



BİR GAUSSIAN DİSPERSİYON MODELİ İLE ÇANAKKALE'DE HAVA KALİTESİ SEVİYELERİNİN BELİRLENMESİ

Gizem TUNA¹, Tolga ELBİR¹, Sibel MENTEŞE²

¹Dokuz Eylül Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü, İzmir

²Çanakkale On Sekiz Mart Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü, Çanakkale

ÇALIŞMANIN AMACI

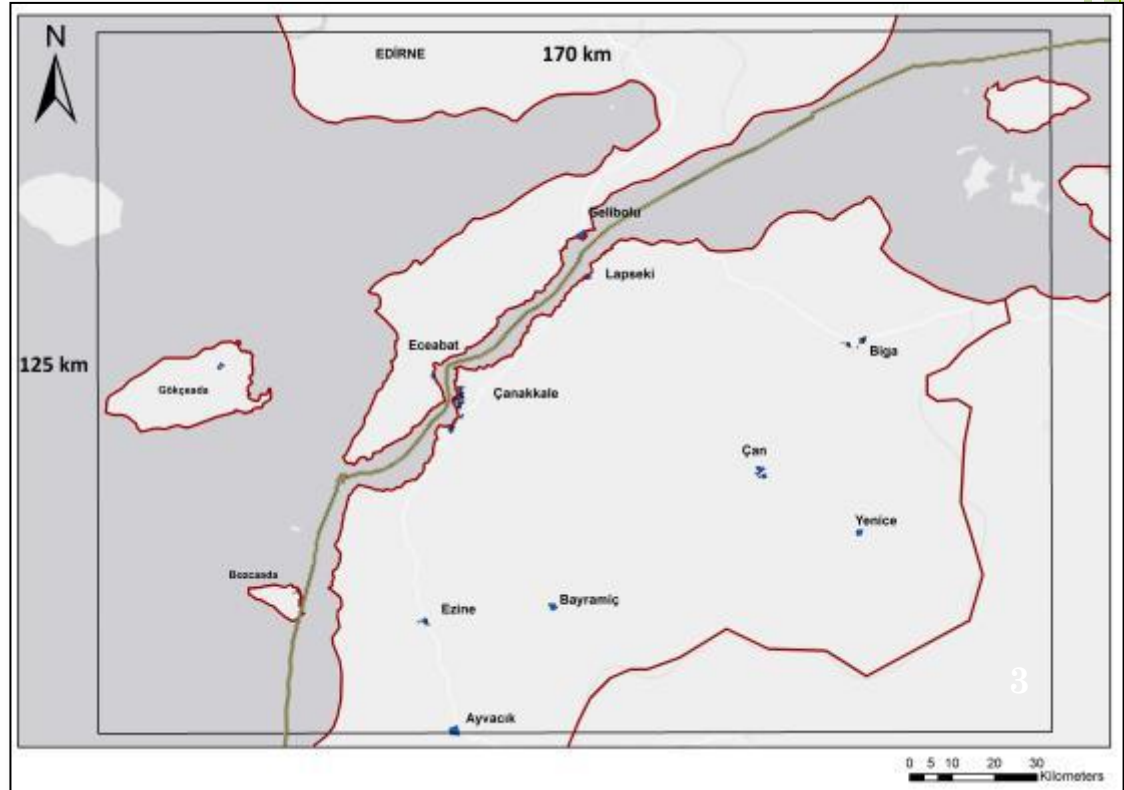
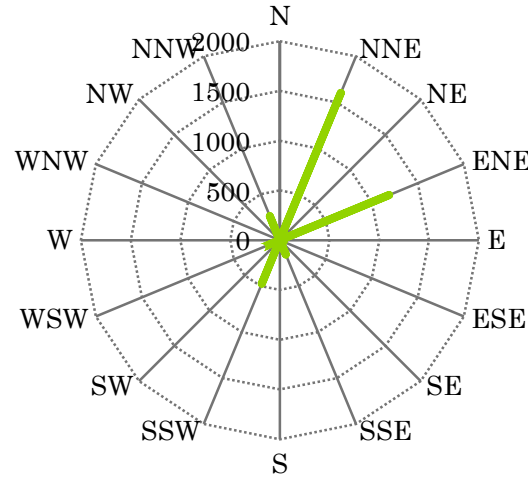
- Bir hava kalitesi dağılım modeli yardımı ile antropojenik kaynakların Çanakkale hava kalitesine katkılarının belirlenmesi

Bu çalışma TUB 112Y506 no'lu proje tarafından desteklenmiştir.



