



# AFŞİN-ELBİSTAN TERMİK SANTRALI EMİSYONLARININ ÇEVRE TOPRAKLARININ FİZİKSEL, KİMYASAL VE BİYOLOJİK ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE ETKİLERİ

**Ayten KARACA**

Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bölümü, Dışkapı/Ankara

Geliş Tarihi : 21.01.2000

## ÖZET

Bu araştırmada Afşin - Elbistan Termik Santrali bacalarından çıkan emisyonların çevre topraklarının fiziksel, kimyasal ve biyolojik özellikleri üzerine yapmış olduğu etkiler araştırılmıştır. Bu amaçla 2 yıl boyunca, 4 ayrı dönemde, hakim rüzgar yönünde santrale 30 km mesafeden ve santral çevresindeki köylerden toprak örnekleri alınmıştır. Örneklerin fiziksel ve kimyasal özelliklerinin yanı sıra, toplam ve bitkiler tarafından alınabilir S, Fe, Cu, Zn, Mn, Cd, Pb, Ni ve F, üreaz, asit ve alkali fosfataz enzim aktiviteleri ile karbon dioksit çıkışı miktarları belirlenmiştir. Genel olarak hakim rüzgar yönünden alınan örneklerin iz element ve ağır metal içerikleri, çevre köylerden alınan örneklere kıyasla yüksek bulunmuş, özellikle santrale yakın mesafelerde konsantrasyonlar oldukça artış göstermiştir. Buna karşılık hakim rüzgar yönünde santrale yakın bölgelerden alınan toprak örneklerinin üreaz, asit ve alkali fosfataz aktivitelerinde önemli derecede azalmalar belirlenmiştir ( $P < 0.05$ ). Yapılan regresyon analizlerine göre de, hakim rüzgar yönünden alınan toprakların üreaz, asit ve alkali fosfataz aktiviteleri ile Fe hariç diğer bütün iz element ve ağır metal, azot, KDK arasında önemli negatif, organik madde ve pH ile de pozitif ilişki belirlenmiştir. Toprakların  $CO_2$  çıkışı ile Mn arasında önemli negatif ilişki belirlenirken, diğer iz elementler arasında belirlenen doğrusal ilişki katsayıları istatistiki yönden güvenilir düzeyde olmamıştır. Çevre köylerden alınan toprakların üreaz, asit ve alkali fosfataz aktiviteleri ile KDK ve azot arasında önemli negatif, pH ve kireç ile de pozitif ilişki belirlenmiştir. Bununla birlikte toprakların  $CO_2$  çıkışı ile pH ve organik madde arasında da pozitif ilişki belirlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler :** Uçucu kül, Ağır metal, Enzim aktivitesi, Karbon dioksit çıkışı

## EFFECTS OF AFŞİN-ELBİSTAN POWER PLANT EMISSIONS ON THE PHYSICAL, CHEMICAL AND BIOLOGICAL PROPERTIES OF NEARBY SOILS

### ABSTRACT

In this research, the effect of emissions of Afşin - Elbistan Coal - Fired Power Plant on the physical, chemical and biological properties of nearby soils was investigated. For this aim, soil samples were taken from the villages near the central and 30 km away through central in the dominant wind direction during two years and four different periods. Besides the physical and chemical properties of the soil samples, total and available S, Fe, Cu, Zn, Mn, Cd, Pb, Ni, F, urease, acid and alkali phosphatase and carbon dioxide evaluation quantities were determined. It was found that, trace element and heavy metal contents of the soil samples taken from the dominant wind direction were higher than the soil samples taken from near central villages, especially concentration at sites closest to the power plant was much higher. On the other hand, urease, acid and alkali phosphatase enzyme activities of soils taken from the dominant wind direction of the central were decreased significantly ( $P < 0.05$ ). Regression analysis showed that negative correlation between the urease, acid and alkali phosphatase activities and all trace elements with the exception of iron, heavy metals, nitrate and CEC. However, significant positive correlation were found between pH and organic matter of the soil samples taken from the dominant wind direction. There was no correlation between the  $CO_2$  evaluation and other elements in spite of negative correlation between  $CO_2$  and Mn, organic matter, clay content and CEC. There were negative correlation between the urease, acid and alkali phosphatase activities and CEC, N, correlation between the above-mentioned activities and pH and lime were positive of the soil samples taken from the near-central villages. However, it was obtained positive correlation between  $CO_2$  evaluation and pH, organic matter.

**Key Words :** Fly ash, Heavy metal, Enzyme activity, Carbon dioxide evaluation

## 1. GİRİŞ

Son yıllarda gelişme yolundaki ülkeler hızlı bir ekonomik büyüme göstermişler ve enerji tüketimlerini yaklaşık iki katına çıkarmışlardır. Ülkeler, artan enerji ihtiyaçlarını karşılamak için kaynaklarının elverdiği ölçüde değişik üretim tekniklerine başvurmuşlardır.

Dünya enerji ihtiyacının % 90'ına yakın bir bölümü fosil yakıt kaynaklarından karşılanmaktadır. 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. Bugünün enerji kaynakları olarak yenilenemeyen kömür, petrol, doğal gaz ve nükleer enerji ile yenilenebilen odun, bitki artıkları, tezek, jeotermal, güneş, rüzgar, hidrolik ve gel-git enerji kaynaklarının kullanılıyor olması çevre sorunlarını çeşitli düzeylerde artırmaktadır. Bu enerji kaynaklarının kullanımı ile doğal suların ve toprakların doğrudan kirlenmesi söz konusudur. Şöyle ki, temiz enerji kaynağı olarak bilinen hidrolik enerji, hidrolik çevrim sonucunda iklim ve bitki örtüsünde değişiklikler, geniş bir alanın sular altında kalması, taşkın ve yıkılma riski gibi olumsuz etkiler olabilmektedir. Nükleer santrallerde ise deşarj ortamında ısı yükselmeleri söz konusu olup, buna ek olarak radyoaktif kirlenme riski de bulunmaktadır. Güneş ve rüzgar enerjisi tesislerinin de arazi kullanımı, hava akımının engellenmesi gibi etkileri olabilmektedir.

