0,034	3,34	1,08	0,36	2,90	38
26	13.545	0,518	0,872	0,06	3,70	0,98	1,06	3,08	144
27	13.851	0,448	0,52	0,04	2,16	0,68	0,94	2,74	52
28	9.037	0,210	0,154	0,001	3,42	0,36	0,11	0,94	19
29	7.845	0,100	0,201	0,001	5,30	0,74	0,19	1,16	24
30	5.841	0,115	0,220	0,005	4,70	0,25	0,35	1,79	29

Toprakta çözünebilir Fe miktarı, toplam Fe'e göre oldukça düşüktür. İyi havalandırılan topraklarda Fe⁺² iyonları miktarı düşüktür. Havasız koşulların oluşması halinde Fe'in çözünürlüğünde artış olur. Kacar (1984), toprakta yayılsız Fe kapsamı üzerine pH ve Ryan ve ark. (1967) toprakta fazla miktarda bulunan Ca ve Mg karbonatların etki ettiğini bildirmişlerdir. Maji ve ark. (1993), yayılsız Fe miktarını kontrol eden temel faktörün toprak pH'sı olduğunu ifade etmişlerdir. Patil ve Sonar (1994) ise toprakların organik madde ve kireç kapsamının artmasıyla ekstrakte edilebilir Fe kapsamında önemli düzeyde azalmaların

olduğunu belirtmişlerdir. Çayırhan santralı araştırma bölgesi topraklarında ise ekstrakte edilebilir Fe kapsamı ile pH, organik madde veya kireç arasında böyle bir ilişki belirlenmemiştir.

Zabunoğlu ve ark. (1989), TÜGSAŞ ve KBİ çevresindeki tarım topraklarında, bu iki endüstriyel işletmenin baca emisyonlarından kaynaklanan Fe kirliliğinin olduğunu, DTPA ile ekstrakte edilebilir Fe kapsamının fabrikalara yaklaştıkça arttığını belirtmişlerdir. Kızılkaya (1989) aynı endüstriyel tesis yakınlarındaki tarım topraklarında benzer şekilde fabrika yakınlarında ekstrakte edilebilir Fe kapsamının arttığını buna karşın toplam Fe miktarlarında artış olmadığını ve ekstrakte edilebilir Fe kapsamındaki artışın temel sebebinin toprak pH'sında meydana gelen düşmelerden kaynaklanabileceğini belirtmiştir. Karaca (1997), Afşin-Elbistan termik santralı baca gazı emisyonlarının çevre topraklarına etkisini incelediği çalışmada ise santralden uzaklaştıkça toprakların ekstrakte edilebilir Fe kapsamının artış gösterdiğini belirtmiştir. Çayırhan Termik santrali topraklarında ise böyle bir ilişki belirlenmemiştir. Araştırma topraklarının 21 tanesinde ekstrakte edilebilir demir 2.5 mg kg⁻¹ 'in altında olup, bu topraklarda demir noksanlığı söz konusudur. Örnekleme noktalarının ekstrakte edilebilir Fe birikim katmanları Şekil 22'de verilmiştir.



Şekil 22. Örnekleme noktalarının ekstrakte edilebilir Fe birikim katmanları

3.20. Ekstrakte Edilebilir Bakır

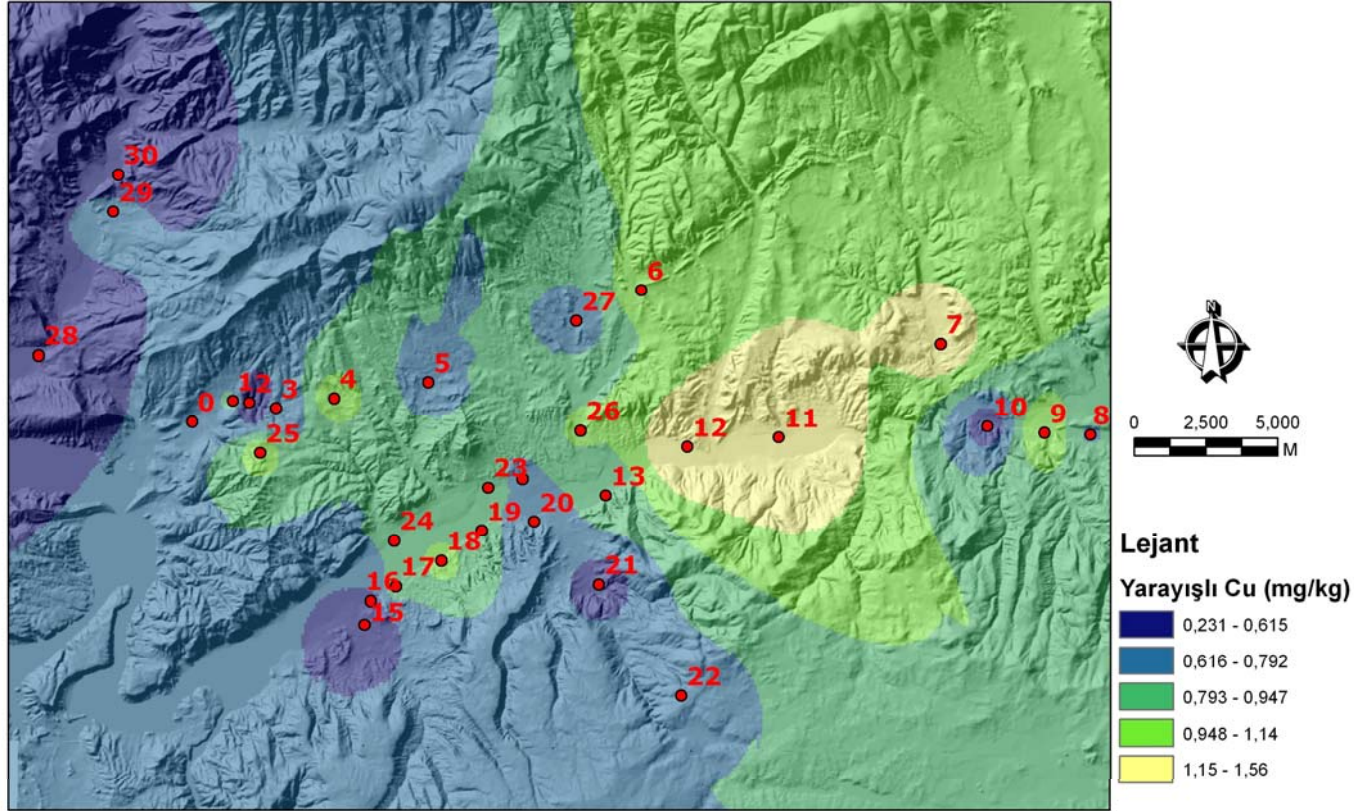
Araştırma topraklarının DTPA ile ekstrakte edilebilir Cu kapsamları Çizelge 10'da verilmiştir. Kuzey doğu yönünden alınan örneklerin (1-7 nolu örnekler) ekstrakte edilebilir Cu kapsamları 0.22-1.06 mg kg⁻¹ arasında değişmektedir (Çizelge 11). Bu değerler Follet ve Lindsay (1975) tarafından rapor edilen 0.2 mg kg⁻¹ in üzerinde olup bitki besleme açısından bir sorun bulunmamaktadır. Kirlilik açısından değerlendirilecek olunursa ekstrakte edilebilir Cu ile ilgili bir sınır kirletici değer bulunmamaktadır. Araştırmada kullanılan KD yönü toprak örneklerinin ekstrakte edilebilir Cu kapsamları ile analizi yapılan diğer toprak özellikleri arasındaki ilişkileri saptamak amacıyla yapılan korelasyon analizi sonuçlarına göre; Toprakların ekstrakte edilebilir Cu kapsamları ile pH (r= 0.773) kapsamları arasında P<0.001 düzeyinde önemli pozitif ilişki belirlenmiştir.

Güney doğu yönünden alınan örneklerin (8-27 nolu örnekler) ekstrakte edilebilir Cu kapsamları 0.32-1.52 mg kg⁻¹ arasında değişmektedir. GD yönünden alınan toprakların ekstrakte edilebilir Cu kapsamları ile diğer toprak özellikleri arasında istatistiksel olarak önemli sayılabilecek düzeyde bir ilişki belirlenmemiştir.

GD yönündeki toprakların hepsinde ekstrakte edilebilir Cu kapsamları 0.2 mg kg⁻¹ 'ın üstünde yani yeterli düzeydedir ancak, santralin GD yönündeki toprakların ekstrakte edilebilir Cu kapsamları ile kükürt ve ağır metal kapsamları arasında pozitif ilişki belirlenmiş olması, baca gazı emisyonları ile çevre topraklarına bu elementlerle birlikte Cu'nda birikmiş olabileceğini göstermektedir.

Peech (1941), toprak pH'sının asitten alkali yöne doğru değiştikçe ekstrakte edilebilir Cu miktarında azalma olduğunu, Maji ve ark. (1993) ve Dhane ve Shukla (1995) ise yüzey topraklarında ekstrakte edilebilir Cu ile organik madde kapsamının çok önemli pozitif ilişki içerisinde bulunduğunu saptamışlardır.

Hakim rüzgar yönü tersi olan Kuzey batı yönünden alınan toprak örneklerinin (28-30) ekstrakte edilebilir Cu kapsamları ise 0.25-0.74 mg kg⁻¹ değerleri arasında değişmektedir. DTPA ile ekstrakte edilebilir Cu konsantrasyonu kritik değeri 0.20 mg kg⁻¹ (Adriano 1986; Follet ve Lindsay (1975) olup bitki besleme açısından bir sorun bulunmamaktadır. Yapılan korelasyon analiz sonuçlarına göre örneklerin ekstrakte edilebilir Cu değerleri ile diğer toprak özellikleri arasında istatistiksel olarak önemli sayılabilecek düzeyde ilişki belirlenmemiştir. Örnekleme noktalarının ekstrakte edilebilir Cu birikim katmanları Şekil 23'de verilmiştir.



Şekil 23. Örnekleme noktalarının ekstrakte edilebilir Cu birikim katmanları

3.21. Ekstrakte Edilebilir Çinko

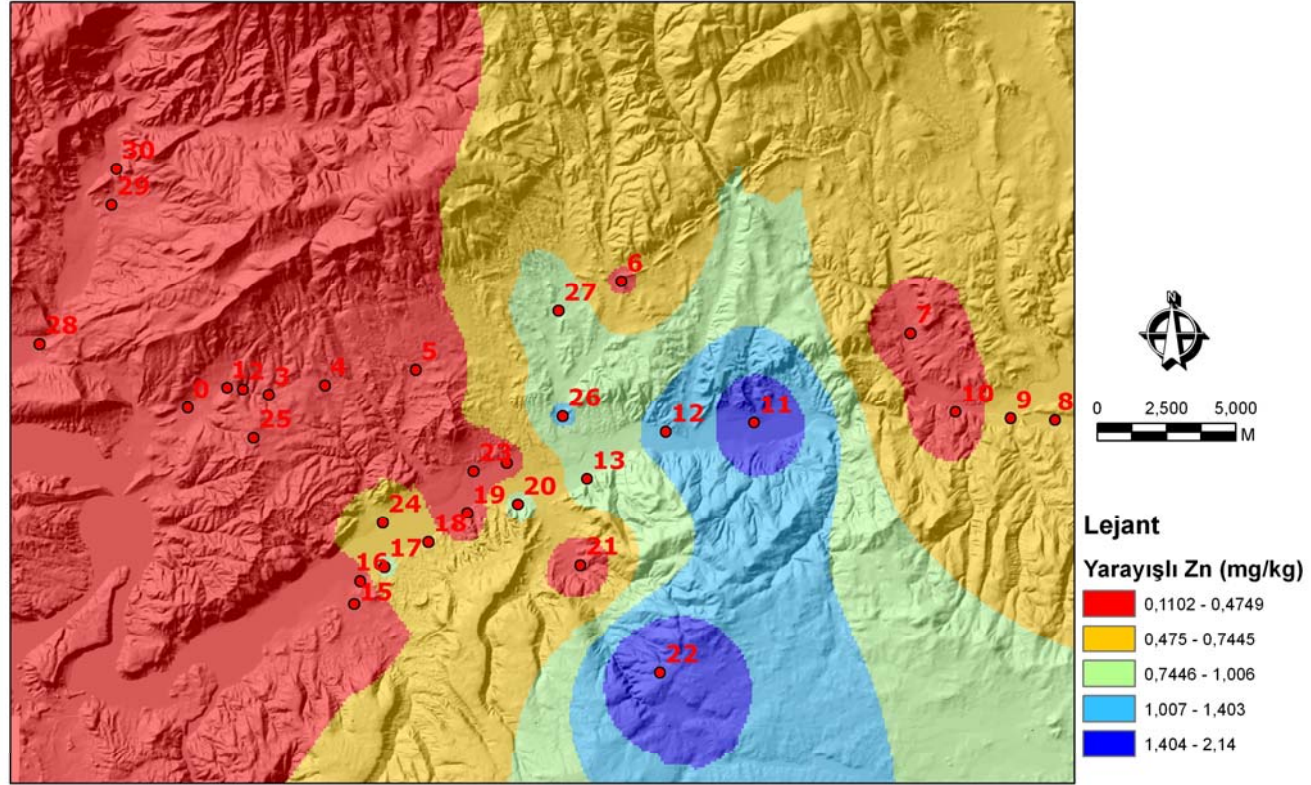
Araştırma topraklarının DTPA ile ekstrakte edilebilir Zn kapsamları Çizelge 10’da verilmiştir. Kuzey doğu yönünden alınan örneklerin (1-7 nolu örnekler) ekstrakte edilebilir Zn kapsamları 0.20-0.44 mgkg⁻¹ arasında değişmektedir (Çizelge 11). Verimlilik açısından DTPA yöntemine göre, topraklarda kritik düzey olarak değişik değerler bulunmaktadır. Örneğin, Follet ve Lindsay (1970) 0.5 mgkg⁻¹ ‘ın altında ekstrakte edilebilir Zn içeren topraklarda bitkilerde noksanlık belirtileri ortaya çıktığını, 1 mgkg⁻¹ ‘ın üstünde ise yeterli olduğunu, Boawn (1971) ise Zn’ye duyarlı bikiler için toprakta DTPA ile ekstrakte edilebilir Zn için 0.8 mgkg⁻¹ ‘ın kritik düzey olduğunu rapor etmişlerdir. Buna göre, KD yönü topraklarının ekstrakte edilebilir Zn değerleri sınır değerlerin altındadır. Araştırmada kullanılan KD yönü toprak örneklerinin ekstrakte edilebilir Zn kapsamları ile analizi yapılan diğer toprak özellikleri arasındaki ilişkileri saptamak amacıyla yapılan korelasyon analizi sonuçlarına göre; Toprakların ekstrakte edilebilir Zn kapsamları ile diğer toprak özellikleri arasında istatistiksel olarak önemli sayılabilecek düzeyde bir ilişki belirlenmemiştir.

Güney doğu yönünden alınan örneklerin (8-27 nolu örnekler) ekstrakte edilebilir Zn kapsamları 0.26-2.14 mg kg⁻¹ arasında değişmektedir. Çizelge 9’da verilen GD yönü topraklarının ekstrakte edilebilir Zn değerleri yukarıda verilen sınır değerlerle karşılaştırıldığında 10, 14, 15 ve 21 nolu örneklerde sınır değerlerin altında, diğer örnekleme noktalarında ise üzerinde olduğu anlaşılmaktadır. GD yönünden alınan toprakların ekstrakte edilebilir Zn kapsamları ile EC (r= 0.450), kireç (r= 0.554), ekstrakte edilebilir Cd (r= 0.583) ekstrakte edilebilir Ni (r= 0.573) ve ekstrakte edilebilir Fe (r= 0.542) kapsamları arasında ise P<0.001 düzeyinde önemli pozitif ilişki belirlenmiştir.

Udo ve ark. (1970), kireçli alkalın topraklarda çinkonun, toprak kompleksleri ile güç çözünen bileşikler oluşturduğunu ve böylece yarayışlılığın azaldığını bildirmektedir. Patil ve Sonar (1994), DTPA ile ekstrakte edilebilir Zn’nin toprakların organik madde ve kil kapsamı ile önemli pozitif, Prasad ve Sakal (1992) ise toprakların Zn yarayışlılığı ile pH ve kireç arasında önemli negatif ilişki bulunduğunu belirtmişlerdir.

