



ORTA DOĞU TEKNİK ÜNİVERSİTESİ  
MIDDLE EAST TECHNICAL UNIVERSITY

DOĞU KARADENİZ VE BATI  
KARADENİZ ATMOSFERİ  
AEROSOLLERİ KİMYASAL  
KOMPOZİSYONUNUN  
KARŞILAŞTIRILMASI

İlker BALCILAR, Abdullah ZARARSIZ, Yakup  
KALAYCI, Güray DOĐAN, Gürdal TUNCEL

6. ULUSAL HAVA KİRLİLİĞİ VE KONTROLÜ  
SEMPOZYUMU

7-9 EKİM 2015

İZMİR

# **İÇİNDEKİLER**

- 1. GİRİŞ**
- 2. MATERYAL ve METOD**
  - 2.1. Örnekleme İstasyonu**
  - 2.2. Örnekleme Sistemi**
- 3. SONUÇLAR**
  - 3.1. Faktör Analizi**
- 4. Özet**



# 1. GİRİŞ

- Aerosollerin atmosferdeki konsantrasyonları ve kompozisyonları, doğal ve antropojenik emisyonlara, çökme, taşınma, hava kütlelerinin bölgesel dönüşümü gibi iklimsel koşullara, söz konusu noktanın kaynaklara uzaklıklarına, bitki örtüsüne ve bunlar gibi pek çok coğrafik, demografik ve meteorolojik faktöre bağlıdır. Bu faktörler dünya üzerinde bir yerden diğerine büyük farklar gösterdiğinden aerosollerin özellikleri de benzer şekilde değişmektedir.
- Kirleticilerin hava yoluyla bölgesel olarak taşınması ve bu şekilde orman göl ekosistemlerine zarar vermesi geçmiş yıllarda Avrupa'da ve dünyanın diğer bölgelerinde önemli gündem maddelerinden birisini oluşturmuştur. Bunun en önemli göstergesi, bundan 30 yıl kadar önce Türkiye'nin de aralarında bulunduğu Avrupa Ülkeleri tarafından imzalanan Kirliliğin Atmosfer Yoluyla Sınırlar Ötesi Taşınımı Anlaşması'dır. Dünyanın birçok bölgesinde çok kapsamlı çalışmalara yol açan bölgesel hava kirliliği kavramı, Türkiye'nin de içerisinde bulunduğu Akdeniz bölgesinde de benzer bir çaba ile çalışmaların yapılması sonucunu doğurmuştur. Bunun sonucu olarak da bu gün Doğu Akdeniz bölgesinde, Akdeniz ve Ege bölgelerinde yapılmış pek çok çalışma mevcuttur ve bu bölgelerle ilgili oldukça önemli bir bilgi birikimi oluşmuştur



# 1. GİRİŞ

- Ancak Karadeniz bölgesi için aynı şeyi söylemek mümkün değildir. Karadeniz havzasında yapılan çalışmalar diğer bölgelerinde yapılan çalışmalara kıyasla daha sınırlıdır ve mevcut çalışmaların birçoğu kentsel bölgelerde yapılmıştır . Doğu Karadeniz bölgesinde durum daha da vahimdir.
- Karadeniz havzasının önemli kirletici kaynakları ile çevrelenmiş olmasına rağmen bu bölgedeki mevcut aerosol popülasyonunun kimyasal ve fiziksel özellikleri ve kaynakları hakkında bilginin sınırlı olması önemli bir eksiklikdir. Bu amaçla Türkiye'nin Doğu ve Batı Karadeniz havzasında bulunan iki farklı kırsal istasyonda örnekleme yapılmıştır.
- Batı Karadeniz (Kırklareli) istasyonu Türkiye'yi etkileyen tüm hava kütlelerin %70'inin Türkiye'ye giriş yaptığı Bulgaristan sınırında kurulmuştur.
- Doğu Karadeniz (Torul) istasyonu ise Türkiye'nin Doğu Karadeniz kıyı bölgesinde kurulmuştur. Bu bölgenin Sovyetler Birliği döneminden kalan ve kirletici emisyonları çok yüksek endüstri bölgelerinin etkisi altında olduğuna dair çeşitli belirtiler mevcuttur.



## 2. MATERYAL ve METOD

### • 2.1. Örnekleme İstasyonu



- Batı Karadeniz istasyonu Kırklareli'ne bağlı Dereköy kırsalında ( $41^{\circ}58'00''N$   $27^{\circ}23'36''E$ ) olup Bulgar sınırına 10 km mesafededir. Kırklareli'ne mesafesi ise 30 km kadardır. Karadeniz'e uzaklığı ise yaklaşık olarak 50 km kadardır. İstasyonun denizden yüksekliği 574 metredir. İstasyonu çevreleyen 50 km'lik çap içerisinde herhangi bir önemli endüstriyel aktivite bulunmamaktadır.
- Doğu Karadeniz istasyonu ise Gümüşhane'nin Torul ilçesinin yaklaşık 7 km kuzeydoğusunda yer alan orman odun deposu ( $40^{\circ}32'34''N$   $39^{\circ}16'57''E$ ) kurulmuştur. İstasyonun denize uzaklığı yaklaşık 70 km olup denizden yüksekliği 1150 metredir. İstasyonu çevreleyen 50 km'lik çap içerisinde herhangi bir önemli endüstriyel aktivite bulunmamaktadır.