Türkiye'de 1970'li yıllar artan enerji ihtiyacının giderek hızlandığı yıllar olup; bu yıllarda hidrolik enerjinin dengelenmesi, çabuk yapılabilirliği, ucuza mal edilmesi ve dış kredi kaynaklarının kolay bulunabilirliği nedeniyle termik santrallere yönelinmiştir. O yıllarda termik santrallerin yapabileceği çevre sorunları konusunda Türkiye'de ve dünyada yeterli bilgi birikiminin ve dolayısıyla kamuoyunun bu konuda hassas olmaması nedeniyle çevre sorunları akla gelmeden ve önemsenmeden hızla termik santraller inşa edilmeye başlanmıştır.

Yapımları sırasında projelerinde hiç gözükmeyen birçok çevre sorunu termik santraller ile Türkiye gündemine girmiştir. Yüksek kullanım payına sahip fosil yakıtlı termik santrallerin hava kirliliği ekolojik dengenin bozulmasına olumsuz etkilerde bulunmaktadır. Kömüre dayalı termik santrallerin külleri atık olarak sorun olmakla birlikte, toprak üzerinde depolanması sonucunda, kül içindeki zararlı bileşenlerin yağmur suları ile toprağa

sızması sonucu yer altı suları ile de geniş bir alanda zararlı etkisini sürdürme özelliği bulunmaktadır. Termik santraller için gerekli madencilik ve taşıma faaliyetleri de yaratılan diğer çevre sorunları olmaktadır. Bütün bu olumsuz etkilerine rağmen kömür hala enerji üretiminde tercih edilen bir kaynak olmayı sürdürmektedir. Bu gerçeği dikkate alarak mevcut termik santrallerin kontrollü ve çevresi ile dost bir şekilde işletilmesine olanak sağlayacak yeni teknolojiler getirilmelidir.

Afşin-Elbistan Termik Santrali da Türkiye'nin büyük santrallerinden biri olup, önemli ölçüde çevre kirliliği yaratmakta ve bu çevre sorunları karşısında yalnız yöre halkı değil, yerel resmi ve özel kuruluşlar da sağlıklı olmayan tespitlerde bulunmuşlardır.

Çalışmanın amacı, düşük kaliteli linyit rezervini değerlendirmek amacı ile çevreye vereceği zararlar hiç düşünülmeden kurulmuş olan termik santral baca gazı emisyonlarının ve santralden sorumsuzca çevreye bırakılan uçucu küllerin santral çevresindeki tarım topraklarına etkisini ortaya koymaktır.

## 2. MATERYAL VE METOT

Afşin-Elbistan Termik Santrali, Doğu Anadolu bölgesinde Kahraman Maraş ilinin 154 km kuzeyinde, Afşin-Elbistan ovasında 228.982 m<sup>2</sup> alanda yer almaktadır. Yıllık üretim kapasitesi 8.100.000.000 kWh olan santralde ana yakıt olarak linyit kullanılmakta olup, tam yükte günlük ana yakıt ihtiyacı 66.000 ton gün<sup>-1</sup>, yakıt temin şekli ise bant sistemi iledir.

Meteorolojik kayıtlara göre, araştırma kapsamına alınan bölgede hakim rüzgar güneybatıdan kuzeydoğu doğrultusunda esmektedir. Bölgede hakim rüzgar yönü dikkate alınarak santralin bulunduğu yer merkez olmak üzere güneybatı yönünden 30 km mesafeye kadar olan alanlardan toprak örnekleri alınmıştır. Santral çevresindeki Kapılı, Karahöyük, K.Elbistan, Izgın, Balıkçıl, Kışlaköy ve Alemdar köylerinden de toprak örnekleri alınmıştır. Örnek alma yerleri santralden uzaklaştıkça seyreltilmiş ve örnekleme noktaları hakim rüzgar yönünde 0,5, 1, 1,5, 2, 2,5, 3, 6, 9, 12, 15 ve 30 km olarak tayin edilmiş ve bu mesafelerden örnekler alınmıştır. Her bir örnek pulluk derinliğinden olmak üzere (0-30 cm) 0-5, 5-15 ve 15-30 cm derinliklerden 4 ayrı dönemde (Haziran 1992, Kasım 1992, Mayıs 1993 ve Haziran 1994) alınmıştır.

Arazide usulüne göre alınan toprak örnekleri havada kurutulduktan sonra 2 mm elekten elenmiş ve fiziksel, kimyasal ve ağır metal analizleri yapılmak üzere muhafaza edilmiştir. Toprakların biyolojik özelliklerini tespit etmek amacıyla da araziden ayrı poşetlere 2 mm'den elenerek alınan örnekler, aktivitelerinin korunması amacıyla soğutucu içinde yaklaşık 4 °C'de muhafaza edilerek laboratuvara getirilmiş ve laboratuvarda mümkün olan en kısa süre içinde analizleri yapılmıştır.