Hakim rüzgar yönü tersi olan Kuzey batı yönünden alınan toprak örneklerinin (28-30) ekstrakte edilebilir Zn kapsamları ise 0.11-0.35 mg kg⁻¹ değerleri arasında değişmektedir. Buna göre, KB yönü topraklarının ekstrakte edilebilir Zn değerleri sınır değerlerin altındadır. Yapılan korelasyon analiz sonuçlarına göre örneklerin ekstrakte edilebilir Zn değerleri ile diğer toprak özellikleri arasında istatistiksel olarak önemli sayılabilecek düzeyde ilişki belirlenmemiştir.

Kirlilik açısından değerlendirilecek olursa, 1. hakim rüzgar yönü olan KD ve rüzgara ters yön olan KB topraklarının ekstrakte edilebilir Zn kapsamaları yetersiz olup birikim söz konusu değildir. 2. hakim rüzgar yönü olan GD topraklarında ise ekstrakte edilebilir Zn sınır değerlerin üzerinde olup, toplam Cd ve Pb ile pozitif ilişki belirlenmiş olması (11 ve 12 nolu örnekler) bu metallerin biriktiği yerde Zn'nin birikmiş olabileceğini göstermektedir. Ancak, kısa bir izleme periyodu ile Zn yığılmasının kaynağının saptanması mümkün değildir ve bu yığılmanın gübrelerden mi, jeolojik kökenli mi yoksa santral emisyonlarından mı ileri geldiğini belirleyebilmek için daha uzun süreli araştırmalara gerek vardır. Örnekleme noktalarının ekstrakte edilebilir Zn birikim katmanları Şekil 24'de verilmiştir.



Şekil 24. Örnekleme noktalarının ekstrakte edilebilir Zn birikim katmanları

3.22. Ekstrakte Edilebilir Mangan

Araştırma topraklarının DTPA ile ekstrakte edilebilir Mn kapsamı Çizelge 10'da verilmiştir. Kuzey doğu yönünden alınan örneklerin (1-7 nolu örnekler) ekstrakte edilebilir Mn kapsamı 1.78-6.24 mg kg⁻¹ arasında değişmektedir. Bu değerler Follet ve Lindsay (1970) tarafından belirtilen 1 mg kg⁻¹ 'ın üzerindedir. Ancak Aydemir ve İnce (1988)i, toprakların ekstrakte edilebilir Mn kapsamının da toplam Mn değerleri gibi çok geniş sınırlar arasında değiştiğini ve bunun 10-1000 mgkg⁻¹ olduğunu belirtmiştir.

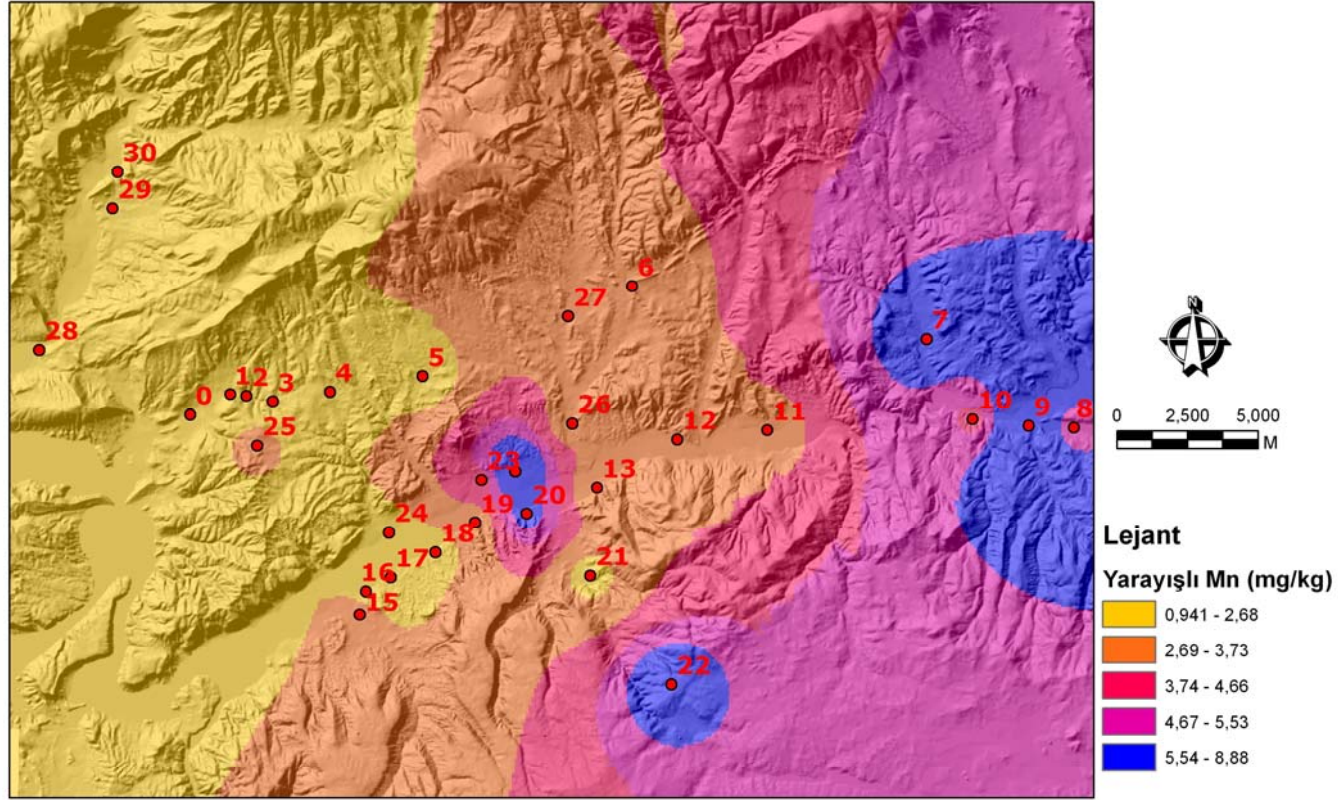
Araştırmada kullanılan KD yönü toprak örneklerinin ekstrakte edilebilir Mn kapsamı ile analizi yapılan diğer toprak özellikleri arasındaki ilişkileri saptamak amacıyla yapılan korelasyon analizi sonuçlarına göre; Toprakların ekstrakte edilebilir Mn kapsamı ile, toplam S (r=- 0.816), toplam Cd (r= - 0.843) toplam Zn (r= -0.705) ve asit fosfataz enzim aktivitesi (r= - 0.682) arasında P<0.001 düzeyinde önemli negatif, ekstrakte edilebilir Mn kapsamı ile santrale olan uzaklık (r= 0.894) ve pH (r= 0.833) arasında ise P<0.001 düzeyinde önemli pozitif ilişki belirlenmiştir. Diğer elementlerin aksine olarak toprakların kükürt, kadmiyum ve çinko miktarlarının artış gösterdiği noktalarda ekstrakte edilebilir Mn kapsamı azalma göstermiş, ayrıca pH'nın arttığı noktalarda da Mn miktarları artmıştır. Buna karşın, Kacar (1984) ve Aktaş (1995)'e göre pH'nın yükselmesiyle birlikte yararlılığı Mn miktarında azalma olduğunu belirtmişlerdir.

Güney doğu yönünden alınan örneklerin (8-27 nolu örnekler) ekstrakte edilebilir Mn kapsamı 1.72-8.88 mg kg⁻¹ arasında değişmektedir. GD yönündeki toprakların hepsinde ekstrakte edilebilir Mn kapsamı 1 mg kg⁻¹ 'ın üstünde yani yeterli düzeydedir. Toprakların ekstrakte edilebilir Mn kapsamı ile santrale olan uzaklık (r= 0.488) arasında ise P<0.001 düzeyinde önemli pozitif ilişki belirlenmiş olup diğer toprak özellikleri arasında istatistiksel olarak önemli sayılabilecek düzeyde bir ilişki belirlenmemiştir.

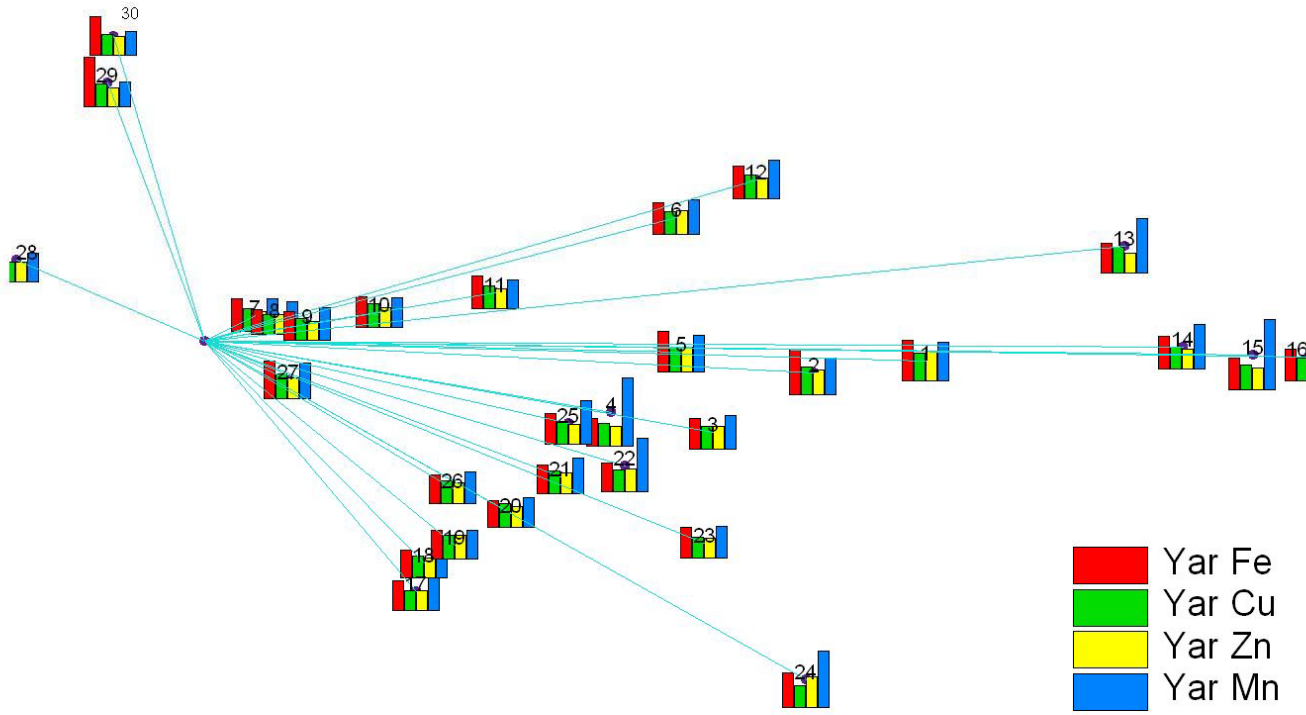
Hakim rüzgar yönü tersi olan Kuzey batı yönünden alınan toprak örneklerinin (28-30) ekstrakte edilebilir Mn kapsamı ise 0.94-1.79 mg kg⁻¹ değerleri arasında değişmektedir. Yapılan korelasyon analiz sonuçlarına göre örneklerin ekstrakte edilebilir Mn değerleri ile diğer toprak özellikleri arasında istatistiksel olarak önemli sayılabilecek düzeyde ilişki belirlenmemiştir.

Her üç yönü değerlendirecek olursak; hakim rüzgar yönü topraklarında belirlenen ekstrakte edilebilir Mn kapsamı ters yönde belirlenen Mn kapsamının oldukça üzerinde olması, rüzgarla birlikte santral baca gazı emisyonları ile Mn birikiminin olabileceği olasılığını akla getirmektedir. Ancak daha önce de belirtildiği gibi element birikiminin ortaya konulabilmesi için daha uzun süreli araştırmalara gereksinim bulunmaktadır. Örnekleme noktalarının

ekstrakte edilebilir Mn birikim katmanları Şekil 25’de ve örnekleme noktalarının ekstrakte edilebilir Fe, Cu, Zn ve Mn dağılımları ise Şekil 26’da verilmiştir.



Şekil 25. Örnekleme noktalarının ekstrakte edilebilir Mn birikim katmanları



Şekil 26. Örnekleme noktalarının ekstrakte edilebilir Fe, Cu, Zn ve Mn dağılımları

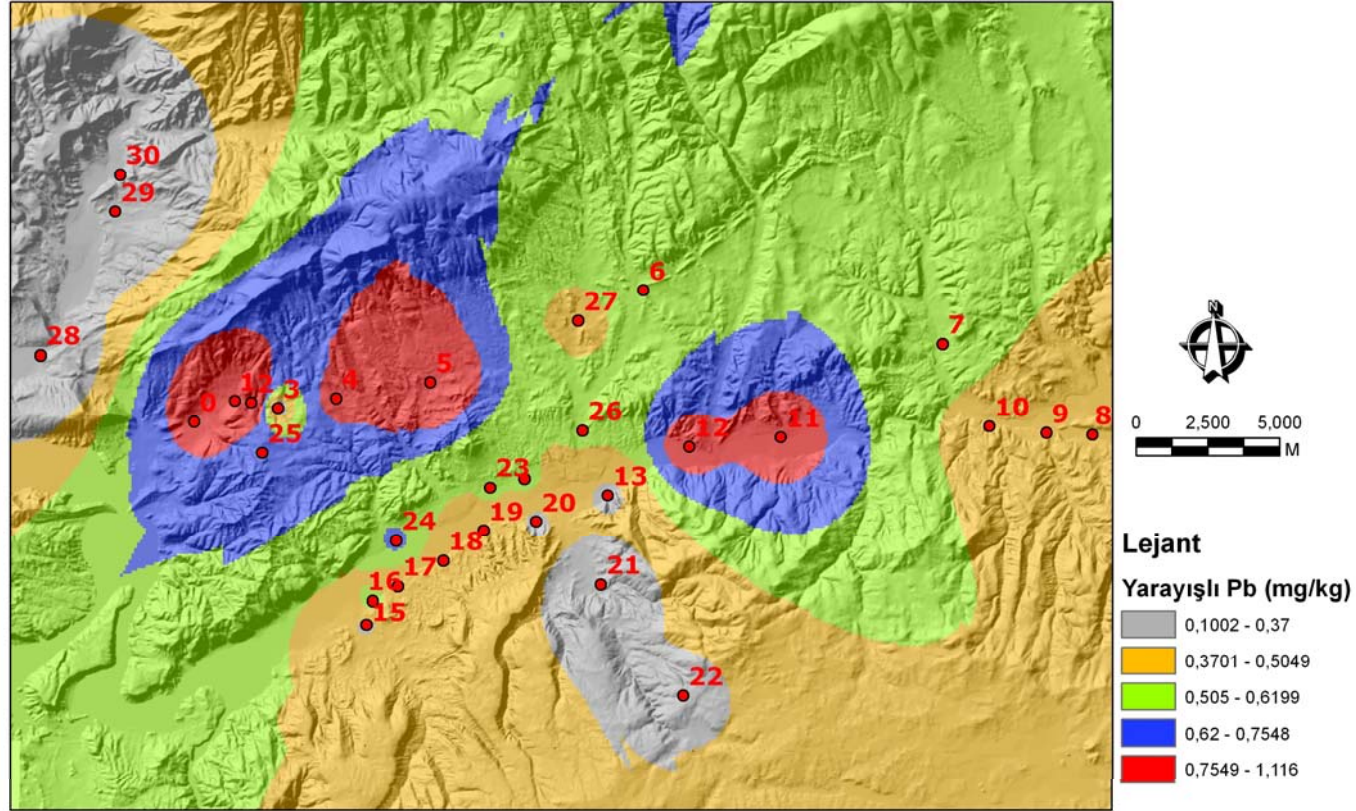
3.23. Ekstrakte Edilebilir Kurşun

Araştırma topraklarının DTPA ile ekstrakte edilebilir Pb kapsamları Çizelge 10'da verilmiştir. Kuzey doğu yönünden alınan örneklerin (1-7 nolu örnekler) ekstrakte edilebilir Pb kapsamları 0.288-1.116 mg kg⁻¹ arasında değişmektedir. Araştırmada kullanılan KD yönü toprak örneklerinin ekstrakte edilebilir Pb kapsamları ile analizi yapılan diğer toprak özellikleri arasındaki ilişkileri saptamak amacıyla yapılan korelasyon analizi sonuçlarına göre; Toprakların ekstrakte edilebilir Pb kapsamları ile pH (r= -0.728), alkali fosfataz enzim aktivitesi (r= - 0.864) ve kireç (r= -0.796) arasında P<0.001 düzeyinde önemli negatif ve EC (r= 0.938), toplam S (r= 0.726), toplam Pb (r= 0.860) ve ekstrakte edilebilir Cd (r= 0.956) kapsamları arasında da P<0.001 düzeyinde önemli pozitif ilişki belirlenmiştir.