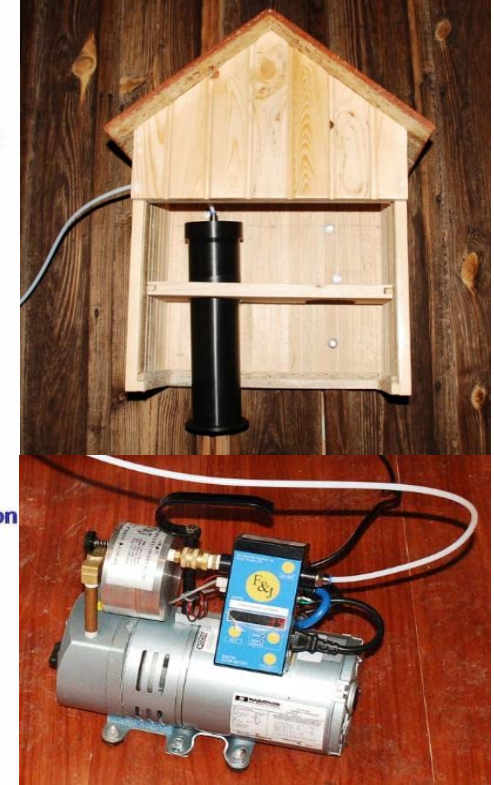
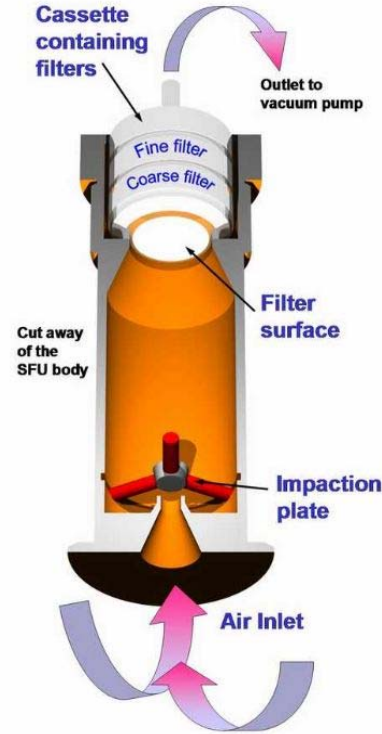


## 2. MATERYAL ve METOD

### 2.2. Örnekleme Sistemi

Her iki istasyonda da kaba (PM<sub>2,5-10</sub>) ve ince (PM<sub>2,5</sub>) boyut dağılımlı partikül madde örnekleri Stacked Filter Unit (SFU) kullanılarak toplanmıştır. Örnekleme sisteminin temeli artarda konmuş gözenek boyutu farklı iki filtreden 16,7 L dakika<sup>-1</sup> hızla hava çekildiğinde, çapı 2,5 µm den büyük parçacıkların ön, PM<sub>2.5</sub> parçacıkların ise arka filtrede toplanması prensibine dayanmaktadır. Partikül madde örneklemesinde 47 mm çapında kaba ve ince gözenekli iki tip polikarbonat nükleopore membran filtre kullanılmıştır. Kaba gözenekli filtrelerin gözenek çapı 8 µm, ince gözenekli filtrelerin gözenek çapı ise 0,4 µm'dir.

Boyut dağılımlı partikül madde örnekleri istasyonlarda 24 saatlik periyotlar şeklinde toplanmıştır. Örnekleme Mart 2011 ve Aralık 2012 arasında gerçekleştirilmiştir. Bu süre zarfında her bir istasyonda 300 günlük boyut dağılımlı partikül madde örnekleri toplanmıştır.