Tekstür, Bouyoucos (1951); pH, Grewelling ve Peach (1960); elektriksel iletkenlik (EC), Öztan ve Ülgen (1961); organik madde, Jackson (1962); kireç, Hızalan ve Ünal (1966); özgül ağırlık Yeşilsoy ve Güzeliş (1983)'e göre; serbest iyonlar, değişebilir Na, K, Ca Mg ile katyon değişim kapasitesi (KDK) Richards (1954); azot, Bremner (1965); ekstrakte edilebilir Fe, Cu, Zn, Mn, Cd, Ni ve Pb, Lindsay ve Norvell (1978); toplam Fe, Cu, Zn, Mn, Cd, Pb, Ni, kral suyunda çıkarılan ekstraktta, Baker and Amacher (1982), toplam kükürt Johnson and Nishita (1952) ve alınabilir kükürt Hoeft et all., (1973)'na göre, toplam florür Mc Quaker and Gurney (1977)'na göre Orion 720-a model iyonimetre ile potansiyometrik olarak ölçülmüştür. Asit ve alkali fosfataz aktivitesi, Hofmann ve Hoffman (1966); üreaz aktivitesi Hoffman ve Teicher (1957); ve CO<sub>2</sub> çıkışı, Isermayer (1952) yöntemine göre belirlenmiştir. Analiz sonuçlarının istatistiksel analizleri Yurtsever (1984) tarafından bildirildiği şekilde değerlendirilmiştir.

### 3. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Afşin-Elbistan Termik Santrali bacalarından çıkan emisyonların, çevrelerindeki tarım topraklarının biyolojik özellikleri üzerine olan etkilerini belirlemek amacıyla santralden hakim rüzgar yönünde 30 km uzaklığa kadar olan mesafeden ve çevre köylerden 4 ayrı dönemde ve 3 farklı derinlikte toprak örnekleri alınmış ve sırasıyla üreaz, asit fosfataz, alkali fosfataz ve karbon dioksit çıkışı tayinleri yapılmıştır. Toprak örneklerinde ayrıca toplam ve ekstrakte edilebilir Fe, Cu, Zn, Mn, Pb, C Ni ve S ile toplam florür tayinleri yapılmış ancak bütün sonuçların sunulmasının mümkün olmamasından dolayı sadece ağır metal ve iz element değerlerinin toprakların biyolojik özellikleri ile ilişkilerinin değerlendirildiği istatistiksel sonuçlara yer verilmiştir.

#### 3. 1. Üreaz Enzim Aktivitesi

Farklı dönemlerde alınan toprak örneklerinde belirlenen üreaz aktiviteleri arasında dönemlere

bağlı çok az farklılıklar saptanmış olup, bunun dönemler arası iklim değişikliği, ürün çeşidi ve toprak işlemeden ileri geldiği düşünülmektedir. Toprakların üreaz aktiviteleri mesafeye bağlı olarak değişim göstermiş, santralden uzaklaştıkça artmıştır. Yapılan varyans analiz sonuçlarına göre de uzaklık ile üreaz aktiviteleri arasındaki değişiklikler % 5 hata düzeyinde önemli bulunmuştur. Dört dönemde de toprakların üreaz aktiviteleri normalin altında olup, yüzeyden pulluk derinliğine inildikçe aktiviteler önemli düzeyde artış göstermektedir (P < 0.05).

Üreaz aktivitesinin bütün örneklerde, pulluk derinliği içindeki kök bölgesine doğru artışı, yoğun toprak işleme neticesi, bu derinlikteki toprak katının havalanmasının iyi oluşu yanında, toprak rutubet içeriğinin pulluk derinliğine doğru daha fazla olması nedeniyle, üreolitik mikroorganizmaların daha aktif oldukları ve ortama faaliyetleri esnasında daha fazla üreaz grubu enzim saldıkları anlaşılmaktadır. Salınan bu enzimlerin, civardaki toprak kolloidlerince tutularak birikmesi sonucu, toprakta üreaz aktivitesinde artma ortaya çıkmaktadır.

Santral çevresindeki köylerden alınan toprakların üreaz aktivite değerleri ise hakim rüzgar yönünden alınanlara oranla oldukça yüksek bulunmuştur.

Hakim rüzgar yönünde alınan toprakların üreaz aktiviteleri normalden oldukça az iken, köylerden alınan örneklerinki normale yakın değerlerdir.

Hakim rüzgar yönünden ve santral çevresindeki köylerden alınan toprakların üreaz aktiviteleri ile toprakların iz element ve ağır metal içerikleri ile bazı önemli toprak özellikleri arasında belirlenen doğrusal ilişki katsayıları Tablo 1'de verilmiştir.

Tablodan da anlaşılacağı gibi, hakim rüzgar yönünden alınan toprakların üreaz aktiviteleri ile toplam ve alınabilir S, Zn, Cu, Mn, Cd, Pb Ni arasında % 0.1 hata düzeyinde önemli negatif ilişki belirlenmiştir. Üreaz aktivitesi ile toplam ve alınabilir Fe arasında belirlenen doğrusal ilişki katsayıları ise istatistiki yönden güvenilir düzeyde olmamıştır. Buna göre, Fe hariç, diğer bileşikler toprakta üreaz aktivitesini etkilemiş bulunmaktadır. Toprakların üreaz aktiviteleri ile organik madde arasında % 0.1 hata düzeyinde önemli pozitif, azot arasında % 1 hata düzeyinde önemli negatif ilişki belirlenirken, pH, kireç, kil kapsamı ve KDK arasında belirlenen doğrusal ilişki katsayıları ise istatistiki yönden önemli bulunmamıştır.