Güney doğu yönünden alınan örneklerin (8-27 nolu örnekler) ekstrakte edilebilir Pb kapsamları 0.200-0.874 mg kg⁻¹ arasında değişmektedir. GD yönünden alınan toprakların ekstrakte edilebilir Pb kapsamları ile EC (r= 0.503), OM (r= 0.660), değişebilir Ca (r= 0.572), toplam Pb (r= 0.542), toplam S (r= 0.622) ile de P<0.001 düzeyinde önemli pozitif ilişki belirlenmiştir.

Hakim rüzgar yönü tersi olan Kuzey batı yönünden alınan toprak örneklerinin (28-30) ekstrakte edilebilir Pb kapsamları ise 0.100-0.210 mg kg⁻¹ değerleri arasında değişmektedir. Yapılan korelasyon analiz sonuçlarına göre örneklerin ekstrakte edilebilir Pb değerleri ile diğer toprak özellikleri arasında istatistiksel olarak önemli sayılabilecek düzeyde bir ilişki belirlenmemiştir.

Örnekleme noktalarının ekstrakte edilebilir Pb birikim katmanları Şekil 27'de verilmiştir. Ekstrakte edilebilir Pb kapsamlarının en yüksek olduğu alanlar kırmızı renk ile gösterilmiştir. Topraklarda çözünebilir şekilde bulunan Pb yıkanıp derinlere inmektedir. Pb, mikroorganizmalar tarafından immobil şekle dönüştürülebildiği gibi, toprağın değişim kompleksleri tarafından adsorbe veya fiske edilmekte ve organik bileşikler şeklinde tutulmak suretiyle immobil şekle dönüştürülmektedir (Kacar 1994). John (1972), toprakların ekstrakte edilebilir Pb kapsamlarının toprak pH'sı ile alınabilir Al ve toplam Ni miktarları ile yakından ilişkili olduğunu belirlemiştir. Kurşunun toprakta yarayışlılığı üzerine etki yapan etmenler ile ilgili bilinenler sınırlı olmakla beraber başta toprak pH'sı olmak üzere, toprak tekstürü, kil minerallerinin cins ve miktarları, organik madde miktarı, katyon ve anyonların cins ve miktarları ile toprak drenajı kurşunun yarayışlılığı üzerine etkilidir (Kacar 1994).



Şekil 27. Örnekleme noktalarının ekstrakte edilebilir Pb birikim katmanları

3.24. Ekstrakte Edilebilir Nikel

Araştırma topraklarının DTPA ile ekstrakte edilebilir Ni kapsamı Çizelge 10'da verilmiştir. Kuzey doğu yönünden alınan örneklerin (1-7 nolu örnekler) ekstrakte edilebilir Ni kapsamı 0.436-0.702 mg kg⁻¹ arasında değişmektedir (Çizelge 11). Araştırmada kullanılan KD yönü toprak örneklerinin ekstrakte edilebilir Ni kapsamı ile analizi yapılan diğer toprak özellikleri arasındaki ilişkileri saptamak amacıyla yapılan korelasyon analizi sonuçlarına göre Toprakların ekstrakte edilebilir Ni kapsamı ile diğer toprak özellikleri arasında önemli sayılabilecek düzeyde bir ilişki belirlenmemiştir.

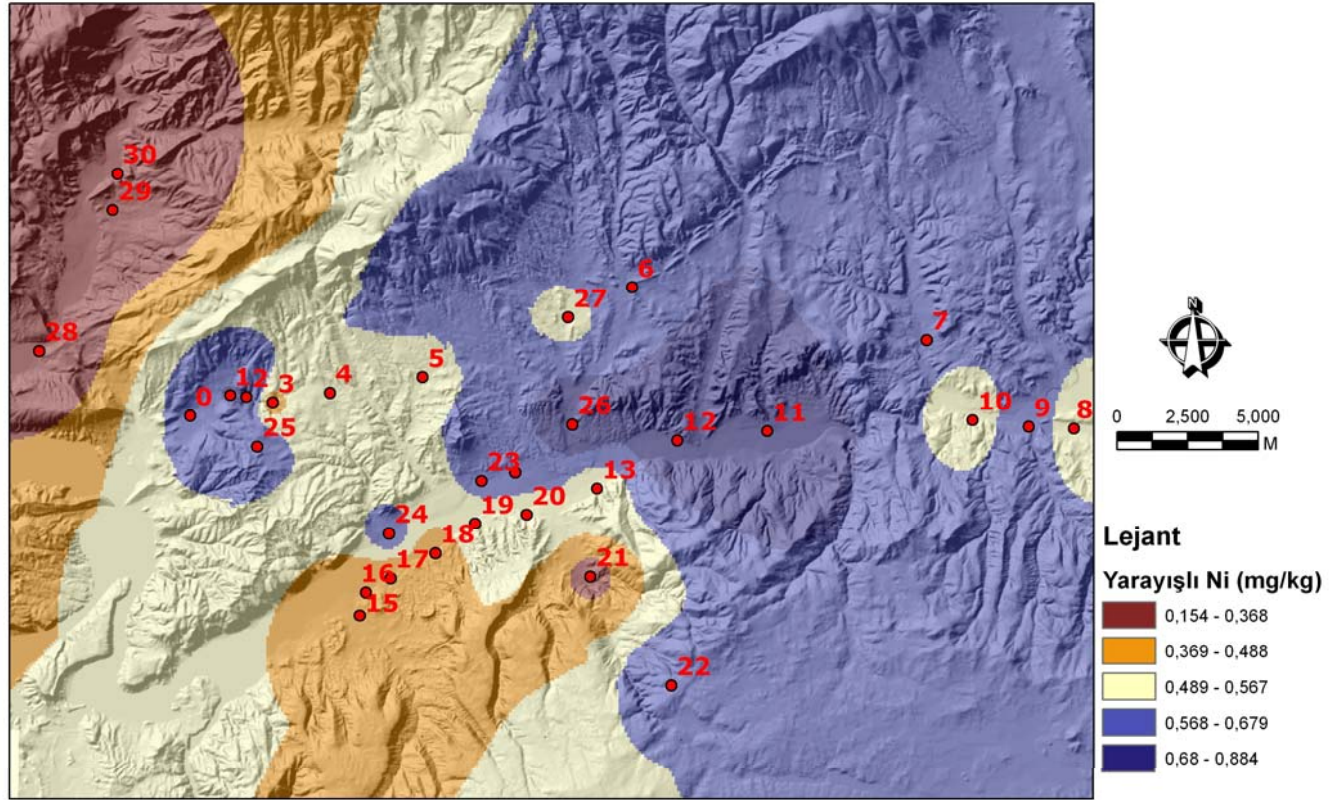
Güney doğu yönünden alınan örneklerin (8-27 nolu örnekler) ekstrakte edilebilir Ni kapsamı 0.310-0.884 mg kg⁻¹ arasında değişmektedir. GD yönünden alınan toprakların ekstrakte edilebilir Ni kapsamı ile pH ($r = -0.660$) arasında $P < 0.001$ düzeyinde önemli negatif ve kil ($r = 0.587$), EC ($r = 0.594$), organik madde ($r = 0.663$), toplam Ni ($r = 0.5845$), toplam S ($r = 0.561$), alınabilir S ($r = 0.586$), ekstrakte edilebilir Cd ($r = 0.741$), ekstrakte edilebilir Pb ($r = 0.726$) ve ile de $P < 0.001$ düzeyinde önemli pozitif ilişki belirlenmiştir.

Hakim rüzgar yönü tersi olan Kuzey batı yönünden alınan toprak örneklerinin (28-30) ekstrakte edilebilir Ni kapsamı ise 0.150-0.220 mg kg⁻¹ değerleri arasında değişmektedir. Yapılan korelasyon analiz sonuçlarına göre örneklerin ekstrakte edilebilir Ni değerleri ile toplam S ($r = 0.934$) ile $P < 0.001$ düzeyinde önemli pozitif ve asit fosfataz ($r = -0.936$) ve EC ($r = -0.925$) ile negatif ilişki belirlenmiştir.

Örnekleme noktalarının ekstrakte edilebilir Pb birikim katmanları Şekil 28'de verilmiştir.

Ekstrakte edilebilir Pb kapsamının en yüksek olduğu alanlar koyu mavi renk ile gösterilmiştir.

Basta ve Tabatabai (1992), pH'nın toprakta metal hareketliliği üzerine etkisini araştırmışlar ve pH'nın metallerin yararılılıkları üzerine $Cu = Pb > Cd = Ni = Zn$ sırası şeklinde olduğunu belirtmişlerdir. Toprakta Ni adsorpsiyonu ve bağlanması önemli ölçüde Mn, Fe ve Al oksitlerle ve kil mineralleri ile olmaktadır. Ekstrakte edilebilir Ni kapsamı pH'nın düşmesine bağlı olarak artmakta ve kil mineralleri, organik madde ile Mn ve Fe oksitlerin miktarındaki artışa bağlı olarak azalmaktadır (Özbek ve ark. 1993). Bu sonuçlara benzer olarak araştırma bölgesi topraklarının (GD yönü) ekstrakte edilebilir Ni kapsamı ile pH arasında negatif ve organik madde ile de pozitif ilişki belirlenmiştir.



Şekil 28. Örnekleme noktalarının ekstrakte edilebilir Ni birikim katmanları

3.25. Ekstrakte Edilebilir Kadmiyum

Araştırma topraklarının DTPA ile ekstrakte edilebilir Cd kapsamları Çizelge 10'da verilmiştir. Kuzey doğu yönünden alınan örneklerin (1-7 nolu örnekler) ekstrakte edilebilir Cd kapsamları 0.014-0.063 mg kg⁻¹ arasında değişmektedir (Çizelge 11). Alloway (1968), toprak çözeltisindeki 0.001 mg kg⁻¹ düzeyindeki Cd'ü sınır değer olarak belirtmiştir. Buna göre KD yönünden alınan toprakların tamamında ekstrakte edilebilir Cd sınır değerlerin oldukça üzerindedir. Araştırmada kullanılan KD yönü toprak örneklerinin ekstrakte edilebilir Cd kapsamları ile analizi yapılan diğer toprak özellikleri arasındaki ilişkileri saptamak amacıyla yapılan korelasyon analizi sonuçlarına göre; Toprakların ekstrakte edilebilir Cd kapsamları ile kil ($r = -0.619$), pH ($r = -0.749$) ve alkali fosfataz enzim aktivitesi ($r = -0.787$) arasında $P < 0.001$ düzeyinde önemli negatif ve EC ($r = 0.912$), toplam S ($r = 0.717$), ekstrakte edilebilir Pb ($r = 0.956$) arasında $P < 0.001$ düzeyinde önemli pozitif ilişki belirlenmiştir.

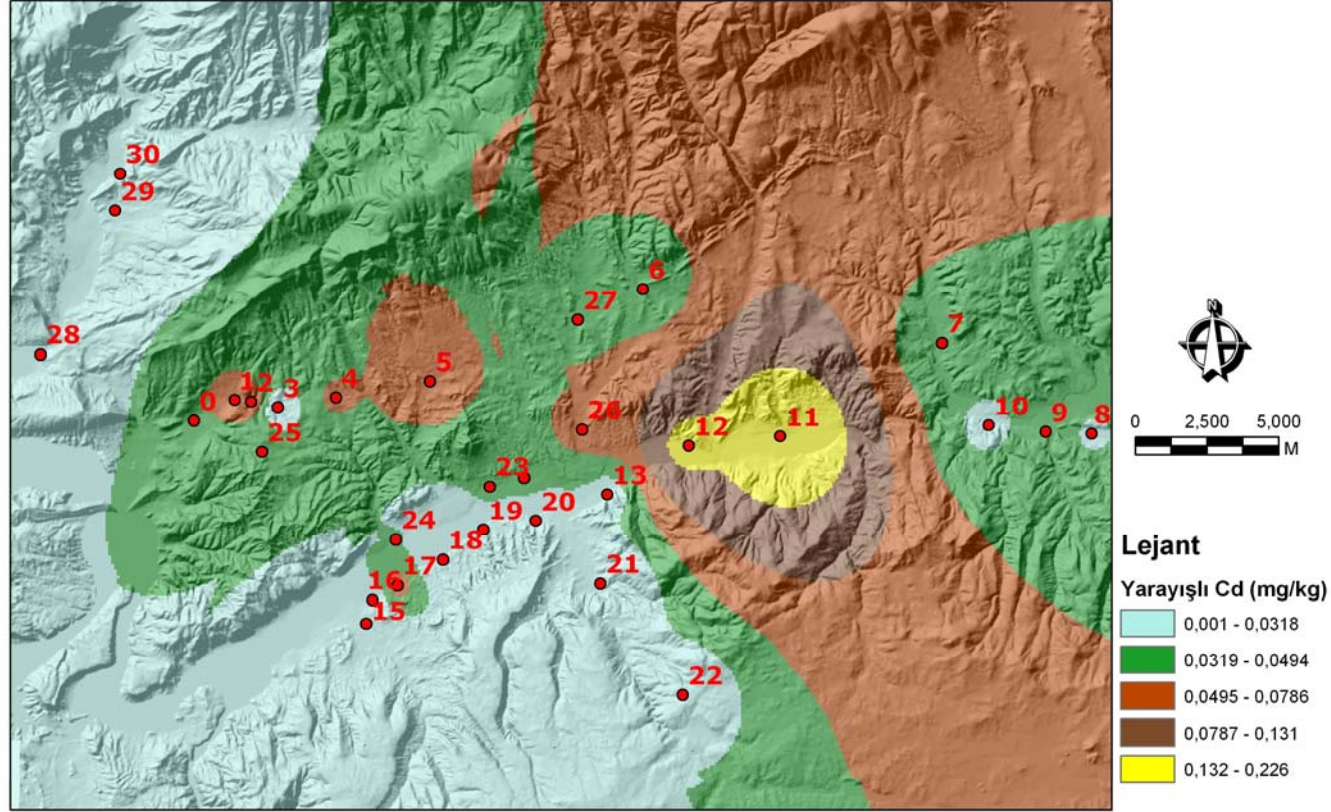
Güney doğu yönünden alınan örneklerin (8-27 nolu örnekler) ekstrakte edilebilir Cd kapsamları 0.001-0.152 mg kg⁻¹ arasında değişmektedir. Alloway (1993)'ün belirttiği 0.001 mg kg⁻¹ sınır değere göre GD yönü topraklarının ekstrakte edilebilir Cd kapsamları 21 nolu örnek hariç sınır değerlerin oldukça üzerindedir ve Cd kirlenmesinden söz etmek mümkündür. GD yönünden alınan toprakların ekstrakte edilebilir Cd kapsamları ile EC ($r = 0.761$), organik madde ($r = 0.651$), toplam Cd ($r = 0.594$), toplam S ($r = 0.531$), alınabilir S ($r = 0.678$), ekstrakte edilebilir Zn ($r = 0.583$), değişebilir Ca ($r = 0.449$) ve ile de $P < 0.001$ düzeyinde önemli pozitif ilişki belirlenmiştir.

Toprakta bulunan Cd'un bitkiye geçen miktarlarını belirlemede toprağın toplam Cd içeriğinden çok DTPA ile ekstrakte edilebilir miktarının daha iyi bir gösterge olduğu pek çok araştırmacı tarafından saptanmıştır. Örneğin, Li ve ark. (1994), topraktaki toplam Cd miktarı ile bitkinin Cd kapsamı arasında çok zayıf bir ilişki olduğunu, buna karşılık DTPA ile ekstrakte edilebilir miktarının Cd birikimi için çok önemli bir gösterge olduğunu belirtmişlerdir. Alloway (1995), bitkilerin Cd düzeylerinin 0.1-1 mg kg⁻¹ arasında olduğunu ve bitkilerin Cd alınımını etkileyen en önemli toprak faktörlerinden birinin toprak pH'sı olduğunu belirtmiştir. Artan pH'ya bağlı olarak Cd adsorpsiyonu artmakta ve Cd'nin çözünürlüğü azalmaktadır. Cd konsantrasyonu toprak çözeltisinde pH 7'de en düşük düzeyde, pH 6-6.5 değerinin altında ise konsantrasyonu hızla yükselmektedir. Ayrıca Cd'un büyük kısmının topraklarda adsorbe olmuş formda bulunması nedeniyle, Cd'un çözünürlüğü toplam Cd artışına bağlı olarak artmaktadır (Özbek ve ark. 1993). GD yönü topraklarında da benzer

şekilde ekstrakte edilebilir Cd ile pH arasında negatif ve toplam Cd arasında da önemli pozitif ilişki belirlenmiş olup, pH'nın azalma gösterdiği (muhtemelen kükürt birikiminden ötürü) örnekleme noktalarında ekstrakte edilebilir Cd ve toplam Cd değerlerinde artış belirlenmiştir ve Cd kirliliğinden söz etmek mümkündür.