## 2. MATERYAL ve METOD

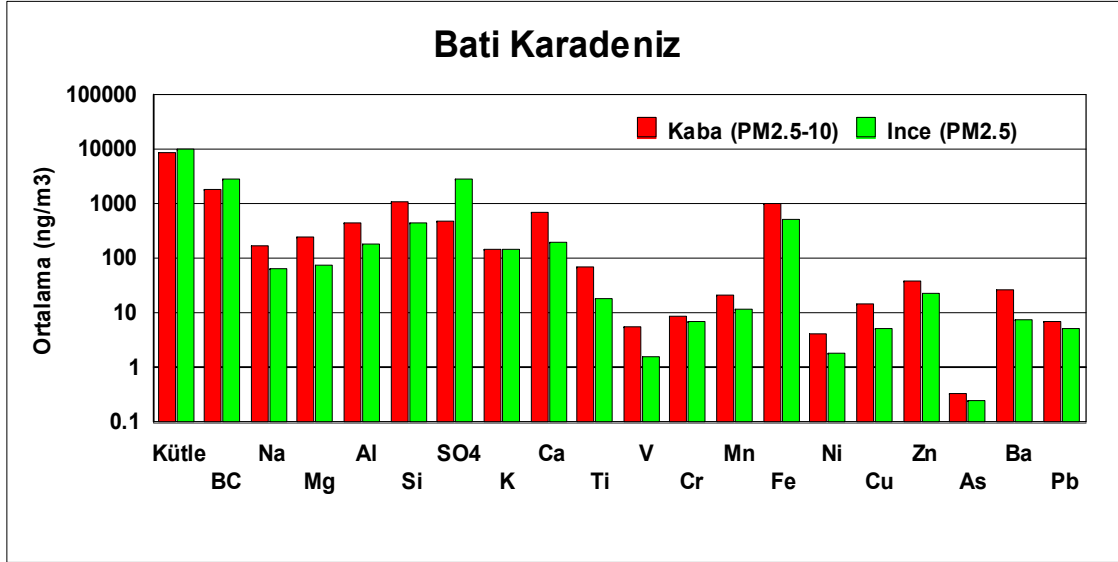
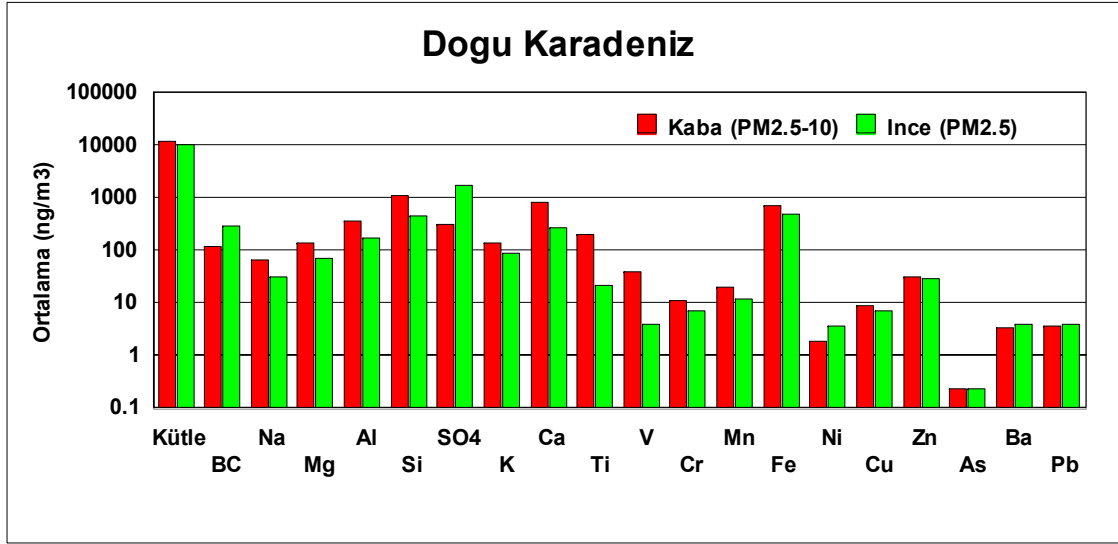
Her iki istasyonda da toplanan partikül madde örneklerinde Na, Mg, Al, Si, S, K, Ca, Ti, V, Cr, Mn, Fe, Ni, Cu, Zn, As, Ba, Pb eser element düzeyleri, Enerji Saçılımlı X-ışınları Floresans Spektrometresi (EDXRF) ile ölçülmüştür.

Toplanan aerosol örneklerinin hepsinde bu eser elementlerin yanında Atelometre cihazı kullanılarak elemental karbon ölçümü de yapılmıştır.





### 3. SONUÇLAR



Doğu Karadeniz istasyonunda ölçülen element konsantrasyonları As ve  $SO_4^{2-}$  için  $0.44 \text{ ng m}^{-3}$  -  $2216 \text{ ng m}^{-3}$  aralığında, Batı Karadeniz istasyonunda ise yine As ve  $SO_4^{2-}$  için  $0.55 \text{ ng m}^{-3}$ -  $3416 \text{ ng m}^{-3}$  aralığında değiştiği gözlenmiştir. Her iki istasyon için de elementleri 3 farklı grupta değerlendirmek mümkündür.