Tablo 1. Santral Bölgesinden Alınan Toprakların Üreaz Enzim Aktivitesi ve CO<sub>2</sub> Çıkışı ile Bazı İz Element ve Ağır Metal Kapsamları ve Önemli Toprak Özellikleri Arasındaki Doğrusal İlişki Katsayıları (r)

Element Adı	Üreaz Enzim Aktivitesi		CO <sub>2</sub> Çıkışı	
	Hakim Rüzgar Yön. Topraklar	Köylerden Alınan Topraklar	Hakim Rüzgar Yön. Topraklar	Köylerden Alınan Topraklar
Toplam kükürt	- 0.473***	+ 0.394 **	- 0.062	+ 0.335**
Alınabilir kükürt	- 0.635***	- 0.396**	- 0.097	+ 0.385**
Toplam demir	+ 0.149	+ 0.09	+ 0.103	+ 0.100
Alınabilir demir	+ 0.154	+ 0.243	+ 0.032	+ 0.393**
Toplam çinko	- 0.721***	- 0.227	- 0.063	- 0.327**
Alınabilir çinko	- 0.549***	- 0.247	- 0.170	- 0.094
Toplam bakır	- 0.451***	- 0.617***	- 0.017	- 0.021
Alınabilir bakır	- 0.500***	- 0.284*	- 0.158	+ 0.263*
Toplam mangan	- 0.549***	- 0.375**	- 0.294**	- 0.093
Alınabilir mangan	- 0.632***	- 0.157	- 0.301*	+ 0.249*
Toplam kadmiyum	- 0.449***	- 0.693***	- 0.019	+ 0.203
Alınabilir kadmiyum	- 0.345**	- 0.366**	- 0.082	+ 0.145
Toplam kurşun	- 0.606***	- 0.623***	- 0.166	- 0.244
Alınabilir kurşun	- 0.379**	- 0.351**	- 0.030	- 0.150
Toplam nikel	- 0.416***	- 0.666***	- 0.168	- 0.302*
Alınabilir nikel	- 0.506***	- 0.358**	- 0.122	+ 0.293*
pH	+ 0.177	+ 0.135	+ 0.042	+ 0.247
Kireç	- 0.04	+ 0.518***	- 0.18	- 0.239
Organik madde	+ 0.631 ***	- 0.076	- 0.295*	- 0.447***
Azot	- 0.317**	- 0.288*	+ 0.242	- 0.02
KDK	- 0.111	- 0.223	- 0.413***	- 0.393**

\*\*\* = % 0.1 önemli. \*\* = % 1 önemli. \* = % 5 önemli

Santral çevresindeki köylerden alınan toprakların üreaz aktiviteleri ile toplam Cu, Cd, Pb ve Ni arasında % 0.1, alınabilir Cd, Pb ve Ni arasında % 1 ve alınabilir Cu ve azot arasında da % 5 hata düzeyinde önemli negatif ilişki belirlenmiştir. Toplam ve alınabilir Fe, alınabilir Zn ve Mn, organik madde, kil, KDK ve pH arasında belirlenen doğrusal ilişki katsayıları ise istatistiki yönden güvenilir düzeyde olmamıştır.

Burada dikkati çeken en önemli nokta hakim rüzgar yönünde alınan toprakların üreaz aktivitesi ile organik madde arasında % 0.1 hata düzeyinde pozitif ilişki belirlenmesi, köylerden alınan topraklarda ise bu ikili arasındaki ilişkinin önemli çıkmaması, buna rağmen üreaz aktivitesinin hakim rüzgar yönünden alınan topraklarda köylere oranla oldukça düşük olmasıdır. Burada, topraktaki enzim aktivitesini harekete geçirecek organik madde gibi substratların varlığında dahi, substratların etkenliğini bastırarak bir inhibitörün (ağır metal vb.), aktiviteyi substarata bağlı olmaksızın etkilemesi ve azaltarak durdurması düşüncesi akla gelmektedir.

Ağır metallerin enzimler üzerindeki etkisi oldukça fazla çalışılan araştırma konularındandır. Çeşitli metal iyonlarının toprakta organik bileşenlerin mineralizasyonundan sorumlu olan çeşitli enzimleri

engellediği de saptanmıştır. Özellikle üreaz, hem hayvansal dışkıları yolu ile hem de ticari gübre olarak toprağa ulaşan üreyi mineralize eden enzimdir. P, S, N dolanımları üzerine etkide bulunan enzimler ve ağır metallerin etkileşimlerini inceleyen Domsch et al., (1983), Cd'un toprakta üreaz aktivitesini % 54, fosfataz aktivitesini % 6, Cu'nun üreazı % 68, Zn'nun üreazı % 39, fosfatazı % 5 oranında inhibe ettiğini belirlemişlerdir. Tyler (1976) ise toprakta üreaz aktivitesini engelleyen iz elementleri etkenlik bakımından Ag < Hg < Cd < Cu < Mn olarak sıralamıştır. Araştırmacı, Ni, Pb ve Co'nun da orta derecede aktiviteyi engellediğini, As ve W'un ise üreazı etkilemediğini belirtmiştir.

### 3. 2. Asit Fosfataz Enzim Aktivitesi

İstatistiksel analiz sonuçlarına göre; toprakların asit fosfataz aktiviteleri uzaklığa bağlı olarak % 5 hata düzeyinde önemli olacak şekilde artış göstermiştir. Genellikle santralin 15 ve 30 km uzaklığında bulunan toprakların asit fosfataz aktiviteleri normal toprakta bulunması gereken aktivite değerlerine yakın bulunurken, santrale yaklaştıkça ortalama 2 km mesafeye kadar olan topraklarda aktivite değerleri normalin altına düşmekte, 0.5 km'de ise aktiviteler oldukça azalmaktadır.

Derinliğe bağlı olarak da toprakların asit fosfataz aktiviteleri 4 ayrı dönemde de, 0.5 km’de yüzeyden derine inildikçe artış göstermiş, 1 km’den itibaren ise yüzeyden derine doğru azalma göstermiştir. Asit fosfataz enzim aktivitesinin yüzeyden derine doğru azalması, normal toprakta olması gereken bir harekettir. Bu durumun 0-5 cm’de tersine dönmüş olması santralin hemen yakınındaki topraklarda, asit fosfataz enziminin yüzeyde önemli derecede emisyonlardan etkilendiğini göstermektedir. Derinliğe bağlı olarak aktivitedeki değişimler varyans analiz sonuçlarına göre % 5 hata düzeyinde önemli bulunmuştur.