Hakim rüzgar yönü tersi olan Kuzey batı yönünden alınan toprak örneklerinin (28-30) ekstrakte edilebilir Cd kapsamaları ise 0.001-0.005 mg kg⁻¹ değerleri arasında değişmektedir. Yapılan korelasyon analiz sonuçlarına göre örneklerin ekstrakte edilebilir Cd değerleri ile uzaklık (r=0.999) ve EC (r= 0.959) ile P<0.001 düzeyinde önemli pozitif ve OM (r= -0.994) ile negatif ilişki belirlenmiştir.

Örnekleme noktalarının ekstrakte edilebilir Cd birikim katmanları Şekil 29'da verilmiştir.



Şekil 29. Örnekleme noktalarının ekstrakte edilebilir Cd birikim katmanları

3.26. Alınabilir Kükürt

Araştırma topraklarının alınabilir S kapsamaları Çizelge 10'da verilmiştir.

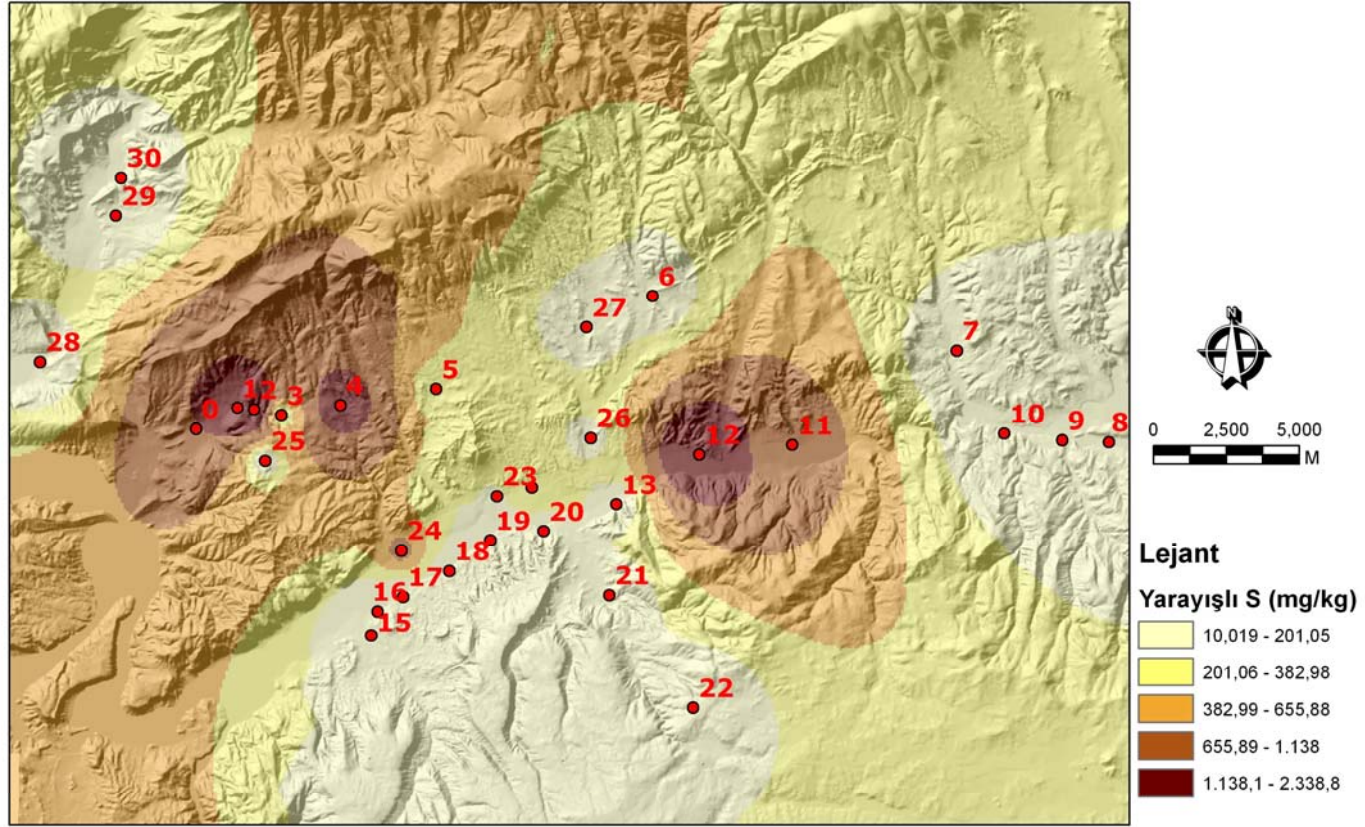
Kuzey doğu yönünden alınan örneklerin (1-7 nolu örnekler) alınabilir S kapsamaları 41.25-1881 mg kg⁻¹ arasında değişmektedir. KD yönü toprak örneklerinin alınabilir S kapsamaları ile analizi yapılan diğer toprak özellikleri arasındaki ilişkileri saptamak amacıyla yapılan korelasyon analizi sonuçlarına göre; Toprakların alınabilir S kapsamaları ile santrale olan uzaklık (r= -0.646) pH (r= -0.764) ve alkali fosfataz enzim aktivitesi (r= -0.759) arasında P<0.001 düzeyinde önemli negatif ve toplam S ile de (r= 0.844) P<0.001 düzeyinde önemli pozitif ilişki belirlenmiştir.

Güney doğu yönünden alınan örneklerin (8-27 nolu örnekler) alınabilir S kapsamaları 9.90-2340 mg kg⁻¹ arasında değişmektedir. GD yönünden alınan toprakların alınabilir S kapsamaları ile organik madde (r= 0.564), toplam Cd (r= 0.532), toplam Pb (r= 0.458), toplam Ni (r= 0.516) ve toplam S (r= 0.840) arasında ise P<0.001 düzeyinde önemli pozitif ilişki belirlenmiştir.

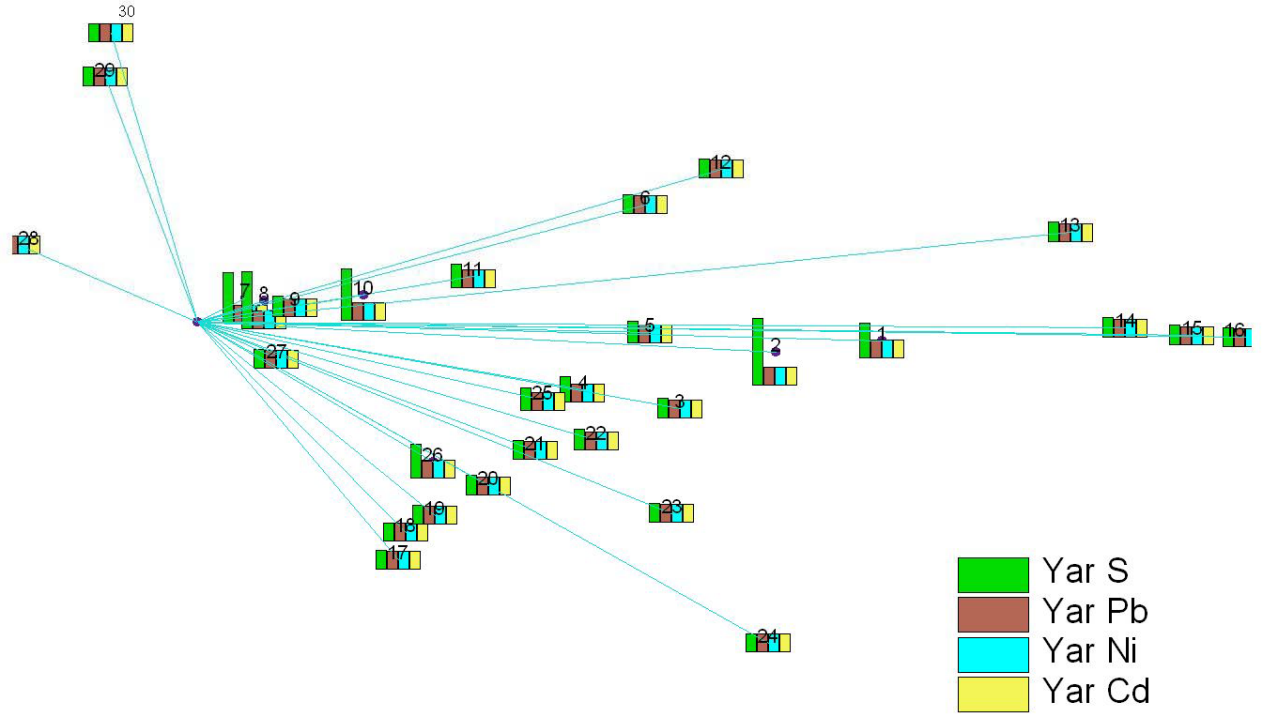
Hakim rüzgar yönü tersi olan Kuzey batı yönünden alınan toprak örneklerinin (28-30) alınabilir S kapsamaları ise 19-29 mg kg⁻¹ değerleri arasında değişmektedir. Yapılan korelasyon analiz sonuçlarına göre örneklerin alınabilir S değerleri ile diğer toprak özellikleri arasında istatistiksel olarak önemli sayılabilecek düzeyde ilişki belirlenmemiştir.

Örnekleme noktalarının alınabilir S birikim katmanları Şekil 30'da ve örnekleme noktalarının ekstrakte edilebilir Pb, Ni, Cd ve alınabilir S dağılımları ise Şekil 31'de verilmiştir.

Her üç yöndeki alınabilir S kapsamalarına bakıldığında, hakim rüzgar yönünden alınan toprak örneklerinin alınabilir S kapsamaları, rüzgara ters yönde alınan S değerlerinin çok üstündedir. Ayrıca hakim rüzgar yönü topraklarında S birikimi olan noktalarda pH azalmalarının olması, baca gazı emisyonları ile santralden S yayılımının olduğunu ve topraklarda az da olsa asitleşmeye yol açtığını bunun yanı sıra aynı noktalarda ağır metal konsantrasyonlarındaki artışın (özellikle Cd) toprakların asitleşmesiyle mobilitelerinin artması sonucu olabileceği söylenebilir.



Şekil 30. Örnekleme noktalarının alınabilir S birikim katmanları



Şekil 31. Örnekleme noktalarının ekstrakte edilebilir Pb, Ni, Cd ve alınabilir S dağılımları

3.27. Asit Fosfataz Enzim (AsP) Aktivitesi

Araştırma topraklarının fosfor döngüsünde görevli asit fosfataz enzim aktivite değerleri Çizelge 11’de verilmiştir.

Fosfataz enzim aktivitesi (EC 3.1.3.1) toprakta bitkinin yararlanamayacağı formdaki organik fosforun bitkinin yararlanabileceği form olan inorganik fosfora dönüşmesinde görev alan enzimdir. Organik P, toprakta bulunan humusun ve diğer organik maddelerin bileşiminde bulunan fosfordur.

Kuzey doğu yönünden alınan örneklerin (1-7 nolu örnekler) Asit fosfataz enzim (AsP) aktivitesi kapsamları 0.424-0.690 mg pNP g⁻¹toprak arasında değişmektedir. KD yönü toprak örneklerinin AsP kapsamları ile analizi yapılan diğer toprak özellikleri arasındaki ilişkileri saptamak amacıyla yapılan korelasyon analizi sonuçlarına göre; Toprakların AsP kapsamları ile pH (r= -0.625) ve kireç (r= -0.886) kapsamları arasında P>0.05 düzeyinde önemli negatif ilişki belirlenmiştir.

Güney doğu yönünden alınan örneklerin (8-27 nolu örnekler) Asit fosfataz enzim (AsP) aktivitesi kapsamları 0.133-0.700 mg pNP g⁻¹toprak arasında değişmektedir. GD yönünden alınan toprakların AsP kapsamları ile pH (r= -0.457) kapsamları arasında P<0.001 düzeyinde önemli negatif, organik madde (r= 0.475) kapsamları arasında ise P<0.001 düzeyinde önemli pozitif ilişki belirlenmiştir. Yapılan çalışmalar, toprakların asit fosfataz aktivitesi ile pH ve organik madde arasında önemli ilişkilerin olduğunu ortaya koymuştur.

Burns (1978), asit fosfataz aktivitesinin toprakların N kapsamı ile pozitif ilişkisinin toprak organik maddesinden kaynaklandığını, Özbek ve Rasheed (1972) de fosfataz aktiviteleri ile pH arasında negatif korelasyon bulunduğunu, Karadeniz bölgesi topraklarında alkali fosfataz aktivitesinin asit fosfataz aktivitesinden daha az olduğunu belirtmişlerdir.

Hakim rüzgar yönü tersi olan Kuzey batı yönünden alınan toprak örneklerinin (28-30) Asit fosfataz enzim (AsP) aktivitesi kapsamları ise 0.373-0.602 mg pNP g⁻¹toprak değerleri arasında değişmektedir. Yapılan korelasyon analiz sonuçlarına göre örneklerin AsP kapsamları ile uzaklık (r=0.953), EC (r= 0.997) ve alınabilir Cd (r= 0.939) ile P<0.001 düzeyinde önemli pozitif ve alınabilir Ni (r= -0.936) ve değişebilir Na (r= -0.965) ile negatif ilişki belirlenmiştir.

Çizelge 11. Araştırma topraklarının asit fosfataz, alkali fosfataz ve β -glukosidaz (mg pNP g⁻¹ toprak) ve üreaz (mg NH₄/kg/2saat) enzim aktivite kapsamları

ÖRNEK NO	Santrale uzaklık (m)	Asit fosfataz	Alkali fosfataz	β -glukosidaz	β -galaktosidaz	Aryl-sülfataz	Üreaz
1	1.596	0,551	0,440	0,024	0,036	0,09	136,68
2	2.100	0,690	0,500	0,040	0,049	0,10	165,55
3	2.953	0,459	0,643	0,040	0,051	0,12	129,85
4	5.031	0,620	0,485	0,020	0,028	0,14	83,83
5	8.361	0,670	0,485	0,052	0,046	0,14	228,03
6	16.331	0,566	0,650	0,268	0,032	0,15	265,83
7	26.262	0,424	0,670	0,040	0,04	0,13	210,18
8	31.356	0,134	0,509	0,060	0,032	0,13	628,08
9	29.757	0,450	0,460	0,032	0,024	0,15	91,88
10	27.763	0,147	0,668	0,060	0,042	0,17	249,73
11	20.474	0,660	0,500	0,080	0,036	0,14	187,6
12	17.308	0,655	0,480	0,028	0,022	0,15	49,13
13	14.665	0,668	0,421	0,600	0,031	0,11	110,78
14	11.701	0,560	0,523	0,017	0,110	0,15	163,8
15	9.306	0,450	0,690	0,850	0,025	0,12	105,35
16	8.853	0,430	0,706	0,040	0,023	0,12	94,85
17	9.150	0,457	0,676	0,045	0,029	0,11	145,43
18	9.972	0,138	0,490	0,160	0,032	0,12	117,08
19	10.809	0,148	0,440	0,065	0,030	0,13	140,35
20	12.445	0,150	0,497	0,070	0,046	0,13	110,08
21	15.295	0,132	0,428	0,035	0,027	0,10	47,6
22	19.587	0,146	0,480	0,028	0,022	0,15	209,48
23	10.579	0,700	0,480	0,050	0,026	0,13	189,7
24	8.184	0,150	0,498	0,228	0,032	0,15	203,18
25	2.611	0,133	0,530	0,060	0,028	0,10	208,78
26	13.545	0,455	0,450	0,030	0,013	0,10	97,83
27	13.851	0,480	0,660	0,036	0,044	0,23	269,0
28	9.037	0,602	0,367	0,175	0,117	0,09	317,00
29	7.845	0,456	0,711	0,154	0,102	0,16	270,03
30	5.841	0,373	0,404	0,075	0,029	0,11	294,90

Toprakta fosfataz aktivitesi büyük ölçüde toprak organik fosforunun hidrolizinden sorumlu olmasından dolayı özel bir öneme sahiptir. Çeşitli araştırmacılar ağır metal ve iz elementlerin toprakta asit fosfataz aktivitesini engellediğine dair pek çok araştırma yapmışlardır. Tyler (1976), pH'sı 7.8 olan toprakta 25 Mmol/g düzeyindeki Cd'un fosfataz aktivitesini %, Ni ve Pb'nin % 11 ve Zn'nin %19 oranında engellediğini belirlemişlerdir. Freedman ve Hutchinson (1980), yaptıkları çalışma sonucunda, emisyon kaynağından uzaklaştıkça toprakta asit fosfataz aktivitesinin arttığını, emisyon kaynağına 1.5 km'lik mesafede ise uzak kesimlere nazaran asit fosfataz aktivitesinin % 50 düzeyinde daha az olduğunu rapor etmişlerdir.