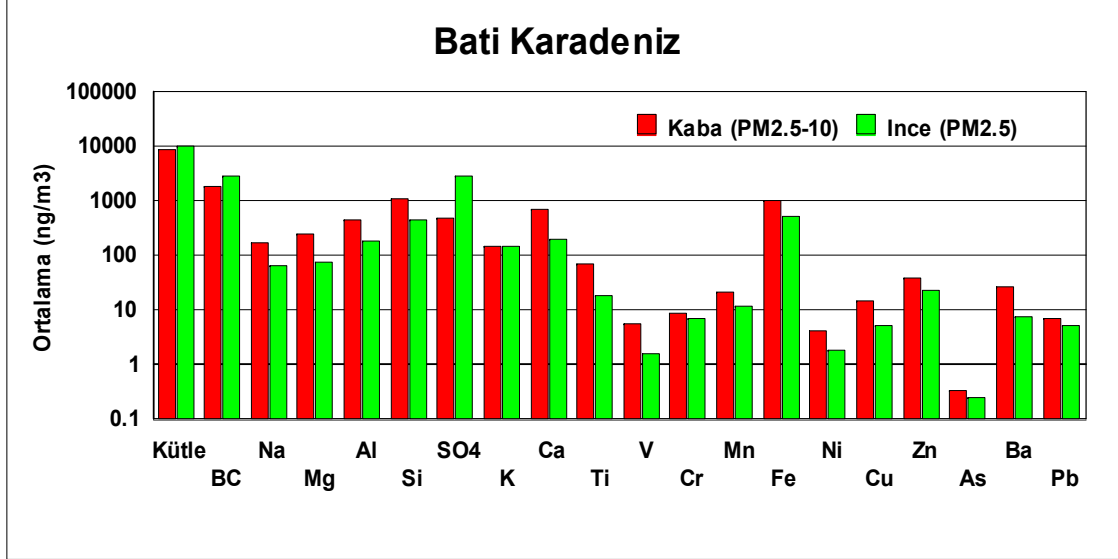
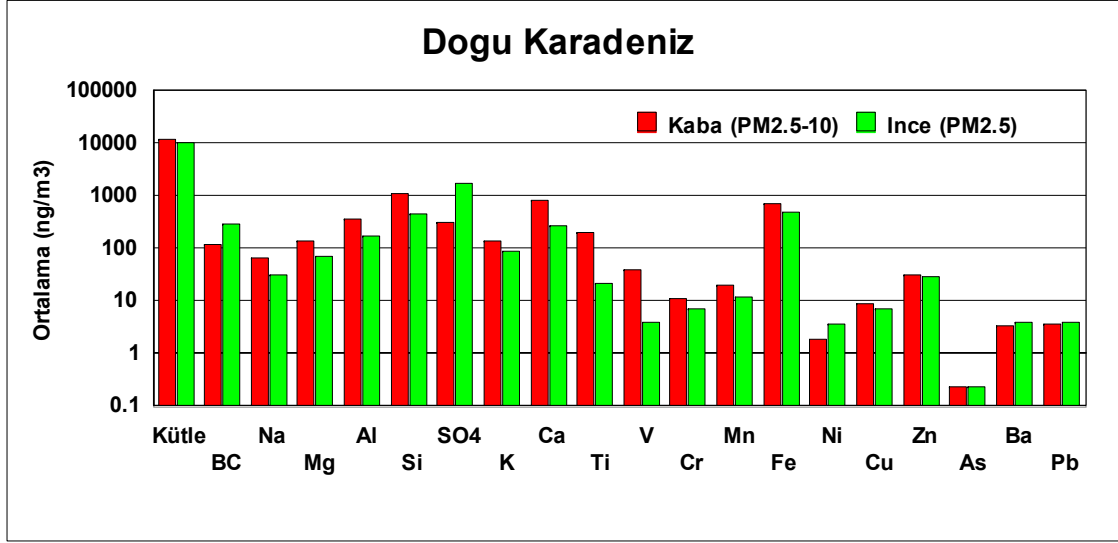
Birinci grubu Al, Fe gibi toprak kökenli elementler oluşturmaktadır. Her iki istasyonda da toprak kökenli bu elementlerin konsantrasyonları kaba fraksiyonda daha yüksektir.

İki istasyonda toprak kökenli Al ve Fe konsantrasyonları karşılaştırıldığında Batı Karadeniz atmosferinde bu elementlerin daha yüksek düzeyde olduğu görülmektedir. Daha önce yapılan çalışmalarda bu bölgenin özellikle Kuzey Afrika'dan kaynaklanan Sahra tozu etkisi altında olduğu gösterilmiştir.





### 3. SONUÇLAR

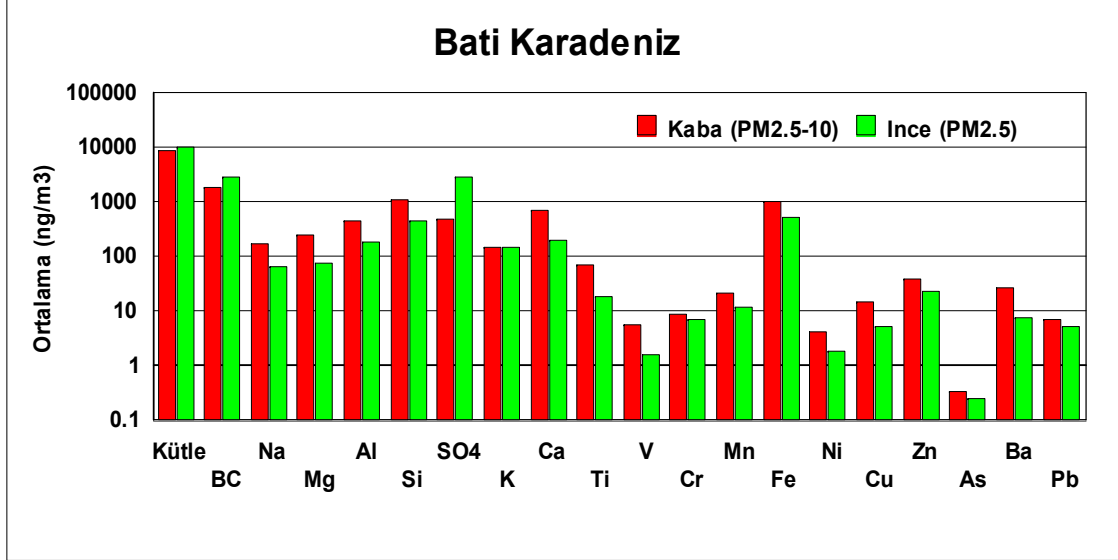
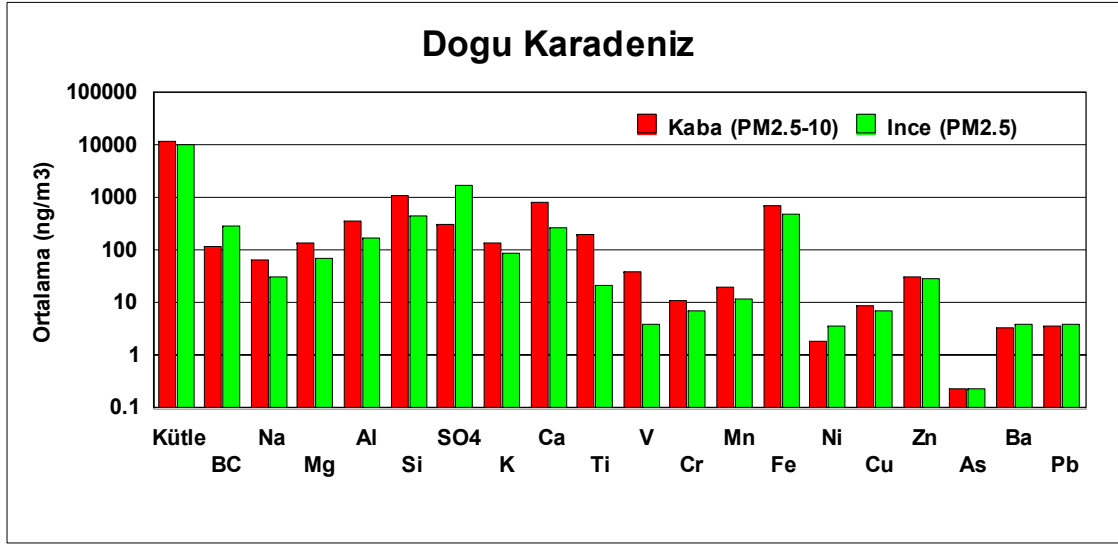