Genel olarak, köylerle hakim rüzgar yönünden alınan topraklar kıyaslanacak olursa hakim rüzgar

yönünde aktivitelerin daha düşük olduğu, K. Höyük, Kapılı ve Alemdar dışında kalan köylerden alınan toprakların normalin üstünde asit fosfataz aktivitesi gösterdiği görülmektedir. Derinliğe bağlı olarak da normal koşullara benzer şekilde yüzeyden profil derinliğine inildikçe aktivitelerde azalma belirlenmiştir.

Hakim rüzgar yönünden ve santral çevresindeki köylerden alınan toprakların asit fosfataz aktiviteleri ile toprakların iz element ve ağır metal içerikleri ile bazı önemli toprak özellikleri arasında belirlenen doğrusal ilişki katsayıları Tablo 2’de verilmiştir.

Tablo 2. Santral Bölgesinden Alınan Toprakların Asit ve Alkali Fosfataz Aktiviteleri ile Bazı İz Element ve Ağır Metal Kapsamları ve Önemli Toprak Özellikleri Arasındaki Doğrusal İlişki Katsayıları (r)

Element Adı	Asit Fosfataz Aktivitesi		Alkali Fosfataz Aktivitesi	
	Hakim Rüzgar Yön. Topraklar	Köylerden Alınan Topraklar	Hakim Rüzgar Yön. Topraklar	Köylerden Alınan Topraklar
Toplam kükürt	- 0.795***	- 0.114	- 0.559***	+ 0.348**
Alınabilir kükürt	- 0.631***	+ 0.021	- 0.375**	- 0.248
Toplam demir	+ 0.243	+ 0.020	+ 0.081	+ 0.259*
Alınabilir demir	- 0.016	+ 0.431***	+ 0.193	+ 0.657***
Toplam çinko	- 0.679***	- 0.209	- 0.410***	- 0.144
Alınabilir çinko	- 0.441***	+ 0.245	- 0.233	+ 0.038
Toplam bakır	- 0.518***	+ 0.042	- 0.469***	- 0.131
Alınabilir bakır	- 0.368**	+ 0.351**	- 0.286*	+ 0.133
Toplam mangan	- 0.404**	- 0.018	- 0.292*	- 0.204
Alınabilir mangan	- 0.424***	+ 0.334**	- 0.378**	+ 0.220
Toplam kadmiyum	- 0.451***	- 0.296 *	- 0.304*	- 0.362**
Alınabilir kadmiyum	- 0.157	- 0.321**	- 0.256*	- 0.356**
Toplam kurşun	- 0.729***	- 0.195	- 0.626***	- 0.337**
Alınabilir kurşun	- 0.222	- 0.314**	- 0.284*	- 0.190
Toplam nikel	- 0.458***	- 0.095	- 0.212	- 0.338**
Alınabilir nikel	- 0.227	- 0.198	- 0.297*	- 0.050
pH	+ 0.297*	+ 0.097	+ 0.136	+ 0.164
Kireç	- 0.188	- 0.315**	- 0.184	+ 0.265*
Organik madde	+ 0.675***	+ 0.15	+ 0.077	+ 0.001
Azot	- 0.415***	- 0.079	- 0.358**	- 0.154
KDK	- 0.288*	- 0.101	- 0.226	- 0.316**

\*\*\* = % 0.1 önemli, \*\* = % 1 önemli, \* = % 5 önemli

Tablo 2’ye göre, hakim rüzgar yönünden alınan toprakların asit fosfataz aktiviteleri ile toplam ve alınabilir S, Zn, Cu, Mn, toplam Cd, toplam Pb ve al Ni arasında % 0.1 hata düzeyinde, alınabilir Cd arasında % 1 hata düzeyinde ve alınabilir Ni ve Pb arasında da % 5 düzeyinde önemli negatif ilişki belirlenmiştir. Asit fosfataz aktivitesi ile toplam ve alınabilir Fe arasında belirlenen doğrusal ilişki katsayıları ise istatistiki olarak önemli bulunmamıştır. Toprakların asit fosfataz aktiviteleri ile organik madde arasında % 0.1 hata düzeyinde, pH ile % 1 düzeyinde önemli pozitif, azot arasında % 0,1 hata düzeyinde, KDK ile de % 1 hata düzeyinde önemli negatif ilişki belirlenmiştir. Asit fosfataz aktivitesi ile kireç ve kil kapsamları

arasında belirlenen doğrusal ilişki katsayıları ise istatistiki yönden güvenilir düzeyde bulunmamıştır.

Santral çevresindeki köylerden alınan toprakların asit fosfataz aktivite değerleri ile alınabilir Mn ve Cu arasında % 1, toplam ve alınabilir Cd ile alınabilir Pb ve kireç arasında da % 5 hata düzeyinde önemli negatif ilişki, alınabilir Fe ile % 0.1, kil kapsamı ile de % 5 hata düzeyinde önemli pozitif ilişki belirlenmiştir. Asit fosfataz aktivitesi ile toplam ve alınabilir S, Ni ve Zn, toplam Cd, Mn ve Pb, organik madde, azot, KDK ve pH arasında belirlenen doğrusal ilişki katsayıları ise istatistiki yönden güvenilir düzeyde olmamıştır.

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  $\mu\text{mol g}^{-1}$  düzeyindeki Cd'un asit fosfataz aktivitesini % 5, Cu'nun % 32, Zn'nun % 19, Ni ve Pb'un % 11 ve Mn'in % 16 oranında inhibe ettiğini belirlemiştir.