ÇALIŞMA ALANI

- Türkiye'nin kuzeybatısında yer almaktadır
- 2013 yılı nüfusu 502.328 kişidir
- 12 adet ilçeye sahiptir
- Kıyı şeridi uzunluğu 671 m'dir
- Çanakkale Boğazı'nın uzunluğu 68 km'dir
- Hakim rüzgar yönü NNE'dir
- 4 adet hava kalitesi ölçüm istasyonu bulunmaktadır.



İstasyonların Özellikleri

İstasyon Adı	Türü	Ölçülen parametreler	İşleten kurum	Kuruluş yılı
Çanakkale	Kentsel	PM ₁₀ , SO ₂	T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı	2004
Çan	Kentsel	PM ₁₀ , PM _{2.5} , SO ₂ , NO, NO ₂ , NO _x , O ₃	Marmara Temiz Hava Merkezi	2012
Lapseki	Kırsal	PM _{2.5} , SO ₂ , NO, NO ₂ , NO _x , O ₃	Marmara Temiz Hava Merkezi	2012
İÇDAS (Biga)	Kırsal	PM ₁₀ , PM _{2.5} , SO ₂ , NO, NO ₂ , NO _x , O ₃	T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı	2010

İstasyonlardaki ölçüm değerleri değerlendirildiğinde;

- En yüksek yıllık ortalama SO₂ ve PM₁₀ konsantrasyonları sırasıyla 162,5 µg/m³ ve 80,2 µg/m³ olarak Çan istasyonunda ölçülmüştür.
- Çan istasyonunda; PM₁₀ için 300 µg/m³ ve SO₂ için 200 µg/m³ olan günlük limit değerleri PM₁₀ için 1 kere. SO₂ için 63 kere aşılmıştır.
- Diğer ölçüm istasyonlarında PM₁₀ ve SO₂ konsantrasyonların herhangi bir limit aşım değeri saptanmamıştır.

MATERYAL-METOD

Kirletici Kaynaklar

- Sanayi
 - 6 büyük kapasiteli sanayi tesisi
- Eysel Isınma
- Karayolu trafiği
 - Devlet yolları
 - Şehir iđi caddeler
- Denizyolu trafiği
 - Transit gemiler
 - Feribotlar