Araştırma bölgesi topraklarında ise AsF aktivitesi ile kükürt, ağır metal ve iz element kapsamı arasında belirlenen linear korelasyon katsayıları istatistiki yönden güvenilir düzeyde bulunmamıştır. Sonuç olarak toprakların AsF aktivitelerinde bir etkilenme söz konusu değildir.

3.28. Alkali Fosfataz Enzim (AIF) Aktivitesi

Araştırma topraklarının fosfor döngüsünde görevli alkali fosfataz enzim aktivite değerleri Çizelge 11'de verilmiştir.

Kuzey doğu yönünden alınan örneklerin (1-7 nolu örnekler) Alkali fosfataz enzim (AIF) aktivitesi kapsamı 0.440-0.670 mg pNP g⁻¹toprak arasında değişmektedir. KD yönü toprak örneklerinin AIF kapsamı ile analizi yapılan diğer toprak özellikleri arasındaki ilişkileri saptamak amacıyla yapılan korelasyon analizi sonuçlarına göre; Toprakların AIF kapsamı ile toplam S (r= -0.871), alınabilir S (r= -0.759), alınabilir Cd (r= -0.787) ve alınabilir Pb (r= -0.864) kapsamı arasında P>0.001 düzeyinde önemli negatif, pH (r= 0.858), kireç (r= 0.630) ve değişebilir Na (r= 0.718) kapsamı arasında P>0.001 düzeyinde önemli pozitif ilişki belirlenmiştir.

Güney doğu yönünden alınan örneklerin (8-27 nolu örnekler) Alkali fosfataz enzim (AIF) aktivitesi kapsamı 0.421-0.706 mg pNP g⁻¹toprak arasında değişmektedir. GD yönünden alınan toprakların AIF kapsamı ile pH (r= -0.457) kapsamı arasında P<0.001 düzeyinde önemli negatif ilişki belirlenmiştir.

Hakim rüzgar yönü tersi olan Kuzey batı yönünden alınan toprak örneklerinin (28-30) Alkali fosfataz enzim (AIF) aktivitesi kapsamı ise 0.404-0.711 mg pNP g⁻¹toprak değerleri arasında değişmektedir. Yapılan korelasyon analiz sonuçlarına göre örneklerin AIF aktivite değerleri ile diğer toprak özellikleri arasında önemli bir ilişki belirlenmemiştir.

Santralin KD yönünden alınan toprakların AIF aktivitesi ile S, Cd ve Pb arasındaki % 0.1 düzeyinde önemli negatif ilişki toprakların baca emisyonlarından, uçucu küllerden ve partiküllerden etkilendiğini açıkça göstermektedir. Buna karşın GD ve KB yönlerinden alınan toprakların AIF aktivitesi ile söz konusu kirletici konsantrasyonları arasında belirlenen korelasyon katsayılarının istatistiki olarak önemli bulunmaması bu yöndeki toprakların AIF aktivitelerinin emisyonlardan etkilenmediğini ortaya koymaktadır.

3.29. β -glukozidaz Enzim Aktivitesi

Araştırma topraklarının karbon döngüsünde görevli β -glukozidaz enzim aktivite değerleri Çizelge 11’de verilmiştir.

Glukozidazlar, (EC 3.2.1.22.) glikozidlerin hidrolizini katalize eden ve doğada yaygın bir şekilde dağılım gösteren enzimlerdir. Bu enzimin hidroliz ürünleri toprak organizmalarının önemli enerji kaynaklarıdır (Eivazi ve Zakaria 1993).

Kuzey doğu yönünden alınan örneklerin (1-7 nolu örnekler) β -glukozidaz enzim aktivitesi kapsamları 0.020-0.268 mg pNP g⁻¹toprak arasında değişmektedir. KD yönü toprak örneklerinin β -glukozidaz enzim aktivitesi kapsamları ile analizi yapılan diğer toprak özellikleri arasındaki ilişkileri saptamak amacıyla yapılan korelasyon analizi sonuçlarına göre ; toprakların β -glukozidaz kapsamları ile diğer toprak özellikleri arasında istatistiksel olarak önemli düzeyde bir ilişki belirlenmemiştir.

Güney doğu yönünden alınan örneklerin (8-27 nolu örnekler) β -glukozidaz enzim aktivitesi kapsamları 0.017-0.850 mg pNP g⁻¹toprak arasında değişmektedir. GD yönünden alınan toprakların β -glukozidaz kapsamları ile diğer toprak özellikleri arasında istatistiksel olarak önemli düzeyde bir ilişki belirlenmemiştir.

Hakim rüzgar yönü tersi olan Kuzey batı yönünden alınan toprak örneklerinin (28-30) β -glukozidaz enzim aktivitesi kapsamları ise 0.075-0.175 mg pNP g⁻¹toprak değerleri arasında değişmektedir. Yapılan korelasyon analiz sonuçlarına göre örneklerin β -glukozidaz enzim aktivitesi ile diğer toprak özellikleri arasında önemli sayılabilecek düzeyde bir korelasyon belirlenmemiştir.

Her üç yönden alınan toprakların β -glukozidaz enzim aktivitesi ile S ve ağır metal kapsamları arasında istatistiksel olarak önemli bir korelasyon bulunmaması, termik santral çevresindeki tarım topraklarında karbon döngüsünde görev alan β -glukozidaz enzim aktivitesi açısından olumsuz bir etkilenmenin olmadığını ortaya koymaktadır.

3.30. β -galaktozidaz Enzim Aktivitesi

Araştırma topraklarının karbon döngüsünde görevli β -galaktozidaz enzim aktivite değerleri Çizelge 11’de verilmiştir.

Galaktozidazlar, (EC 3.2.1.24.) glikozidlerin hidrolizini katalize eden ve doğada yaygın bir şekilde dağılım gösteren enzimlerdir. Bu enzimin hidroliz ürünleri toprak organizmalarının önemli enerji kaynaklarıdır (Eivazi ve Zakaria 1993).

Kuzey doğu yönünden alınan örneklerin (1-7 nolu örnekler) β -galaktozidaz enzim aktivitesi kapsamları 0.028-0.051 mg pNP g⁻¹toprak arasında değişmektedir. KD yönü toprak örneklerinin β -galaktozidaz enzim aktivitesi kapsamları ile analizi yapılan diğer toprak özellikleri arasındaki ilişkileri saptamak amacıyla yapılan korelasyon analizi sonuçlarına göre; Toprakların β - galaktozidaz kapsamları ile diğer toprak özellikleri arasında istatistiksel olarak önemli düzeyde bir ilişki belirlenmemiştir.

Güney doğu yönünden alınan örneklerin (8-27 nolu örnekler) β - galaktozidaz enzim aktivitesi kapsamları 0.013-0.110 mg pNP g⁻¹toprak arasında değişmektedir. GD yönünden alınan toprakların β - galaktozidaz kapsamları ile diğer toprak özellikleri arasında istatistiksel olarak önemli düzeyde bir ilişki belirlenmemiştir.

Hakim rüzgar yönü tersi olan Kuzey batı yönünden alınan toprak örneklerinin (28-30) β -galaktozidaz enzim aktivitesi kapsamları ise 0.029-0.117 mg pNP g⁻¹toprak değerleri arasında değişmektedir. Yapılan korelasyon analiz sonuçlarına göre örneklerin β -galaktozidaz enzim aktivitesi ile diğer toprak özellikleri arasında önemli sayılabilecek düzeyde bir korelasyon belirlenmemiştir.

Her üç yönden alınan toprakların β -galaktozidaz enzim aktivitesi ile S ve ağır metal kapsamları arasında istatistiksel olarak önemli bir korelasyon bulunmaması, termik santral çevresindeki tarım topraklarında karbon döngüsünde görev alan β -glukozidaz enzim aktivitesi açısından olumsuz bir etkilenmenin olmadığını ortaya koymaktadır.

3.31. Aryl-sülfataz Enzim Aktivitesi

Araştırma topraklarının kükürt döngüsünde görevli Aryl-sülfataz enzim aktivite değerleri Çizelge 11’de verilmiştir.

Aryl-sülfataz enzimi (EC 3.1.6.1.) tarımsal açıdan önemli olup, kükürt (S) döngüsünde anahtar rol oynamaktadır. Bitki tarafından asimile edilebilir organik S’ün inorganik S’e hidrolize olmasında katalizör görevi yapar.

Kuzey doğu yönünden alınan örneklerin (1-7 nolu örnekler) Aryl-sülfataz enzim aktivitesi kapsamları 0.09-0.15 mg pNP g⁻¹toprak arasında değişmektedir. KD yönü toprak örneklerinin Aryl-sülfataz enzim aktivitesi kapsamları ile analizi yapılan diğer toprak özellikleri arasındaki ilişkileri saptamak amacıyla yapılan korelasyon analizi sonuçlarına göre; Toprakların Aryl-sülfataz enzim aktivite kapsamları ile diğer toprak özellikleri arasında istatistiksel olarak önemli düzeyde bir ilişki belirlenmemiştir.

Güney doğu yönünden alınan örneklerin (8-27 nolu örnekler) Aryl-sülfataz enzim aktivitesi kapsamları 0.10-0.23 mg pNP g⁻¹toprak arasında değişmektedir. GD yönünden alınan toprakların Aryl-sülfataz enzim aktivite kapsamları ile diğer toprak özellikleri arasında istatistiksel olarak önemli düzeyde bir ilişki belirlenmemiştir.

Hakim rüzgar yönü tersi olan Kuzey batı yönünden alınan toprak örneklerinin (28-30) Aryl-sülfataz enzim aktivitesi kapsamları ise 0.09-0.16 mg pNP g⁻¹toprak değerleri arasında değişmektedir. Yapılan korelasyon analiz sonuçlarına göre örneklerin sülfataz enzim aktivitesi ile diğer toprak özellikleri arasında önemli sayılabilecek düzeyde bir korelasyon belirlenmemiştir.

Her üç yönden alınan toprakların Aryl-sülfataz enzim aktivitesi ile S ve ağır metal kapsamları arasında istatistiksel olarak önemli bir korelasyon bulunmaması, termik santral çevresindeki tarım topraklarında kükürt döngüsünde görev alan Aryl-sülfataz enzim aktivitesi açısından olumsuz bir etkilenmenin olmadığını ortaya koymaktadır.

3.32. Üreaz Enzim Aktivitesi

Araştırma topraklarının azot döngüsünde görevli üreaz enzim aktivite değerleri Çizelge 11’de verilmiştir.

Üreaz (EC 3.5.1.5.), ürenin CO₂ ve NH₃’a hidrolizini katalize eden enzimdir. Üreaz doğada yaygındır ve mikroorganizmalarda, bitkilerde ve hayvanlarda belirlenmiştir. Hofmann ve Hoffman (1966), toprakların üreaz enzimini aktivitelerine göre düşük (<8), normal (8-16) ve yüksek (>16) terimleriyle 3 sınıfa ayırmaktadır.

Kuzey doğu yönünden alınan örneklerin (1-7 nolu örnekler) Üreaz enzim aktivitesi kapsamları 83.83-265.83 mg NH₄/kg/2saat arasında değişmektedir. KD yönü toprak örneklerinin Üreaz enzim aktivitesi kapsamları ile analizi yapılan diğer toprak özellikleri arasındaki ilişkileri saptamak amacıyla yapılan korelasyon analizi sonuçlarına göre; Toprakların üreaz enzim aktiviteleri ile alınabilir S (r= -0.637) kapsamları arasında P>0.05 düzeyinde önemli negatif, pH (r= 0.580) ve organik madde (r= 0.743) kapsamları arasında P>0.001 düzeyinde önemli pozitif ilişki belirlenmiştir. Benzer şekilde Özbek ve Rasheed (1973), üreaz aktivitesi ile pH arasında pozitif korelasyon olduğunu, Zantuna ve ark. (1977) da toprakların üreaz aktivitesi ile organik karbon ve KDK arasında önemli pozitif ilişki bulunduğunu belirtmişlerdir.

Güney doğu yönünden alınan örneklerin (8-27 nolu örnekler) Üreaz enzim aktivitesi kapsamları 47.60-628 mg NH₄/kg/2saat arasında değişmektedir. GD yönünden alınan toprakların üreaz enzim aktivite kapsamları ile santrale olan uzaklık (r= 0.451) kapsamları arasında P<0.001 düzeyinde önemli pozitif ilişki belirlenmiştir.

Hakim rüzgar yönü tersi olan Kuzey batı yönünden alınan toprak örneklerinin (28-30) Üreaz enzim aktivitesi kapsamları ise 270.03-317.00 mg NH₄/kg/2saat değerleri arasında değişmektedir. Toprakların üreaz enzim aktiviteleri ile pH (r=- 0.950) ve alkali fosfataz aktivitesi (r= -0.923) arasında P<0.001 düzeyinde önemli negatif ve toplam Cd (r= 0.942) ve kil (r= 0.925) ile de P<0.001 düzeyinde önemli pozitif ilişki belirlenmiştir.

P, S, C ve N dolanımları üzerine etkide bulunan enzimler ve ağır metallerin etkileşimlerini inceleyen Domsch ve ark. (1983), Cd’nin toprakta üreaz aktivitesini % 6, Cu’nun % 68, Zn’nin % 39 inhibe ettiğini belirlemişlerdir. Tyler (1976) ise toprakta üreaz aktivitesini engelleyen iz elementleri etkenlik bakımından Ag<Hg<Cd<Cu<Mn olarak sıralamışlardır.

Araştırmacı, Pb'nin de orta derecede engellediğini, As ve W'un ise üreaz aktivitesini engellemediğini belirtmiştir.

Santralin KD yönünden alınan toprakların üreaz aktivitesi ile yalnızca alınabilir S arasında negatif ilişki belirlenmiş olup, gerek bu yöndeki toprakların metal kapsamları ve gerekse diğer iki yönden alınan toprakların metal kapsamları ile toprakların üreaz aktivitesi arasında istatistiksel olarak önemli bir ilişki bulunmamıştır.

3.33. Termik Santral Uçucu Külüne Ait Kimyasal ve İz Element-Ağır Metal Sonuçları

Külün çeşitli özelliklerini etkileyen başlıca faktörler, yakılan kömürün bileşimi ve yapısı, yanma tekniği ve şartları ile külün tutulma şeklidir. Pulvarize kömürün 1100-1600 derece yanmasıyla oluşan atıklar % 80-90 oranında baca gazları ile sürüklenir ve uçucu kül olarak bilinir. Diğer kısım da cüruf veya dip külü olarak kalır. Genellikle yakıttaki toksik ve iz elementler yüksek sıcaklıkta kısmen buharlaşır ve soğuma sırasında kül tanecikleri üzerinde yoğunlaşır. Uçucu olmayan elementler ise daha çok kül yapısında kalır. Bütün bunlara dayanarak santralden çıkan uçucu küllerin etki ve içeriklerinin tanımlanmasında yararlı olması amacıyla santralde kullanılan kömüre ait kimyasal bileşimler elde edilmiştir.

Çayırhan termik santralinde kömüre ait analiz sonuçları Çizelge 12'de, santralden çıkan kül örneklerinin bazı kimyasal ve iz element-ağır metallere ait ortalama değerler ise Çizelge 13'de verilmiştir. Çizelge 12'e göre, santralde kullanılan kömür yüksek nem, kül ve kükürt içermektedir.