Freedman (1978) ve Freedman and Hutchinson (1980), emisyon kaynağından uzaklaştıkça asit fosfataz aktivitesinin arttığını, kaynağa 1.5 km uzaklıkta aktivitenin % 50 oranında daha az bulunduğunu açıklamışlardır.

### 3. 3. Alkali Fosfataz Enzim Aktivitesi

Analizi yapılan örneklerin alkali fosfataz aktiviteyi genellikle asit fosfataz aktivitesine nazaran daha yüksektir. Bu duruma toprak reaksiyonunun etki yaptığı düşünülebilir. Çünkü asit fosfatazın optimum pH'sı 5, alkali fosfatazın 9.6'dır.

Elde edilen değerlerin istatistiki analizleri yapıldığında, bütün dönemlerde santralden uzaklaştıkça alkali fosfataz aktivitesi artışı % 5 hata düzeyinde önemli bulunmuştur. 1. dönem hariç diğer dönemlerde yüzey toprağının alkali fosfataz aktiviteyi 0.5 km'de en az, 30. km'de ise en fazla bulunmuştur. 1. dönemde ise yine 0.5. km'de en az aktivite değerleri bulunurken, 9. km'de en fazla aktivite gözlenmiştir.

Derinliğe bağlı olarak alkali fosfataz aktivitesi incelendiğinde ise asit fosfataz aktivitesinde olduğu gibi 0.5 km'de örneklerin alkali fosfataz aktiviteyi yüzeyden derine doğru artarken, diğer uzaklıktaki örneklerde normal koşullarda olduğu gibi derine inildikçe aktivitede azalma gözlenmiştir. Bu değerlere göre Kışla, K. Elbistan, Izgın, K. Höyük, ve kısmen Balıkcıl köylerinde fosfataz aktiviteyi normal ve normalin üstü değerlerde olduğu, Alemdar ve Kapılı köyü topraklarının ise normal değerlerin altında kaldığı görülmektedir.

Hakim rüzgar yönünden ve santral çevresindeki köylerden alınan toprakların alkali fosfataz aktiviteyi ile toprakların iz element ve ağır metal içerikleri ile bazı önemli toprak özellikleri arasında belirlenen doğrusal ilişki katsayıları Tablo 2'de verilmiştir. Buna göre; hakim rüzgar yönünden alınan toprakların alkali fosfataz aktiviteyi ile toplam ve alınabilir S, toplam Zn, toplam Cu, alınabilir Mn ve toplam Pb arasında % 0.1, alınabilir Ni arasında % 1 ve alınabilir Cu, toplam

Mn, toplam Cd, alınabilir Pb ve toplam Ni arasında da % 5 düzeyinde önemli negatif ilişki belirlenmiştir. Alkali fosfataz aktivitesi ile toplam ve alınabilir Fe arasında belirlenen doğrusal ilişki katsayıları ise istatistiki yönden güvenilir düzeyde olmamıştır. Toprakların alkali fosfataz aktiviteyi ile azot arasında % 0.1 düzeyinde, KDK ile de % 5 düzeyinde önemli negatif ilişki belirlenirken, pH, kireç, organik madde ve kil kapsamı arasında belirlenen doğrusal ilişki katsayıları istatistiki yönden güvenilir düzeyde olmamıştır.

Santral çevresindeki köylerden alınan toprakların alkali fosfataz aktivitesi ile toplam ve alınabilir Cd, toplam Ni ve Pb arasında % 1 ve alınabilir S ve KDK ile de % 5 hata düzeyinde önemli negatif ilişki, alınabilir Fe ile % 0.1, toplam S ile % 1 ve toplam Fe ve kireç ile de % 5 hata düzeyinde önemli pozitif ilişki belirlenmiştir. Alkali fosfataz aktivitesi ile toplam ve alınabilir Zn, Cu, Mn, alınabilir Pb ve Ni, organik madde, azot, kil ve pH arasında belirlenen doğrusal ilişki katsayıları ise istatistiki yönden güvenilir düzeyde olmamıştır.

Santralden uzaklaştıkça alkali fosfataz aktivitesindeki artış ve hakim rüzgar yönündeki topraklarda, bazı iz element ve ağır metaller arasındaki % 0.1 düzeyinde önemli negatif ilişki toprakların biyolojik yönden baca emisyonlarından, uçucu küllerden ve parçacıklardan etkilendiğini açıkça göstermektedir.

Pichel and Hayes (1990), Hindistan'da bulunan termik santralden kaynaklanan uçucu küllerin % 5 ve 10 dozlarında uygulanması sonucunda toprakların alkali fosfataz aktivite değerlerinin önemli ölçüde azaldığını belirtmişlerdir.

### 3. 4. Karbon Dioksit (CO<sub>2</sub>) Çıkışı

Yapılan varyans analiz sonuçlarına göre, uzaklığa ve derinliğe bağlı olarak CO<sub>2</sub> çıkışı değişimleri  $P < 0.05$  hata düzeyinde önemli bulunmuştur. 4 ayrı dönemin hepsinde de en yüksek CO<sub>2</sub> değerleri 6. km'de belirlenmiştir. Bunun dışındaki mesafelerde CO<sub>2</sub> çıkışı değerlerinde çok belirgin bir dağılım görülmemiştir. 0.5 km'den 2.5 km'ye kadar CO<sub>2</sub> çıkışında azalma, buradan 6. km'ye kadar önemli artış ve tekrar önemli derecede azalma gözlenmiştir.

Santral çevresindeki köylerden alınan toprak örneklerinde genel olarak bütün dönemlerde ve derinliklerde en düşük CO<sub>2</sub> çıkışı Kapılı, en yüksek ise Izgın ve K. Höyük köylerinden alınan topraklarda belirlenmiştir. Köylerden alınan topraklarda da derinliğe bağlı olarak yine CO<sub>2</sub> çıkışı azalmaktadır. Ayrıca hakim rüzgar yönündeki

değerlerden çok düşük veya çok yüksek denilebilecek derecede önemli bir fark görülmemektedir.