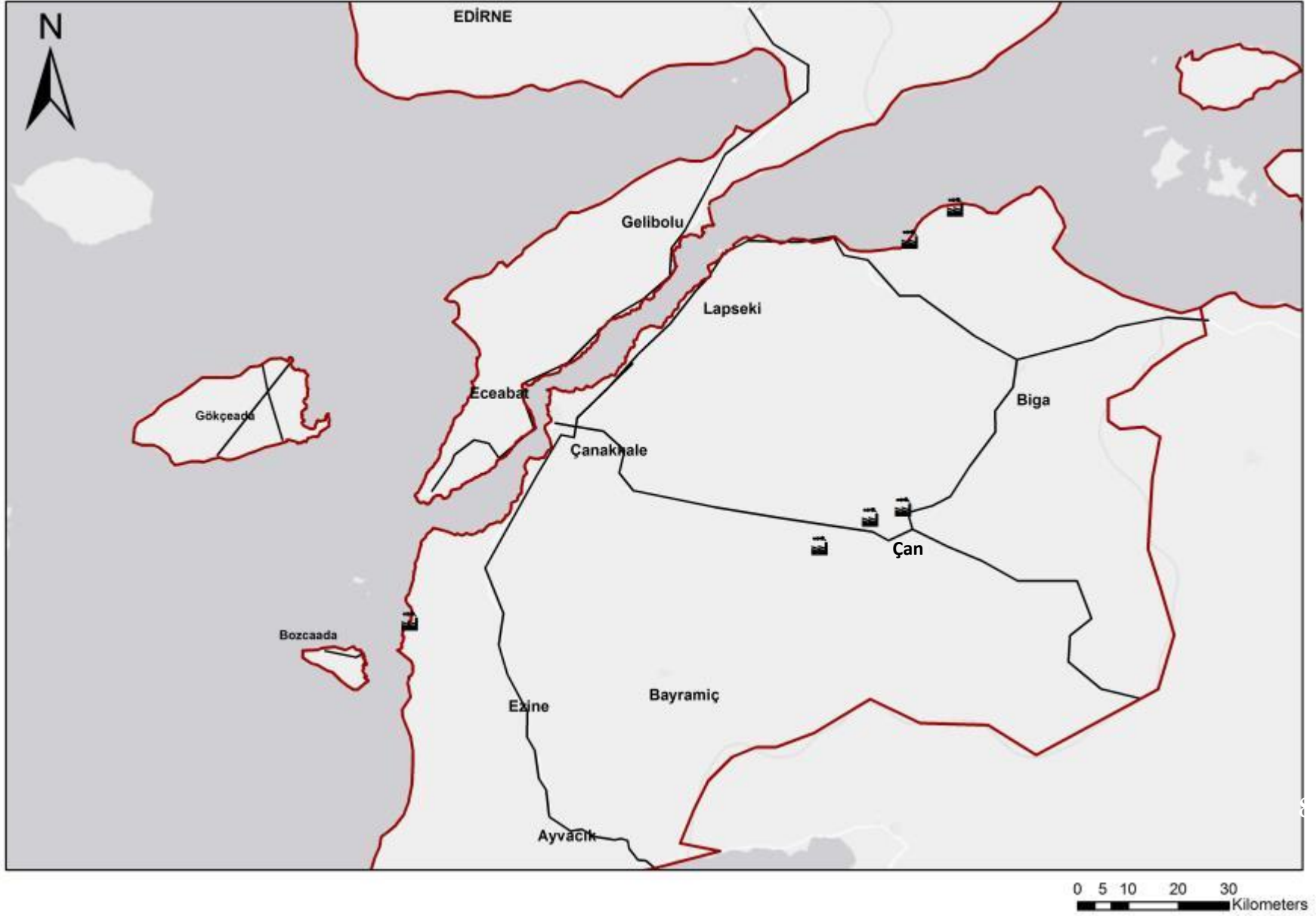
NOKTASAL KAYNAKLAR

Sanayi Tesisleri	Yakıt Türleri	Yakıt Tüketimleri
Termik Santral-1	Yerli kömür	1.236.675 ton/yıl
Çimento Tesisi	Yerli kömür+ithal kömür+petrokok+fuel oil	481.611 ton/yıl
Termik Santral-2	İthal kömür	1.671.691 ton/yıl
Termik Santral-3	İthal kömür	1.129.017 ton/yıl
Seramik Tesisi-1	Doğalgaz	101.679.738 Nm ³ /yıl
Seramik Tesisi-2	Doğalgaz	4.397.969 Nm ³ /yıl

Toplam kömür tüketimi 4.518.994 ton/yıl;

Toplam doğalgaz tüketimi 106.077.707Nm³/yıl

Sanayi tesislerinin konumları



Sanayi sektörü için kullanılan emisyon faktörleri

	Emisyon Faktörleri (g/GJ)			
	SO ₂	NO ₂	PM ₁₀	CO
Doğalgaz	0,28	89,0	0,89	39,0
İthal kömür	896	247	7,9	8,7
Yerli kömür	1992	60	6,9	13
Fuel oil	495	142	25,2	15,1