Çizelge 12. Kömüre ait analizler

Özellik	A Sektörü	B Sektörü
Kömür yayılım alanı (km ²)	60	50
Isı Değerı (kcal/kg)	2557	2839
Kömürün yoğunluğu (ton/m ³)	1.40	1.40
Ortalama kömür derinliği (m)	247.69	333.88
Ortalama kömür kalınlığı (m)	2.98	2.64
Su (%)	21.71	26.44
Kül (%)	34.35	25.36
Toplam S (%)	4.04	2.79

Santralden çıkan kül örneğinin pH değeri 7.98 olup (Çizelge 14) alkali karakter göstermektedir. Uçucu küllerin asit veya alkali karakterde olması içeriği üzerinde etkili olmaktadır. Picthel (1989), alkali uçucu küllerin asitlere oranla daha fazla iz element ve ağır metal içerdiğini belirtmiştir. Araştırmacı, alkali karakterdeki uçucu külün 26 mg kg⁻¹ Cd, 110 mgkg⁻¹ Cu, 123700 mg kg⁻¹ Fe, 210 mg kg⁻¹ Mn, 94 mg kg⁻¹ Ni, 940 mg kg⁻¹ Zn, asit küllerin ise 3 mg kg⁻¹ Cd, 84 mg kg⁻¹ Cu, 27900 mg kg⁻¹ Fe, 140 mg kg⁻¹ Mn, 49 mg kg⁻¹ Ni ve 69 mg kg⁻¹ Zn içerdiğini belirtmiştir. Kautz ve ark. (1975), Almanya’da bulunan termik santralden aldıkları uçucu küllerin 320-6500 Pb, 20-220 Co ve 200-1200 mg kg⁻¹ Ni içerdiğini belirtmişlerdir.

Theis ve Wirth (1977), 11 kül örneğinde 30-1120 Pb ve 90-600 mg kg⁻¹ Ni belirlediklerini ve alkali karakterdeki küllerin ağır metal içeriklerinin asit nitelikli olanlara oranla çok daha fazla olduğunu açıklamışlardır.

Çizelge 13. Kül Örneklerine Ait Analiz Sonuçları

Yapılan Analiz	Değer
pH	12.55
OM (%)	0.034
N (%)	0.013
Toplam S (%)	1.111
Toplam Cd (mg kg ⁻¹)	12.7
Toplam Pb (mg kg ⁻¹)	149.6
Toplam Ni (mg kg ⁻¹)	347.2
Toplam Cu (mg kg ⁻¹)	131.6
Toplam Zn (mg kg ⁻¹)	99.9
Toplam Mn (mg kg ⁻¹)	473
Toplam Fe (mg kg ⁻¹)	29600
Alınabilir Cd (mg kg ⁻¹)	0.29
Alınabilir Pb (mg kg ⁻¹)	1.05
Alınabilir Ni (mg kg ⁻¹)	1.58
Alınabilir Cu (mg kg ⁻¹)	0.78
Alınabilir Zn (mg kg ⁻¹)	0.16
Alınabilir Mn (mg kg ⁻¹)	0.16
Alınabilir Fe (mg kg ⁻¹)	22.1

Çayırhan termik santralinden çıkan uçucu küller bir depoda toplanmakta ve buradan da iletim bantları yardımıyla kül depolama sahalarına gönderilmektedir (Şekil 32). Bu depoda zaman zaman doldurma, boşaltma ve özellikle bakım esnasında büyük miktarda uçucu kül çevreye yayılmaktadır (Anonymous 1989). Kül depolama sahaları ve arazide oluşturulan kül dağlarının (Şekil 33) yanı sıra uçucu küller, elektrofilitrelerdeki çok küçük kaçaklarla da

çevrenin kirlenmesine neden olmaktadır. Kömür yakıtlı termik santrallerden kaynaklanan uçucu küllerin birçok toksik element içerdiği bilinmektedir. Cüruf ve iri parçacıklar yakma fırınından alındığında, buharlaşabilen elementler cüruf üzerine yoğunlaşamazlar. Bu nedenle, uçucu kül parçacıklarının üzerinde adsorbe ve konsantre olarak, külden küle büyük değişiklik gösteren bir yüzey katmanı oluştururlar. Bu bağlamda, uçucu küllerde bulunan bazı iz element ve ağır metaller, yüksek çözünürlükleri nedeniyle olumsuz çevresel etkiler yaratma potansiyeline sahiptir.

Kömürün yanması ile buharlaşan uçucu bileşikler baca gazındaki küçük taneciklerde yoğunlaşır. Baca gazı ile yayılan külün yüzeyi As, Cd, Cu gibi elementlerle yoğunlaşır ve santralden yayılan küçük partiküller hava akımlarıyla çok uzak mesafelere taşınırlar. Büyük partiküllerdeki As, Pb, Cd konsantrasyonları ise düşüktür ve santral yakınlarında birikim gösterir. Araştırmalar, As, Ni Cd, Pb konsantrasyonunun atmosferdeki normal seviyesine indiğini göstermiştir (Rosenshtein 1970). Türk linyitleri yüksek nem ve kül içerikli olup düşük ısı değerlidirler. Bu nedenle yanmaları sonucu çevreye önemli miktarda iz element ve ağır metal yayınımlı olmaktadır (Eskikaya, 1988).

Arthur ve ark. (1983), uçucu küllerin 700 mg kg^{-1} Cu, 140 mg kg^{-1} Pb, 500 mg kg^{-1} Ni, 1000 mg kg^{-1} Zn içerdiğini, Wong ve Wong (1986) ise uçucu küllerin ortalama olarak 35 mg kg^{-1} Cd, 47 mg kg^{-1} Cu, 353 mg kg^{-1} Mn, 144 mg kg^{-1} Ni, 115 mg kg^{-1} Pb, 44 mg kg^{-1} Zn ve %6.7 Fe içerdiğini belirlemişlerdir.

Araştırma konusu olan santrale ait uçucu küller de alkali karakterde olup sonuçlar benzerlik göstermektedir.



Şekil 32. Çayırhan termik santrali kül nakil bant hattı

3.34. Uçucu Külün Değerlendirilmesi

Genellikle santrallerden çıkan uçucu küllerin tamamını tüketecek düzeyde olmasa da bazı kullanım alanları bulunmaktadır. Küllerden su arıtımı, toprak ıslahı, çimento ve beton yapımı, hafif agregat yapımı, karayolları yapımı, gaz beton yapımı, tuğla üretimi ve absorban olmak üzere çok yaygın alanlarda yararlanılmaktadır. Çayırhan termik santralinde de sadece filtrelerde tutulan küllerin bir kısmı değerlendirmeye alınmakta, santral çevrelerinde kül tepeleri halinde yığılan küller başıboş şekilde biriktirilmekte ve rüzgar vb. etkilerle de çevreye savrulmaktadır. Şekil 33 ve 34'de santralden çıkan küllerin biriktirildiği kül tepeleri görülmektedir.



Şekil 33. Kül tepeleri



Şekil 34. Kül nakil bant hattı ve birikim alanları

Çayırhan termik santralinden çıkan kül örnekleri santral çevresinde santralin kendi arazisi üzerinde üst üste yığılmaktadır. Santral yönetimi tarafından bugüne kadar uçucu külün arazi üzerinde değerlendirilmesi amacıyla çeşitli ağaçlandırma çalışmaları yapılmıştır. Bugüne kadar 2.5 dekar alana kül örnekleri serilip üste toprak yerleştirilmiş ve 900-1000 adet kayısı, çam, ateş dikeni ve yalancı akasya türlerinden oluşan çalı bitkisi ve ağaç türleri dikilmiştir (Şekil 35 ve 36). Ayrıca santral özel sektöre devredilmeden önce de ağaçlandırma çalışmaları başlatılmış ancak bu çalışmalar yeterli düzeyde olmamıştır. Bugün itibariyle santralin 20 yıl içerisinde çıkarmış olduğu külleri ağaçlandırma çalışmaları ile değerlendirilmesi hükümlülüğü bulunmakta olup, bu konuda da santral yetkilileri gerekli duyarlılığı göstermektedir.



Şekil 35. Uçucu küllerin değerlendirilmesi amacıyla yapılan ağaçlandırma çalışmaları



Şekil 36. Uçucu küllerin değerlendirilmesi amacıyla yapılan ağaçlandırma çalışmaları

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Çayırhan Termik Santrali, Çayırhan ilçesi yerleşim yeri ile iç içe bulunmaktadır (Şekil 37). Aynı zamanda santral bacalarından çıkan emisyonlar rüzgarın etkisiyle çevresinde yer alan tarım topraklarına ulaşmaktadır (Şekil 38). Bu çalışma Çayırhan termik santralinin yukarıda belirtilen özelliklerinden yola çıkılarak ve yerel halkın ve kamu kurumlarının isteği üzerine başlatılmıştır. Çalışma, santralin baca gazı emisyonlarından kaynaklanabilecek olası ağır metal kirliliğini ortaya koymak ve aynı zamanda santral çevresindeki tarım alanlarının fiziksel ve kimyasal özellikleri ile verimliliğinin göstergesi olan enzim aktivitelerinin belirlenmesi amacıyla yapılmıştır. Bu çalışma kapsamında öncelikle bölgedeki hakim rüzgar yönleri gerek meteorolojik veriler ve gerekse gözlemler ile belirlenmiştir. Buna göre bölgede 2 farklı hakim rüzgar yönü (kuzey doğu ve güney doğu) bulunmaktadır. Termik santrallerin çevreye olan etkilerinin belirlenmesi amacıyla yapılan diğer araştırmalar da göz önüne alınarak toprak örneklemeleri 2 hakim rüzgar yönünde ve etkileşim derecelerinin kıyaslanması açısından da tersi rüzgar yönünden (kuzey batı) örneklemeler yapılmıştır. Hakim rüzgar yönü tersi olan güney batı yönünde ise tarım arazilerinin bulunmamasından dolayı örnekleme yapılmamıştır. Her 3 yönden alınan toprak örneklerinde tekstür, pH, EC, organik madde, kireç, değişebilir Ca, Mg, Na, K, toplam ve ekstrakte edilebilir Cd, Pb, Ni, Fe, Cu, Zn, Mn, toplam ve alınabilir S ve üreaz, asit ve alkali fosfataz, β -glukozidaz, β -galaktozidaz ve aryl sülfataz enzim aktiviteleri saptanmıştır. Ayrıca santralden çıkan kül örnekleri analiz edilmiş ve ağır metal, S, pH içerikleri belirlenmiştir.



Şekil 37. Termik santral ve Çayırhan ilçesi yerleşim yerleri



Şekil 38. Santral emisyonlarının tarım topraklarına yayılımı

Araştırma kapsamında elde edilen ve önemli sayılabilecek sonuçlar aşağıda özetlenmiştir:

1. Toprak örnekleri bünye bakımından bir örneklilik göstermemekle beraber başta killi olmak üzere, killi tın, kumlu tın, kumlu killi tın en yaygın tekstür sınıfını oluşturmaktadır.
2. Kuzey doğu yönü topraklarının pH değerleri diğer yönlerin pH değerlerinden daha düşük olup belirgin bir fark görülmektedir. Düşük pH gösteren toprakların hakim rüzgar yönü doğrultusunda olması SO₂ emisyonları ile bir etkileşim olduğunu düşündürmekte ise de bu kesin yargıya ulaşmak, zaman boyutunda veri eksikliği nedeniyle çok doğru bir yaklaşım olmayabilir. Ancak güncel verilerin ışığında bu durumun aksini de söylemek zordur. Araştırma bölgesinde pH azalmalarının bulunduğu alanlardaki toprak örneklerine ilişkin toprak fiziko-kimyasal verilerinin Çayırhan termik santralının kurulmasından önceki dönemlere ulaşmaması bir yorum yapmayı güçleştirmektedir.
3. Kuzey doğu yönü topraklarının EC kapsamlarının diğer yönlere göre (11 nolu toprak hariç) daha yüksek bulunması, bu yöndeki topraklarda tuzluluk sorununun başladığını göstermektedir.
4. Her üç yönden alınan toprak örnekleri genellikle kireçli toprak özelliği göstermektedir. Bölgenin genel özelliği olarak tanımlanabilecek bu durum asitleştirici emisyonlara karşı bir avantaj sağlamaktadır.
5. Toprak örnekleri organik madde bakımından da bir örnek değildir, bununla beraber genellikle yeterli ve orta yeterli düzeyde OM kapsamaktadır.
6. Kuzey doğu yönünden alınan 1, 2, 3 ve 7 nolu topraklarda N noksanlığı bulunmakta, 4, 5 ve 6 nolu topraklarda ise N yeterli durumdadır. Güney doğu yönünden alınan 17, 19 ve 21 nolu toprak örneklerinde azot noksanlığı bulunurken, diğer toprak örneklerinde N yeterli durumdadır. Hâkim rüzgâr yönü tersi olan Kuzey batı yönünden alınan topraklarda N yeterli durumdadır.
7. Her 3 yöndeki toprakların değişebilir Ca, Mg, Na, K değerleri genellikle normal sınır değerler arasındadır, ancak bazı topraklarda Na ve Mg fazlalığı belirlenmiştir.
8. Her üç yönden alınan topraklarda belirlenen toplam Pb, Ni, Cu ve Zn değerleri, Toprak Kirliliği Kontrol Yönetmeliği sınır değerlerinin altında bulunmuştur ve henüz Pb, Ni, Cu ve Zn kirliliğinden söz etmek mümkün değildir. Ancak, hâkim rüzgar yönüne ters yönden alınan topraklardaki toplam Pb, Ni, Cu ve Zn kapsamaları hâkim rüzgar yönü topraklarının çoğunluğunun içermiş olduğu miktarların oldukça altında

olması, uzun dönem içerisinde halen bulaşma etkisi gözlenen santral çevresi topraklarında bu metallerce kirlenmenin olabileceği olasılığını yükseltmektedir.

9. Kuzey doğu yönünden alınan toprakların (7 nolu örnek hariç) ve Güney doğu yönünden alınan 11, 12, 13, 14, 16, 17, 19, 25, 26 ve 27 nolu örneklerde saptanan toplam Cd değerlerinin yönetmelik sınır değerlerinin üzerinde olması, bölgede Cd birikimi tehlikesini işaret etmektedir. Genel olarak hâkim rüzgar yönünden alınan toprakların toplam Cd değerleri hâkim rüzgarın ters yönünden alınan topraklara nazaran oldukça yüksek bulunmuştur. Bu durum çevresel bakımdan en dikkatle izlenmesi gereken bu ağır metalin bölgesel bir risk faktörü olabileceğini düşündürmektedir.
10. Kuzey doğu yönü topraklarının (7 nolu örnek hariç) hepsinde dikkati çeken S bulaşması olup önemli düzeyde bir kirlenme söz konusudur. Güney doğu yönünden alınan 8, 9, 19, 20, 21, 22 ve 27 nolu örneklerde de olası S kirlenmesi söz konusudur, diğer örnekleme noktalarının topraklarında ise ciddi şekilde S kirlenmesi belirlenmiştir. Hâkim rüzgâra ters olan kuzey batı yönü örneklerinde de olası S kirlenmesi kritik değeri olan 20 mg kg^{-1} 'in üzerinde S belirlenmiştir ve bu alanlarda da uzun süreli araştırma yapılması gerekmektedir.
11. Toprak örnekleri toplam Fe içeriği bakımından bir homojenite göstermemekte çünkü, toplam Fe içeriği toprakları oluşturan ana materyalin çeşidine bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Bu nedenle araştırma konusu olan bölgede yapılan toprak örnekleme sonucunda, toprakların değişen toplam Fe kapsamının toprakları oluşturan farklı ana materyallerden kaynaklanabileceği düşünülmektedir. Fe'i besin maddesinin yanı sıra kirletici olarak ele aldığımızda ise Toprak Kirliliği Kontrol Yönetmeliğinde Fe ile ilgili herhangi bir sınır değeri bulunmadığından değerlendirme yapılamamıştır.
12. Toprakların toplam Mn kapsamları sınır değerlerin arasında olup besin maddesi açısından bir sorun bulunmamaktadır. Ancak özellikle hâkim rüzgâr yönünden alınan toprakların toplam Mn kapsamları ile diğer metaller arasında % 1 düzeyinde önemli pozitif ilişki bulunması topraklarda emisyonların yayılımına bağlı olarak Mn birikiminin olabileceği düşüncesini akla getirmektedir. Ancak bu kadar kısa süreli örnekleme ile Mn birikiminin (geniş sınır değerlere sahip olmasından dolayı) kesin olarak santralden kaynaklandığını ortaya koymak çok sağlıklı olmayabilir.
13. Kuzey doğu yönünden alınan toprakların tamamında ve Güney doğu yönü topraklarının 21 nolu örnek hariç hepsinde ekstrakte edilebilir Cd sınır değeri olarak

belirtilen 0.001 mg kg^{-1} 'in oldukça üzerinde bulunmuş ve Cd kirlenmesinden söz etmek mümkündür.