İkinci grup elementler ise Na ve Mg gibi deniz tuzu elementleridir. Bu elementler de yine beklenildiği gibi her iki istasyonda da kaba fraksiyonda daha yüksek düzeyde gözlenmiştir.

Doğu ve Batı Karadeniz istasyonlarında ölçülen deniz tuzu elementleri karşılaştırıldığında Batı Karadeniz istasyonunda bu elementlerin daha yüksek olduğu gözlenmektedir. Bu duruma iki istasyonun denize olan farklı uzaklıklarının neden olduğu düşünülmektedir.



### 3. SONUÇLAR



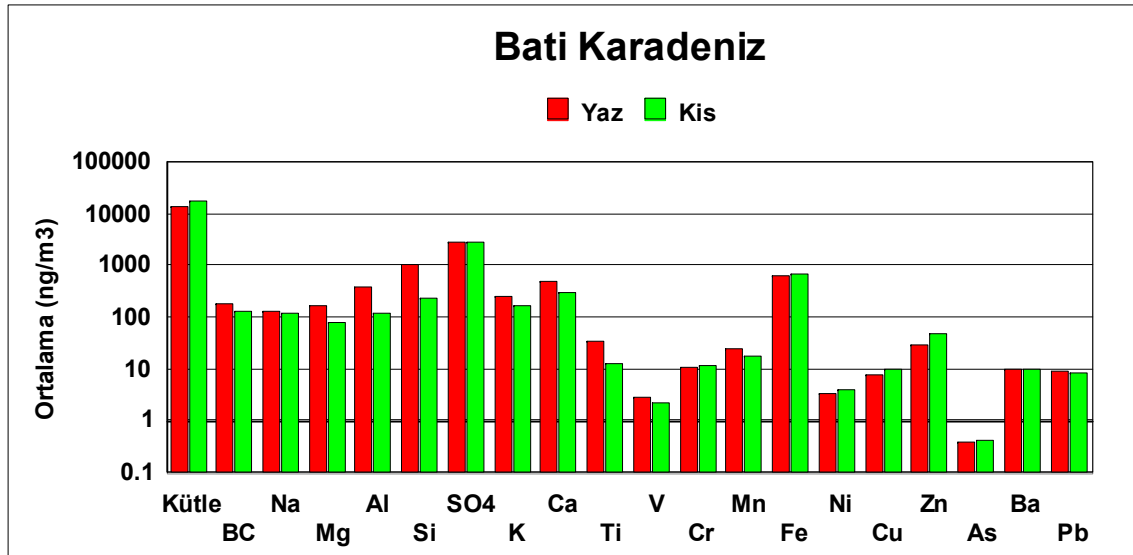
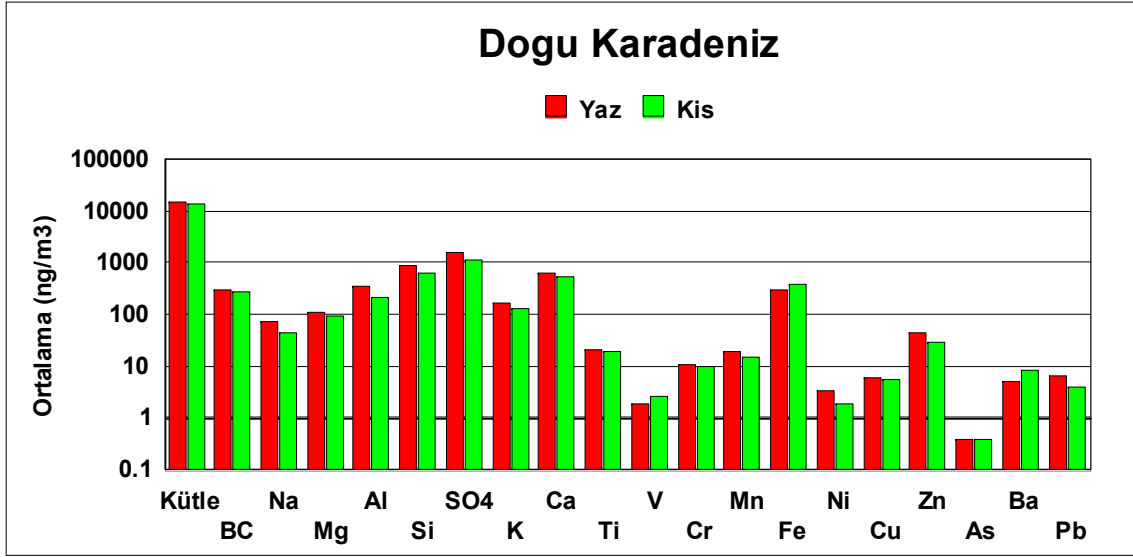
Üçüncü grup elementler ise hava kirliliği açısından önemli bir yer teşkil eden antropojenik kökenli elementlerden oluşmaktadır. Her iki istasyonda da Pb, As, Zn, Mn, Cr, Cu gibi antropojenik kaynaklı elementlerin kaba fraksiyon konsantrasyonlarının daha yüksek olduğu gözlenmiştir.