Hakim rüzgar yönünden ve santral çevresindeki köylerden alınan toprakların CO<sub>2</sub> çıkışı ile toprakların iz element ve ağır metal içerikleri ile bazı önemli toprak özellikleri arasında belirlenen doğrusal ilişki katsayıları Tablo 1'de verilmiştir. Tablo 1'e göre; hakim rüzgar yönünden alınan toprakların CO<sub>2</sub> çıkışı ile toplam Mn arasında % 0.1 düzeyinde, alınabilir Mn ile de % 1 hata düzeyinde önemli negatif ilişki belirlenmiştir. CO<sub>2</sub> çıkışı ile toplam ve alınabilir S, Fe, Zn, Cu, Mn, Cd, Pb ve Ni arasında belirlenen doğrusal ilişki katsayıları ise istatistiki yönden güvenilir düzeyde olmamıştır. Bu sonuçlara göre de topraklarda CO<sub>2</sub> çıkışı ile sadece Mn arasında negatif bir ilişki belirlenmiştir. Toprakların CO<sub>2</sub> çıkışı ile kil kapsamı ve KDK arasında % 0.1, organik madde ile de % 1 hata düzeyinde önemli negatif ilişki belirlenirken, azot ile % 5 hata düzeyinde önemli pozitif ilişki belirlenmiştir. pH ve kireç ile belirlenen doğrusal ilişki katsayıları ise istatistiki yönden güvenilir düzeyde olmamıştır.

Santral çevresindeki köylerden alınan toprakların CO<sub>2</sub> çıkışı ile organik madde arasında % 0.1 düzeyinde, KDK ile % 1 hata düzeyinde ve toplam Zn ve Ni arasında da % 5 hata düzeyinde negatif ilişki belirlenirken, toplam ve alınabilir S, alınabilir Fe arasında % 1 ve alınabilir Cu ve Mn ve Ni arasında ise % 5 hata düzeyinde önemli pozitif ilişki belirlenmiştir. CO<sub>2</sub> çıkışı ile toplam Fe, alınabilir Zn, Cd ve Pb, toplam Cu ve Mn, azot, kil, kireç ve pH arasında belirlenen doğrusal ilişki katsayıları da istatistiki yönden güvenilir düzeyde olmamıştır.

Ağır metallerin toprak biyolojik parametreleri üzerine etkilerinin araştırılması çalışmalarında en çok CO<sub>2</sub> parametresi ele alınmaktadır. Termik santralden yayılan uçucu küllerin topraklarda Ağır metallerin toprak biyolojik parametreleri üzerine etkilerinin araştırılması çalışmalarında en çok CO<sub>2</sub> çıkışı parametresi ele alınmaktadır. Termik santralden yayılan uçucu küllerin topraklarda etkileri çalışmalarında da çoğunlukla CO<sub>2</sub> çıkışı araştırılmıştır.

Arthur et al., (1983), 400 ton ha<sup>-1</sup> uçucu kül ilavesinde 37. günün sonunda toprakta CO<sub>2</sub> çıkışının tamamıyla durduğunu, buna karşın 0 ve 100 ton ha<sup>-1</sup> uçucu kül ilavesinde ise CO<sub>2</sub> çıkışının devam ettiğini belirtmişlerdir.

Wong and Wong (1986), termik santral uçucu küllerinin toprağın mikrobiyolojik aktivitesi üzerine etkilerini araştırmışlar ve parametre olarak CO<sub>2</sub>

çıkışını seçmişlerdir. Araştırmacılar % 6-12 düzeylerinde uçucu kül ilavesinin toprakta CO<sub>2</sub> çıkışını tamamıyla inhibe ettiğini ve uçucu küldeki elementler ile toprak CO<sub>2</sub> çıkışı arasında % 0.1 ( $r = - 0.9904$ ) hata düzeyinde önemli negatif ilişki belirlemişlerdir.

Pichtel (1989), alkali karakterdeki uçucu küllerin asit niteliktekilere oranla daha fazla Cd, Cu, Mn, Ni ve Zn içerdiğini ve CO<sub>2</sub> çıkışını engellediğini belirtmiştir.

Pichtel and Hayes (1990), Hindistan'da bulunan termik santralden kaynaklanan uçucu küllerin % 5 ve 10 dozlarında uygulanması sonucunda toprakların CO<sub>2</sub> çıkış miktarlarının önemli ölçüde azaldığını belirtmişlerdir.

Sarıgül (1991), tarafından Yatağan Termik Santralının yöredeki topraklarda meydana getirdiği zararı belirlemek amacıyla yürüttüğü çalışmada topraktaki CO<sub>2</sub> çıkışının önemli ölçüde azalma gösterdiğini ve topraktaki ele alınan parametrelerin santral emisyonlarından etkilenme derecesinin kirletici kaynaktan uzaklığa, baca yüksekliğine ve hakim rüzgar yönüne bağlı olduğunu belirtmiştir

Enerji kaynaklarımızın önemli bir kısmını oluşturan linyitlerin düşük kaliteli olmaları nedeniyle önemli çevre sorunları yarattığını ve çevresine etkili miktarlarda zararlı maddeler yaydığı bu çalışmada da kısmen belirlenmiştir. Ancak ulusal kaynaklarımızı değerlendirmek zorunda oluşumuz ve diğer enerji kaynaklarına göre kömürün elimizde bulunan en fazla potansiyele sahip enerji kaynağı olması nedeniyle, özellikle linyitlerin çevreyi en az kirletecek şekilde kullanımı için yanma öncesi, yanma sırasında ve yanma sonrasındaki teknolojilerin incelenmesi, geliştirilmesi ve ülke koşullarına uyarlanması gerekmektedir. Yanlış alan ve yanlış teknoloji yüzünden, kurulduğundan bugüne değin çevresindeki tüm varlıklara (insan, toprak, su, hava ve bitki) sürekli zarar vermekte olan Afşin-Elbistan Termik Santralının zararlarının en aza indirgenmesi zorunludur.