14. Her üç yönden alınan topraklarda ekstrakte edilebilir Pb, Cu, Fe ve Mn içerikleri çeşitli araştırmacılar tarafından belirtilen sınır değerlerin altında bulunmuştur.
15. Her üç yönden alınan toprakların alınabilir S kapsamlarına bakıldığında, hakim rüzgar yönünden alınan toprak örneklerinin alınabilir S kapsamları, rüzgara ters yönde alınan S değerlerinin çok üzerinde olduğu görülmektedir. Ayrıca hakim rüzgar yönü topraklarında S birikimi olan noktalarda pH azalmalarının olması, baca gazı emisyonları ile santralden S yayılımının olduğunu ve topraklarda az da olsa asitleşmeye yol açtığını bunun yanı sıra aynı noktalarda ağır metal konsantrasyonlarındaki artışın (özellikle Cd) toprakların asitleşmesiyle mobilitelerinin artması yanında bu kirleticinin partiküler dağılımının bölgenin bu kesimlerini etki altında bulundurduğu görüşünü akla getirmektedir.
16. Birinci hakim rüzgar yönü olan kuzey doğu ve rüzgara ters yön olan kuzey batı topraklarının ekstrakte edilebilir Zn kapsamı yetersiz olup birikim söz konusu değildir. 2. hakim rüzgar yönü olan güney doğu topraklarında ise ekstrakte edilebilir Zn sınır değerlerin üzerinde olup, toplam Cd ve Pb ile pozitif ilişki belirlenmiş olması bu metallerin biriktiği yerde Zn'nin birikmiş olabileceğini göstermektedir. Ancak, kısa bir izleme periyodu ile Zn yığılmasının kaynağının saptanması mümkün değildir ve bu yığılmanın gübrelerden mi, jeolojik kökenli mi yoksa santral emisyonlarından mı ileri geldiğini belirleyebilmek için daha uzun süreli araştırmalara gerek vardır.
17. Araştırma bölgesi topraklarında Asit Fosfataz enzim aktivitesi ile kükürt, ağır metal ve iz element kapsamı arasında belirlenen linear korelasyon katsayıları istatistiki yönden güvenilir düzeyde bulunmamış olup, toprakların Asit fosfataz aktivitelerinde bir etkilenme henüz söz konusu değildir.
18. Santralin kuzey doğu yönünden alınan toprakların alkali fosfataz enzim aktiviteleri ile S, Cd ve Pb arasındaki % 0.1 düzeyinde önemli negatif ilişki toprakların baca emisyonlarından, uçucu küllerden ve partiküllerden etkilendiğini açıkça göstermektedir. Buna karşın güney doğu ve kuzey batı yönlerinden alınan toprakların alkali fosfataz aktivitesi ile söz konusu kirletici konsantrasyonları arasında belirlenen linear korelasyon katsayılarının istatistiki olarak önemli bulunmaması bu yöndeki toprakların alkali fosfataz aktivitelerinin santral emisyonları ile bir etkileşim içinde olup olmadığı konusunda kesin bir yargıya ulaşmanın güç olduğunu ortaya

koymaktadır. Toprakların zamansal boyutta ve daha yaygın örnekleme ağı ile izlenmesi daha sağlıklı ve yorumlanabilir sonuçlara ulaşmayı sağlayabilecektir

19. Her üç yönden alınan toprakların β -glukozidaz, β -galaktozidaz ve Aryl-sülfataz enzim aktiviteleri ile S ve ağır metal kapsamları arasında istatistiksel olarak önemli bir korelasyon bulunmaması, termik santral çevresindeki tarım topraklarında karbon döngüsünde görev alan β -glukozidaz ve β -galaktozidaz ile S döngüsünde görev alan Aryl-sülfataz enzim aktivitesi açısından olumsuz bir etkilenmenin olmadığını veya bu enzimlerin etkilenmeye yönelik bir duyarlılığının olmadığını ortaya koymaktadır.
20. Santralin kuzey doğu yönünden alınan toprakların üreaz aktivitesi ile yalnızca alınabilir S arasında negatif ilişki belirlenmiş olup, gerek bu yöndeki toprakların metal kapsamları ve gerekse diğer iki yönden alınan toprakların metal kapsamları ile toprakların üreaz aktivitesi arasında istatistiksel olarak önemli bir ilişki bulunmamıştır.
21. Santralden çıkan kül örneğinin pH değeri alkali karakter göstermektedir. Pek çok araştırmacı alkali karakterdeki küllerin ağır metal içeriklerinin asit nitelikli olanlara oranla çok daha fazla olduğunu açıklamışlardır (Theis ve Wirth 1977, Picthel 1989).

Araştırma sonuçlarının genel bir değerlendirmesi yapılacak olursa; araştırma bölgesinin vadi içerisinde yer alması ve Beypazarı yönünden gelen rüzgar ile aksi yönden esen 2. hakim rüzgar yönünün vadi üzerinde karşılaşp belirli bir alanda emisyonların topraklara çökeltmiş olabileceği düşünülmektedir. Şöyle ki toplam Cd konsantrasyonlarının yüksek bulunduğu topraklarda toplam S kapsamları da yüksek bulunmuş, aynı zamanda bu topraklarda pH değerlerinde bir asitleşme söz konusudur. Toprak reaksiyonu asit karakterde olan topraklarda kadmiyumun mobilitesinin arttığı bilinmektedir. Ayrıca emisyon taşınım mekanizmasında SO₂ emisyonları ile birlikte ağır metal taşıyan ince partiküllerin dağılımının benzerlik gösterdiği düşünülebilir. Bütün bunlara rağmen Cd ve S fazlalığının bulunduğu topraklarda Çayırhan termik santralinin kurulmasından önceki dönemlere ilişkin verilerin bulunmayışı kesin yorum yapmayı güçleştirmektedir. Bu çalışmada yapılan örnekleme noktalarına ait elde edilen değerler, gelecekte bölge topraklarında meydana gelecek değişimlerin takip edilmesinde veri tabanı oluşturacaktır. Sonuç olarak, uzun süreli ve santralin bütün yönlerinden alınacak örneklemelemlerle santralden kaynaklanabilecek element kirliliğinin ortaya konması daha doğru olacaktır. Esasen ülkemizde mevcut olamayan izleme ağının bütün risk bölgelerinde oluşturulması ve zamansal izleme verilerinin elde edilmesi gerekmektedir.

Linyite dayalı termik santrallerin işletme döneminde çevre korumaya yönelik tesis kısımlarının yerine getirebilmeleri için tasarıma esas alınan linyit özelliklerine yakın özelliklerdeki linyitin

santrale verilmesi gereklidir. Ayrıca bugün linyit rezervlerinin incelenmesinde esas alınan ısı değeri, kül, nem başka özelliklerinde ele alınması ve rezerv genelinde ortalama değerlerin tarif edilmesi, elektrik enerjisinin sürekli güvenilir ve çevrede kirlilik yaratmadan üretilmesi için alınacak önlemler açısından önemlidir. Kurulacak linyite dayalı yeni termik santrallerde ekonomik ve çevre dostu olarak bilinen yeni teknolojilerin uygulanabilmesi için linyit rezervlerinin tüm özelliklerini sağlıklı biçimde tespit edilmesi gereklidir.

Enerji kaynaklarımızın önemli bir kısmını oluşturan linyitlerin düşük kaliteli olmaları nedeniyle önemli çevre sorunları yarattığını ve çevresine etkili miktarlarda zararlı maddeler yaydığı pek çok çalışmayla ortaya konmuştur. Ancak ulusal kaynaklarımızı değerlendirmek zorunda oluşumuz ve diğer enerji kaynaklarına göre kömürün elimizde bulunan en fazla potansiyele sahip enerji kaynağı olması nedeniyle, özellikle linyitlerin en az kirletecek şekilde kullanımı için yanma öncesi, yanma sırasında ve yanma sonrasındaki teknolojilerin incelenmesi, geliştirilmesi ve ülke koşullarına uyarlanması gerekmektedir.

Termik santralin arıtma tesisleri için ek yatırımlar hızlandırılmalı, emisyon ve atık deşarjların kontrolü sıkı bir şekilde yapılmalı, kirlilik azaltıcı tedbirler etkin bir şekilde uygulanmalıdır. Santral çevresi, santralin oluşturacağı kirlilikten etkilenmeyecek şekilde seçilecek ağaç türleri ile ağaçlandırılma bu amaçla kül ile toprak katmanı arasına kapilarite ile küldeki mevcut ağır metallerin üst toprağa geçişini engellemek için kum, çakıl vb. materyaller serilerek tampon bölge oluşturulmalıdır.

6. KAYNAKLAR

1. Adriano, D.C., Page, A.L., Elseewi, A.A., Chang, A.C. and Straugham, I. 1980. Utilization and disposal of fly ash and other coal residues in terrestrial ecosystems. A review. J. Environ. Qual., 9:333-444.
2. Aktaş, M. 1995. Bitki besleme ve toprak verimliliği. A.Ü. Ziraat Fak. Yayın No: 1429, Ders Kitabı: 416, Ankara.
3. Alloway, W.H. 1968. Agronomic controls over environmental cycling of trace elements. Adv. Argon. 20, 235-274.
4. Alpacar, N. 1989. Asit yağmurlarının ormanlar üzerindeki etkileri. Beşinci bilimsel ve teknik çevre kongresi.
5. Anderson, B.M., Keith, J.R. and Connor, J.J. 1975. Antimony, Arsenic, Germanium, Lithium, Mercury, Selenium, Titanium and Zinc in soil of the powder river basin. Second annual progress report. US Geol. Survey Open-file Report No. 75, 50-57.
6. Anonymous 1989. TEK işletme ve bakım idaresi başkanlığı santraller işletme ve bakım müdürlüğü raporu (yayınlanmamış).
7. Anonymous, . Türkiye Çevre Atlası, T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı.
8. Aubert, H. And Pinta, M. 1979. Trace metals in soil. Elsevier Sci. Publ. Co., Amsterdam.
9. Aydemir, O. Ve İnce, F. 1988. Bitki besleme. Dicle Üniv. Eğitim Fak. Yayınları No 2. Diyarbakır.
10. Boawn, L.C. 1971. Evaluation of DTPA-extractable Zn as a Zn soil test for Wshington soils. Annu. Pasific NW. Fert. Conf. Proc. 22 nd, Portland, Oregon, 144-146.
11. Bremner, J.M., 1965. Methods of soil analysis. Part 2. Chemical and Microbiological Properties. Ed. C.A. Black Amer. Soc. Of Agron. Inc. Pub. Agron. Series No: 9. Madison, Wisconsin, USA.
12. Burns, R.G. 1978. Soil enzymes. Academic pres. 149-190.
13. Chaney R.L., Li Y.M., Angle J.S., Baker A.J.M., Reeves R.D., Brown S.L., Homer F.A., Malik M. and Chin, M. 1999. Improving metal hyperaccumulators wild plants to develop commercial phytoextraction systems: Approaches and progress. Phytoremediation of Contaminated Soil and Water, N Terry, G.S Banuelos. CRC Pres Boca Raton, FL.
14. Chapman, H.D. 1973. Diagnostic criteria for plant and soil. (Sec. Print). Dep. Of Soil and Plant Nutr. Univ. Of Calif. Reserach Center andA gr. Expt. Sta. Riverside, California.

15. Christensen, T.h. 1989. Cadmium sorption at low concentration: VIII. Correlation with soil parameters. *Water Air Soil Pollut.* 44, 71-82.
16. Connor, J.J., Anderson, B.M., Keith, J.R. and Boerngen, J.G. 1976. Soil and grass chemistry near the four corners power plant. Third annual Progress report. U.S. Geol. Survey Openfile Report No. 6, 729.
17. Crisanto, T. And Lorenzo, L.F. 1993. Evaluation of Cd levels in fertilized soils. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* 50, 61-68.
18. Dhane, S.S. ve Shukla, L.M. 1995. Distribution of DTPA-extractable Zn, Cu, Mn and Fe in some soil series of Maharashtra and their relationship with some soil properties. *J. Indian Soc. Soil Sci.*, 43:4, 597-600.
19. Domsch, K.H., Jagnow, G. ve Anderson, T.H. 1983. An Ecological Concept for the Assessment of Side Effects of Agrochemicals on Soil Microorganisms. *Residue Rev*, 86, 65-105.
20. Eskikaya, T. 1988. Kömürdeki iz elementler ve çevre kirliliği. *Çevre 89 5. Bilimsel ve Teknik Çevre Kongresi Kitabı*, 857-868.
21. FAO. 1990. Micronutrient, assessment at the country level: an international study. *FAO Soils Bulletin* 63, Rome.
21. Follet, R.H. ve Lindsay, W.L. 1970. Profile distributions of zinc, iron, manganese and copper in Colorado soils. *Colo. State Univ. Exp. Sta. Bull.* 110.
22. Freedman, B. Ve Hutchinson, T.C. 1980. Pollutant inputs from the atmosphere and accumulations in soils and vegetation near a nickel-copper smelter at Sudbury, Ontario, Canada. *Canadian J. Bot.* 58: 108-115.
23. Gençsoy, T. Ve Kefelioğlu, S. 1994. Termik Santrallerde baca gazı kükürt arıtma tesisleri. *Türkiye 6. Enerji Kongresi Teknik Oturum Tebliğ 2*, 166-171.
24. Gökmen, V., Memikoğlu, O., Dağlı, M., Öz, Dinçay ve Tuncalı, E. 1993. Türkiye linyit envanteri. MTA Genel Müdürlüğü, Ankara.
24. Gürkan, S. 1992. Çayırhan linyitlerinden kostik yıkama yöntemiyle mineral maddenin giderilmesi. *Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Ankara.*
26. Hakerlerler, H., Taysun, A., Okur, İ. Ve Arslan, S. 1992. GAP bölgesi topraklarının ağır metallerinin birikimi. *Tr. J. Of Engineering of Environ. Sci.* 19, 423-431.

27. Haktanır, K., Arcak, S., Erpul, G. Ve Tan, A. 1995. Yol kenarındaki topraklarda trafikten kaynaklanan ağır metallerin birikimi. Tr. J. Of Eng. Of Environ. Scien. 19, 423-431.
28. Harmsen, K. 1977. Behaviour of heavy metals in soils. Doctoral Thesis, Centre for Agric. Public. And Documents, Wageningen, 170.
29. Hava Kalitesi Korunması Yönetmeliği, 1986. 2.11.1986 tarihli ve 19269 Sayılı Resmi Gazete.
30. Hemida, S.K., Omar, S.A. and Abdel-Mallek, A.Y. 1997. Microbial populations and enzyme activity in soil treated with heavy metals. Water, Air, and Soil Pollution, 95: 13-22.
31. Hoffman, G.G. and Teicher, K. 1957. Das enzyme system unserer kultur boden 7 proteçsan. 11. Zeitschrift Für Pflanzonernahrung und Bodenkunde. 77, 122.
32. Hofmann, E. Ve Hoffman, G.G. 1966. Die bestimmung der biologischen tatigkeit in boden mit enzymmethoden. Reprinted from advanced in Enzymology and related subject of Bioc. 28: 365-390.
33. Hutchinson, T.C. and Tam, D. 1981. Extrem metal and acidity tolerance in the alga chlorella saccharophila isolated from polluted Sudbory soils. Can. J. Bot.59.
34. Jackson, A.P., and Alloway, B.J., 1995. Transfer of cadmium from soils to human food chain, in Adriano, D.C. Biogeochemistry of Trace Metals, Second Edition. Lewis Publisher, Baton Rouge, Fla., 122-151.
35. Jackson, M.L. 1962. Soil chemical analysis. Prentice - Hall, Inc. New York.
Jensen, A. And Bro-Rasmussen, F. 1992. Environmental Cd in Europe. Rev. Environ. Contam. Toxicol. 125, 101-180.
36. John, M.K. 1972. Lead availability related to soil properties and extractable lead. J. Environ. Qual. 1 (3), 295-298.
37. John, M.K., Van Laerhoven, C.J. and Cross, C.H. 1975. Cd, Pb and Zn accumulation in soil near a smelter coplex. Environ. Lett. 10, 25.
38. Johnson, C.M. and Nishita, H., 1952. Microestimation of sulfur in plant materials, soils and irrigation waters. Anal. Chem., 24, 736-42.
39. Kabata-Pendias, A. Ve Pendias, H. 1985. Trace elements in soils and plants. CRC Pres, Inc. Boca Raton, Florida.