Her iki istasyonda ölçülen antropojenik kökenli elementlerin konsantrasyonları karşılaştırıldığında Cu, Zn, As ve  $SO_4^{2-}$  'ın Batı Karadeniz atmosferinde daha yüksek düzeylerde gözlenmiştir.

Doğu Karadeniz atmosferinde ise Mn ve Cr gibi metalürji ve ergitme endüstrilerinden kaynaklanan eser element konsantrasyonlarının daha yüksek olduğu görülmüştür.



### 3. SONUÇLAR



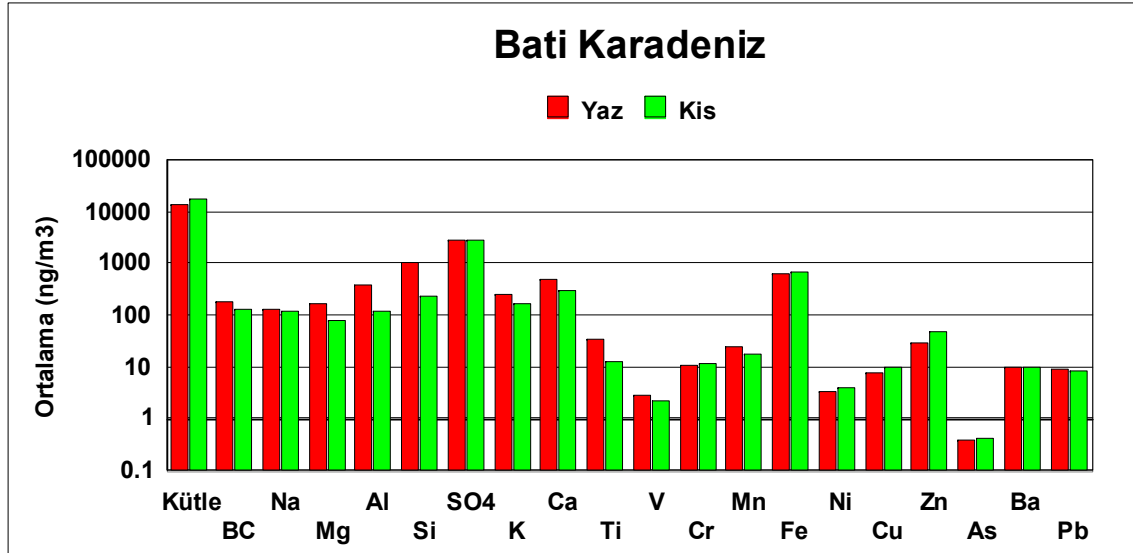
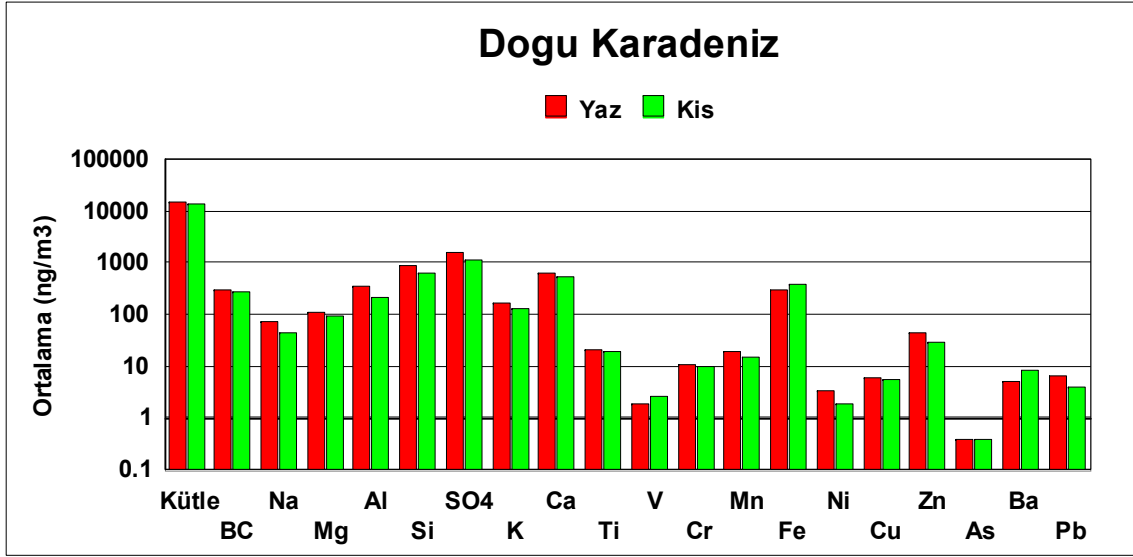
- **Mevsimsel Değişim**