#### 4. TEŞEKKÜR

Bu çalışma Ankara Üniversitesi Araştırma Fonu ile TÜBİTAK tarafından desteklenmiş olup, doktora tezinden alınmıştır.

#### 5. KAYNAKLAR

Arthur, M. F., Zwick, T.C., Tolle, A. and Vanvoris, P. 1983. Effectes of Fly Ash on Microbial Carbondioksided Evolution From an

Agricultural Soil. Water, Air and Soil Pollution. 22, 209-16.

Baker, D. E. and Amacher, M. C. 1982. Ni, Cu, Zn and Cd. Methods of Soil Analysis, Part 2. Chemical and Microbiological Properties. Agronomy, Monograph. No 9, ASA-SSSA. Madison, Wisconsin. USA, 323-36.

Bouyoucus, G. O. A. 1951. Recalibration of the Hydrometer Method for Making Mechanical Analysis of Soils. Agronomy Journal, 43, 434-38.

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.

Domsch, K. H., Jagnow, G. and Anderson, T. H. 1983. An Ecological Concept for the Assessment of Side Effects of Agrochemicals on Soil Microorganisms. Residue Rev, 86, 65-105.

Freedman, B. 1978. Effects of Smelter Pollution Near Sudbury, Ontario, Canada on Surrounding Forested Ecosystems. Ph.D.Thesis, Univ. of Toronto.

Freedman, B. and Hutchinson, T. C. 1980. Pollutant Inputs from the Atmosphere and Accumulations in Soils and Vegetation Near a Nickel-Copper Smelter at Sudbury, Ontario, Canada. Can. J. Bot. 58, 108-32.

Grewelling, T. and Peach, M. 1960. Chemical Soil Tests. Cornell. Univ. Agr. Exp. Sta. Bull. 960.

Hızalan, E. ve Ünal, H. 1966. Topraklarda Önemli Kimyasal Analizler. A. Ü. Zir. Fak. Yayınları. 278, Yardımcı Ders Kitabı: 97. A. Ü. Basımevi, Ankara.

Hoefl, R. G., Walsh, L. M. and Keeney, D. R. 1973. Evaluation of Various Extractants for Available Soil Sulfur. Soil Sci. Soc. Amer. Proc., 37, 401-404.

Hoffman, G. G. and Teicher, K. 1957. Das Enzyme System Unserer Kultur Boden 7, Proteçsan. 11. Zeitschrift Für Pflanzonernahrung und Bodenkunde. 77 (122), Band.

Hofmann, E. and Hoffman, G. G. 1966. Die Bestimmung Der Biologischen Tatigkeit in Boden mit Enzymethoden. Reprinted From Advance in Enzymology and Related Subject of Biochemistry. 28, 365-90.

Isermayer, H. 1952. Eine Einfache Methode Zur Bestimmung der Bodenatmung und Karbonate in Boden. Z. Pflanzenernaehrung, Düngüg und Bodenkunde, 56, 26-8.

Jackson, M. L. 1962. Soil Chemical Analysis. Prentice - Hall, Inc. New York.

Johnson, C. M. and Nishita, H. 1952. Microestimation of Sulfur in Plant Materials, Soils and Irrigation Waters. Anal. Chem., 24, 736-42.

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.

Mc Quaker, N. R. and Gurney, M. 1977. Determination of Total Fluoride in Soil and Vegetation Using in Alkali Fusion Selective Ion Electrode Technique. Analytical Chemistry, 49, 53-6.

Öztan, B. ve Ülgen, H. 1961. Satürasyon Macununda ve Ekstraktında Tuz Tayinleri. Toprak ve Gübre Araştırma Ens. Müdürlüğü Yayınları, Teknik Yayın No 7, Ankara.

Pichel, J. R. 1989. Microbial Respiration in Fly Ash/ Sewage Sludge Amended Soils. Environ. Poll., 63, 225-37.

Pichel, J. R. and Hayes, J.M. 1990. Influence of Fly Ash on Soil Microbial Activity and Populations. J. Environ. Qual., 19, 593-97.

Richards, L. A. 1954. Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soils. U. S. Dept. Agr. Handbook, No. 60, 110-8.

Sarıgül, M. 1991. Hava Kirliliğinin Muğla Yatağan Bölgesinde Orman Toprağı ve Ağaçları Üzerine Etkisi. Ormancılık Araştırma Ens. Yayınları Teknik Bülten, Technical Bull. No. 217, 48.

Tyler, G. 1976. Heavy Metal Pollution, Phosphatase Activity, and Mineralization of Organic Phosphorus in Forest Soils. Soil Biol. Biochem., 8, 327-32.

Wong, M. H. and Wong, J. W. C. 1986. Effects of Fly Ash on Soil Microbial Activity. Environ. Poll. Series A, 49, 127-44.

Yeşilsoy, M. Ş. ve Güzelış, İ. 1983. Toprakta Özgül Ağırlık ve Hacim Ağırlığı Tayin Metodları. Toprak ve Gübre Araştırma Enst. Teknik Yayınları, Ankara.

Yurtsever, N. 1984. Deneyisel İstatistik Metodları. Tarım Orman ve Köyişleri Bakanlığı, Köy Hiz. Gen. Md. Yayınları, No: 623, Ankara.