40. Kacar, B. 1984. Bitki besleme. A.Ü. Ziraat Fak. Yayınları 899. Ders Kitabı: 250.2, Ankara.
41. Kacar, B. 1994. Bitki ve toprağın kimyasal analizleri III. Ankara Üniv. Ziraat Fak. Eğitim, Araştırma, Geliştirme Vakfı Yayınları No.3, Ankara.
42. Kacar, B. 1995. Toprak Analizleri. A.Ü.Z.F. Eğitim, Araştırma ve Geliştirme Vakfı Yayınları No: 3., 627-629, Ankara.
43. Karaca A., Turgay O. C., Kızılkaya R., Haktanır K. 1996. Topraklara ağır metal (Cd,Pb) ilavesinin bazı biyolojik olaylara etkisi. Tarım-Çevre ilişkileri Sempozyumu. Mersin.Bildiriler Kitabı; 111-121.
44. Karaca, A. 1997. Afşin-Elbistan termik santral emisyonlarının çevre topraklarının fiziksel, kimyasal ve biyolojik özellikleri üzerine etkileri. Ankara Üniv. Fen Bil. Ens., Ankara. Doktora Tezi (yayınlanmamış).
45. Kargı F. 1995. Çevre mühendisliğinde biyoprosesler, 2. Baskı. Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Basım Ünitesi. İzmir.
46. Kautz, K., Kirsch, H. Ve Laufhütte, D.W. 1975. Über die spurenelementgehalte in steinkohlen und den daraus entstehenden reingastauben. VGB Kraftwerkstechnik. 55: 612-676.
47. Kızılkaya, R. (1998). Samsun Azot Sanayi (TÜGSAŞ) ve Karadeniz Bakır İşletmeleri (KBİ) çevresindeki tarım topraklarında ağır metal birikiminin toprakların bazı biyolojik özellikleri üzerine etkisi. Ankara Üniv. Fen Bil. Ens., Ankara. Doktora Tezi (yayınlanmamış).
48. Kloke, A. 1980. Orientierungstaden für tolerierbare gesamtghalte inger elemente in kulturboden. (Richwerte 80). Biologische Bundesantait for Land und Forstwirtschaft, Berlin.
49. Köse, R. 1997. Ülkemizdeki termik santrallar ve getirdiği çevre sorunları. Türkiye 7. Enerji Kongresi, s: 17-25, Ankara.
50. Li, Y.M., Chaney, R.L. and Schneiter, A.A. 1994. Effect of soil chloride level of Cd concentration in sunflower kernels. Plant and Soil, 167, 275-280.
51. Lindsay, W.L. and Norvell, W.A., 1978. Development of a DTPA soil test for Zn, Fe, Mn and Cu. Soil Sci. Amer. J. 42 (3), 421-28.

52. Long, R.P. and Davis, D.D. 1989. Major and trace element concentration in surface organic layers, mineral soil and white oak xylem downwind from a coal-fired power plant. *Can. J. For Res.* 19, 1603-1605.
53. Maji, B., Chatterji, S. Ve Bandyopadhyay, B.K. 1993. Available iron, manganese, zinc and copper in Coastal soils of Sundarbans, West Bengal in relation to soil characteristics. *J. Indian Soc. Soil Sci.* 41:, 468-471.
54. Mc Laughlin, M.J. and Sings, B.R., 1999. Cadmium in soils and plants. Volume 85. Kluwer Academic Publishers. Dordrecht/Boston/London.
55. Menon, M.P., Ghuman, G.S., James, and J. Chandra, K.1990. Phsico-chemical characterization of water extracts of different coal fly ashes and fly ash amended composts. *Water, Air and Soil Pollition.* 50, 343-353.
56. Miesch, A.T. and Huffman, C. 1972. Adundance and distribution of lead, zinc, cadmium and arsenic in soils in Helena Valley Montana Area Environmental Pollution study. *Environ. Protec. Agency, Research Triangle Park. N.C.* 65.
57. Moen, J.E.T., Cornet, J.P. ve Evers, C.W.A. 1986. Soil protection and remedial actions. Crkia for decision making and standarization of requirements. 441-448. İn: *Contaminated soil* (ed. J.W. Assink ve W,J, Wanderbink) Martinus Nijhot Dordiecht.
58. MTA, 1977. MTA Enstitüsünce bilinen Türkiye yer altı kaynakları envanteri, Ankara.
59. Nakos, G. 1979. Lead pollution. Fate of lead in the soil and its effects on pinus halepensis. *Plant and soil.* 53, 427-431.
60. Naseby D.C. and Lynch J.M. 1997 Rhizopshere soil enzymes as indicators of perturbation caused by enzyme substrate addition and inoculation of a genetically modified strain of *Pseudomonas fluorescens* on wheat seed. *Soil Biology & Biochemistry* 29, 1353-1362.
61. Özbek-Bender, H. 1996. Muğla-Yatağan termik santrali emisyonlarından farklı düzeylerde etkilenen tarım ve orman topraklarındaki bazı enzim aktivitelerinin araştırılması. Ankara Üniv. Fen Bil. Ens. Yüksek Lisans Tezi, Ankara (yayınlanmamış).
62. Özbek, H. and Rasheed, M.A. 1972. The activity of enzymes in soils of Black Sea Coast. Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Yayınları, 1: 89-102.

63. Özbek, H., Kaya, Z., Gök, M. Ve Kaplan, M. 1993. Toprak Bilimi. (P. Schachtschabel, H.P. Blume, G. Brummer, K.H. Hurtge and U. Schwertmann'dan çeviri). Ç.Ü. Zir. Fak. Genel Yayın NO: 73. Ders Kitapları Yayın No.16, Adana.
64. Pacyna, J.M. 1982. Trace element emissions from coal and oil power plants in Europe methodology of calculations. Norwegian Ins. For Air Research. Nilu Supplement Til Technics Raport No. 5/82. Ref. 24781.
65. Pacyna, J.M. 1987. Atmospheric emissions of As, Cd, Pd, and Hg from high temperature processes in power generation and industry. Ed. T.C. Hutchinson and K.M. Meema, John Wiley and Sons Ltd.
66. Pacyna, J.M. and Nriagu, J.O. 1988. Atmospheric emissions of Cr from natural and anthropogenic sources. Cr in the natural and human environments. Ed. J.O. Nriagu and E. Nieboer. John Willey and Sons Ltd. Inc.
67. Patil, Y.M. ve Sonar, K.R. 1994. Status of major and micronutrients of Swellshrinks soil of Maharashtra. J. Maharashtra Agric. Univ. 19:2, 169-172.
68. Peech, M. 1941. Availability of ions in light sand soils as affected by soil reaction. Soil Sci. 51: 473-486.
69. Picthel, J.R. 1989. Microbial Respiration in Fly Ash/ Sewage Sludge Amended Soils. Environ. Poll., 63, 225-37.
70. Prasad, R. Ve Sakal, R. 1992. Extractability of applied zinc from calcereous soil as related to certain soil properties. J. Res. Birsa Agric. Univ. 4:1, 43-46.
71. Richards, L.A., 1954. Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. U.S. Dept. Agr. Handbook, No.60, 110-8.
72. Rosenshtein, J.S. 1970. Sanitary toxicological assesment of low concentrations of As_2O_3 in the athmosphere. G.g. Sanit., 35(1), 15-20.
73. Ryan, P., Lee, J. And Peebles, T.F. 1967. Trace element problems in relation to soil units in Europe. World Soil Resource Rep. 31. FAO, Rome, Italy.
74. Sarıgül, M. 1991. Hava kirliliğinin Muğla-Yatağan yöresinde orman toprağı ve ağaçları üzerine etkisi. Ormancılık Araştırma Ens. Teknik Bülten, No. 217-248.
75. Schwertmann, W., Fischer, W.R. and Fecther, H. 1982. Spurenelemente in bodensequenzen. I. Zwei Brunerde-Podzol-Sequenzen aus fonschieferschutt. Z. Pflanzenern. Bodenk. 145, 181-196.

76. Theis, T.L. ve Wirth 1977. Sorptive behaviour of trace metals on fly ash in aqueous systems. Environ. Sci. Tech., 11: 1096-1100.
77. TUSİAD (2005). (<http://www.tusiad.org/turkish/rapor/enerji/html/sec16.html>)
78. Türk Tabipleri Birliği (2000). Yatağanda hava kirliliğinin değerlendirilmesi. TTB Raporu, yayınlanmamış.
79. Tyler, G. 1976. Heavy Metal Pollution, Phosphatase Activity, and Mineralization of Organic Phosphorus in Forest Soils. Soil Biol. Biochem., 8, 327-32.
80. Udo, E.J., Bohn, H.L. ve Tucker, T.C. 1970. Zinc adsorption by calcareous soils. Soil Sci. Amer. Proc. 34: 405-407.
81. US Salinity Laboratory Staff. 1954. Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soils. Agri. Handbook. No:60, USDA.
82. Usta, S. Toprak Kimyası, Ankara Üniv. Ziraat Fak. Ders
83. Wong, M.H. ve Wong, J.W.C. 1986. Effects of Fly Ash on Soil Microbial Activity. Environ. Poll. Series A, 49, 127-44.
84. Yıldız, T. 1996. Orhaneli Termik Santralinden Kaynaklanan SO₂ Emisyonunun Çevre Toprakları ile Karaçam Üzerine Etkisi. Yüksek Lisans Tezi (Basılmamış).
85. Zabunoğlu, S., Haktanır, K., Karaçal, İ. ve Oskay, K. 1989. Samsun Azot Sanayi ve Karadeniz Bakır İşletmeleri baca emisyonlarının çevredeki tarım alanlarına ve bitkisel ürüne etkilerinin araştırılması. TÜBİTAK Proje no. ÇAĞ-84.
86. Zharov, V.N. 1995. Study and evaluation of toxic micro elements in Russian power oriented coals to solve environmental problems. International symposium on coal-fired power generation. The Environ. And Public Acceptance, Ankara, 113-134

7. EKLER

Ek 1. Santralin Teknik Özellikleri:

a. Buhar Üretim Tesisleri

	1. ve 2. Üniteler	3. ve 4. Üniteler
Tip	Tabii sirkülasyonlu, ara kızdırmalı	Aynı
Buhar Kapasitesi	480 t/h	Aynı
Kızgın Buhar Basıncı	137 Bar	Aynı
Kızgın Buhar Sıcaklığı	538 0C	Aynı
Tek Kız. Buhar Basıncı	36 Bar	Aynı
Tek Kız. Buhar Sıcaklığı	538 0C	Aynı

b. Kömür Değirmenleri

	1. ve 2. Üniteler	3. ve 4. Üniteler
Tipi	Savurmalı-fanlı	Aynı
Buhar Kapasitesi	480 t/h	Çekiçli-fanlı
Adet	6	6
Kapasite	28 t/h	46 t/h
Motor Gücü	600 KW-6 kv	690 KW

c. Türbin

	1. ve 2. Üniteler	3. ve 4. Üniteler
Tipi	Kondenserli, üç kademeli	Aynı
Güç	150 MW	160 MW
Devir Sayısı	3000 dev/dak	Aynı
Kondenser Basıncı	0.06 kg/cm ²	Aynı

d. Generatör

	1. ve 2. Üniteler	3. ve 4. Üniteler
Tipi	Hidrojen soğutmalı, statik ikazlı	Aynı
Gerilimi	188 M V A	Aynı
Kısa Devre Oranı	15 K V	Aynı
Devir sayısı	3000 cl/d	Aynı
Güç Faktörü	0.85	Aynı
Hidrojen Basıncı	2 kg/cm ²	Aynı

e. Ana Güç Trafosu

	1. ve 2. Üniteler	3. ve 4. Üniteler
Nominal Güç	180 M V A	Aynı
Yüksek Gerilim Sargısı	400 K V	Aynı
Alçak Gerilim Sargısı	15 K V	Aynı

7. EKLER

Ek 1. Santralin Teknik Özellikleri:

a. Buhar Üretim Tesisleri

	1. ve 2. Üniteler	3. ve 4. Üniteler
Tip	Tabii sirkülasyonlu, ara kızdırmalı	Aynı
Buhar Kapasitesi	480 t/h	Aynı
Kızgın Buhar Basıncı	137 Bar	Aynı
Kızgın Buhar Sıcaklığı	538 0C	Aynı
Tek Kız. Buhar Basıncı	36 Bar	Aynı
Tek Kız. Buhar Sıcaklığı	538 0C	Aynı

b. Kömür Değirmenleri

	1. ve 2. Üniteler	3. ve 4. Üniteler
Tipi	Savurmalı-fanlı	Aynı
Buhar Kapasitesi	480 t/h	Çekiçli-fanlı
Adet	6	6
Kapasite	28 t/h	46 t/h
Motor Gücü	600 KW-6 kv	690 KW

c. Türbin

	1. ve 2. Üniteler	3. ve 4. Üniteler
Tipi	Kondenserli, üç kademeli	Aynı
Güç	150 MW	160 MW
Devir Sayısı	3000 dev/dak	Aynı
Kondenser Basıncı	0.06 kg/cm ²	Aynı

d. Generatör

	1. ve 2. Üniteler	3. ve 4. Üniteler
Tipi	Hidrojen soğutmalı, statik ikazlı	Aynı
Gerilimi	188 M V A	Aynı
Kısa Devre Oranı	15 K V	Aynı
Devir sayısı	3000 cl/d	Aynı
Güç Faktörü	0.85	Aynı
Hidrojen Basıncı	2 kg/cm ²	Aynı

e. Ana Güç Trafosu

	1. ve 2. Üniteler	3. ve 4. Üniteler
Nominal Güç	180 M V A	Aynı
Yüksek Gerilim Sargısı	400 K V	Aynı
Alçak Gerilim Sargısı	15 K V	Aynı

no	pH	EC dS m ⁻¹	Kireç (%)	Tekstür sınıfı	Değişebilir Katyonlar me 100 g ⁻¹			
					Ca	Mg	Na	K
1	7,34	2,18	22,09	SCL	73,75	38,35	1,38	19,70
2	7,12	2,25	8,25	SL	183,04	17,16	1,57	8,89
3	7,44	0,42	20,00	CL	20,13	36,43	2,30	22,45
4	7,29	1,92	1,33	C-CL	37,11	35,96	2,48	17,86
5	7,27	2,22	13,26	SL	202,94	0,743	0,85	10,37
6	7,49	0,57	24,30	C	39,71	33,75	6,80	21,26
7	7,57	0,41	23,86	SCL	38,82	32,35	13,86	21,84
8	7,5	0,42	8,84	SCL	31,16	26,85	7,19	8,34
9	7,49	0,67	5,16	C	19,67	39,54	23,73	4,41
10	7,35	0,19	7,66	SL	37,94	17,32	0,58	8,45
11	7,43	1,96	22,53	C	35,43	20,24	106,33	22,28
12	7,51	0,58	9,57	C	29,81	28,79	26,07	6,44
13	7,55	0,65	20,91	SCL	27,86	23,40	22,75	9,20
14	7,51	0,63	10,16	CL	14,78	27,81	28,30	18,21
15	7,32	0,18	4,57	SL	14,28	27,94	4,01	9,04
16	7,42	0,21	10,31	SL	28,11	35,80	155,77	4,45
17	7,38	0,33	11,78	SL	15,12	36,82	187,41	8,38
18	7,5	0,49	10,16	SL	17,97	32,14	227,67	9,18
19	7,65	0,48	17,97	SCL	25,87	29,68	114,81	17,18
20	7,42	0,70	17,23	SCL-SL	16,54	30,56	22,79	22,30
21	7,59	0,21	7,07	LS	10,09	23,00	1,38	13,90
22	7,62	0,11	19,15	SL	18,23	31,85	1,40	18,71
23	7,38	0,91	10,16	C	23,17	45,46	29,60	10,08
24	7,28	0,25	25,33	CL	27,46	42,13	25,87	26,77
25	7,57	0,25	8,84	C	22,13	50,75	1,88	0,41
26	7,67	0,76	22,39	CL	26,39	28,70	27,50	15,90
27	7,62	0,73	26,07	C	27,02	27,06	22,67	21,91
28	7,29	0,59	9,34	C	23,67	20,33	24,45	19,86
29	7,63	0,38	19,45	C	30,55	26,34	29,17	16,35
30	7,54	0,24	18,71	C	29,43	19,84	36,33	24,58