Her iki istasyonda da Al ve Si gibi toprak kökenli elementlerin yaz mevsimi konsantrasyonları kışa nazaran 1,5 – 2 kat daha yüksektir. Bu da toprak parçacıklarının oluşumundaki mevsimsel değişimleri işaret etmektedir.

Antropojenik elementlerin Doğu Karadeniz istasyonundaki mevsimsel değişimleri Batı Karadeniz istasyonundaki mevsimsel değişimlere benzemektedir. Tek önemli fark Cu'ın konsantrasyonlarının As de olduğu gibi kış mevsiminde yüksek olmasıdır. Bu da, lokal bir Cu kaynağının olabileceğini gösteriyor olabilir.



### 3. SONUÇLAR



- **Mevsimsel Değişim**

SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> iyonunun diğer antropojenik elementlere nazaran daha belirgin bir mevsimsel farklılık göstermesinin nedeni SO<sub>2</sub>'nin SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> 'a oksitlenmesini en azından bir bölümünün fotokimyasal bir mekanizmayla olması ve bu mekanizmanın yaz aylarında artan güneş akışı ile hızlanmasıdır.

Sodyum Batı Karadeniz istasyonunda olduğu gibi Doğu Karadeniz istasyonunda yaz aylarında yüksektir. Doğu Karadeniz istasyonunun kıyından 70 km içerde olması ve kıyı ile arasında çok yüksek dağların bulunması sodyumun bu istasyonda tipik bir toprak elementi gibi davranmasını açıklamaktadır.



## 3. SONUÇLAR

- **3.1. Faktör Analizi**

Doğu ve Batı Karadeniz istasyonlarında oluşturulan ince fraksiyon (PM<sub>2,5</sub>) veri setlerine Faktör Analizi (FA) uygulanarak bu bölgelerdeki aerosol popülasyonunun hangi bileşenlerden oluştuğu ve bu bileşenlerin Doğu ve Batı Karadeniz’de farklı olup olmadığı değerlendirilmiştir.

Faktör analizi sırasında faktör sayısı faktörlerin “eigen value” değerleri baz alınarak ve Kaizer prensibine göre belirlenmiştir.



### 3. SONUÇLAR

- BATI KARADENİZ

Tablo 1. Batı Karadeniz Faktör Analizi

	Faktör 1	Faktör 2	Faktör 3	Faktör 4	Tahmini komünite
Kütle	0,79				0,68
Na	0,40		0,66		0,63
SO <sub>4</sub>	0,76				0,76
K	0,80				0,74
Cr		0,89			0,86
Cu		0,85		0,34	0,83
Zn				0,95	0,92
Si			0,91		0,84

Faktör Analiz ile Batı Karadeniz atmosferinde 4 faktör tanımlanmıştır. Birinci faktörün SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> ve K varyanslarının %80 kadarını açıkladığı görülmektedir. Ayrıca PM<sub>2.5</sub> kütleli konsantrasyonundaki değişkenliğin de (varyans) %79'u yine Faktör 1 tarafından açıklanmaktadır. SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> genellikle fosil yakıtlardan kaynaklanan aerosollerin bir izleyicisidir. Potasyum ise, iyi bilinen toprak ve deniz tuzu kökenlerinin yanında, biokütle yanmasından oluşan parçacıklarda da bol miktarda bulunmaktadır. Potasyum ve SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>'in aynı faktörde olması Kırklareli'nde SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>'in biokütle yanması kaynaklı olup olmayacağını düşündürmektedir. Kırklareli'nde toplanan örneklerin XRF tekniği ile analiz edilmesi sonucu ölçülen izleyici element sayısının sınırlı olması bu konuda kesin bir yargıya varmayı zorlaştırmaktadır.



### 3. SONUÇLAR

- BATI KARADENİZ**

Tablo 1. Batı Karadeniz Faktör Analizi

	Faktör 1	Faktör 2	Faktör 3	Faktör 4	Tahmini komünite
<b>Kütle</b>	0,79				0,68
<b>Na</b>	0,40		0,66		0,63
<b>SO<sub>4</sub></b>	0,76				0,76
<b>K</b>	0,80				0,74
<b>Cr</b>		0,89			0,86
<b>Cu</b>		0,85		0,34	0,83
<b>Zn</b>				0,95	0,92
<b>Si</b>			0,91		0,84

- İkinci faktör ise Cr ve Cu verilerindeki değişkenliğin büyük bölümlerini açıklamaktadır. Bu iki element ergitme tesislerinin önemli göstergesidir. Dolayısı bu faktörün bölgedeki madenlerden metal elde etme işlemleri sırasında oluşan parçacıkları temsil ettiği düşünülmektedir.
- Üçüncü faktör de ise Silisyumun varyansının %91'i açıklanmaktadır. Bu nedenle Faktör 3 toprak parçacıklarını temsil eden bir faktör olarak tanımlanmıştır.
- Faktör Analizi ile Batı Karadeniz atmosferinde tanımlanan 4'üncü faktör ise; endüstriyel aktivelerden kaynaklanan Zn ve Cu eser elementlerinin varyanslarının görüldüğü endüstri faktörüdür.





### 3. SONUÇLAR

- DOĞU KARADENİZ

Tablo 2. Doğu Karadeniz Faktör Analizi

	Faktör 1	Faktör 2	Faktör 3	Faktör 4	Tahmini komünite
Na			0,67		0,49
Kütle		0,96			0,96
SO <sub>4</sub>	0,77				0,69
Ca	0,37		0,71		0,65
Ti			0,77		0,60
V	0,67				0,57
Cr				0,52	0,30
Mn	0,58			0,45	0,58
Fe		0,94			0,91
Ni	0,50			0,51	0,51
Zn					0,50
Cd	0,65				0,56

Doğu Karadeniz’de oluşturulan veri setinde Faktör Analizi ile yine Batı Karadeniz atmosferinde olduğu gibi 4 faktör tanımlamıştır. Faktör 1 SO<sub>4</sub>, V, Mn, Ni, ve Cd gibi eser elementlerin yüksek varyanslarına sahip olan antropojenik bir faktördür. SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> iyonunun varyansının büyük ölçüde Faktör 1 tarafından açıklanması bu faktörün bir yanma faktörü olduğuna işaret etmektedir. Nikel ve V’un da varyanslarının önemli bölümlerin Faktör 1 tarafından açıklanması ve bu iki elementin petrol yanmasından kaynaklanan parçacıklarda çokça bulunması Faktör 1 in kömürden ziyade petrol yanmasından kaynaklanan parçacıkları temsil ettiğini göstermektedir.



### 3. SONUÇLAR

- DOĞU KARADENİZ

Tablo 2. Doğu Karadeniz Faktör Analizi

	Faktör 1	Faktör 2	Faktör 3	Faktör 4	Tahmini komünite
Na			0,67		0,49
Kütle		0,96			0,96
SO <sub>4</sub>	0,77				0,69
Ca	0,37		0,71		0,65
Ti			0,77		0,60
V	0,67				0,57
Cr				0,52	0,30
Mn	0,58			0,45	0,58
Fe		0,94			0,91
Ni	0,50			0,51	0,51
Zn					0,50
Cd	0,65				0,56

- Fe'in varyansının %94 gibi büyük bir bölümünün Faktör 2 tarafından açıklanması bu faktörün toprak parçacıklarını temsil eden bir faktör olduğunu göstermektedir
- Deniz tuzunun önemli eser elementlerinden olan Na büyük bir oranı Faktör 3'te tanımlanmıştır. Bu da Faktör 3'ün deniz tuzu parçacıklarını temsil ettiği düşündürmektedir.
- Doğu Karadeniz'de tanımlanan son faktör ise; Cr, Mn ve Ni içermektedir. Bu elementler metallerin filizlerden ayrılması sırasında oluşan parçacıklarda yüksek konsantrasyonlarda bulunduğu için Faktör 4 ün bu tür parçacıkları temsil ettiği düşünülmüştür.



# ÖZETLE...

- Karadeniz'in doğusunda ve batısındaki aerosol popülasyonlarını oluşturan bileşenlerin bazı benzerliklerinin yanında farklılıklarının da olduğu görülmektedir.
- Her iki bölgedeki aerosollerin içerisinde de deniz tuzu, toprak ve metallerin filizlerden ayrılması sırasında oluşan parçacıklar bulunmaktadır.
- Her iki bölgede de yanma kökenli parçacıkların da partikül popülasyonunun bir bileşeni olduğu görülmüştür. Yalnız yanma bileşeni iki bölgede aynı değildir. Batı Karadeniz bölgesinde yanma kökenli parçacıkların daha çok biokütle yanmasından kaynaklandığına dair belirtiler varsa da Batı Karadeniz bölgesinde yanma kökenli parçacıkların daha çok petrol veya mazot yanmasından kaynaklandığı düşünülmüştür.



# TEŞEKKÜRLER...



6. ULUSAL HAVA KİRLİLİĞİ VE KONTROLÜ  
SEMPOZYUMU, 7-9 EKİM, İZMİR



# GİRİŞ

6. ULUSAL HAVA KİRLİLİĞİ VE KONTROLÜ  
SEMPOZYUMU, 7-9 EKİM, İZMİR