Kaynak: EEA, 2013

➤ **Karayolu trafiği**

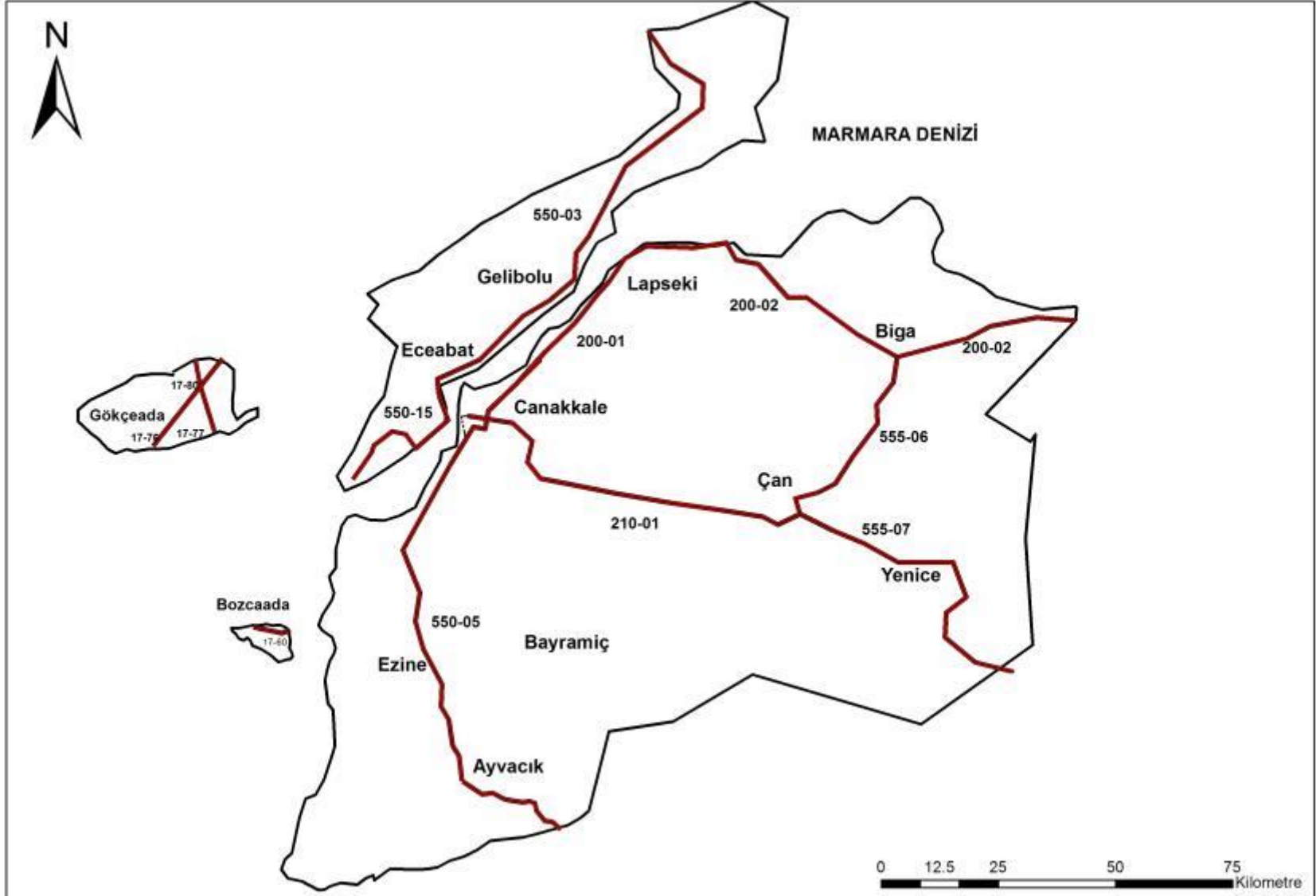
12 adet devlet yolundan oluřmaktadır.

Tařıtlara ait;

- günlük geçiş sayıları
- ortalama hızlar

Karayolları Genel Müdürlüđü (KGM)'nden 2013 yılı için temin edilmiştir.

Devlet yollarının konumları



➤ **Denizyolu trafiği**

- **Transit gemiler**

- gemi türleri
- yıllık gemi geçiş sayıları

T.C. Ulaştırma, Denizcilik ve Haberleşme Bakanlığı'ndan temin edilmiştir.

- gemilerin ortalama hızları
- gemi türlerine göre yakıt tüketim faktörleri

EEA (2009) veri tabanından temin edilmiştir.

- **Feribot trafiği**

- Sefer sayıları
- hatların uzunlukları
- seyir süreleri
- feribotların yakıt tüketimleri

GESTAŞ'tan temin edilmiştir.

Çanakkale Boğazı'ndaki feribot hatlarının özellikleri

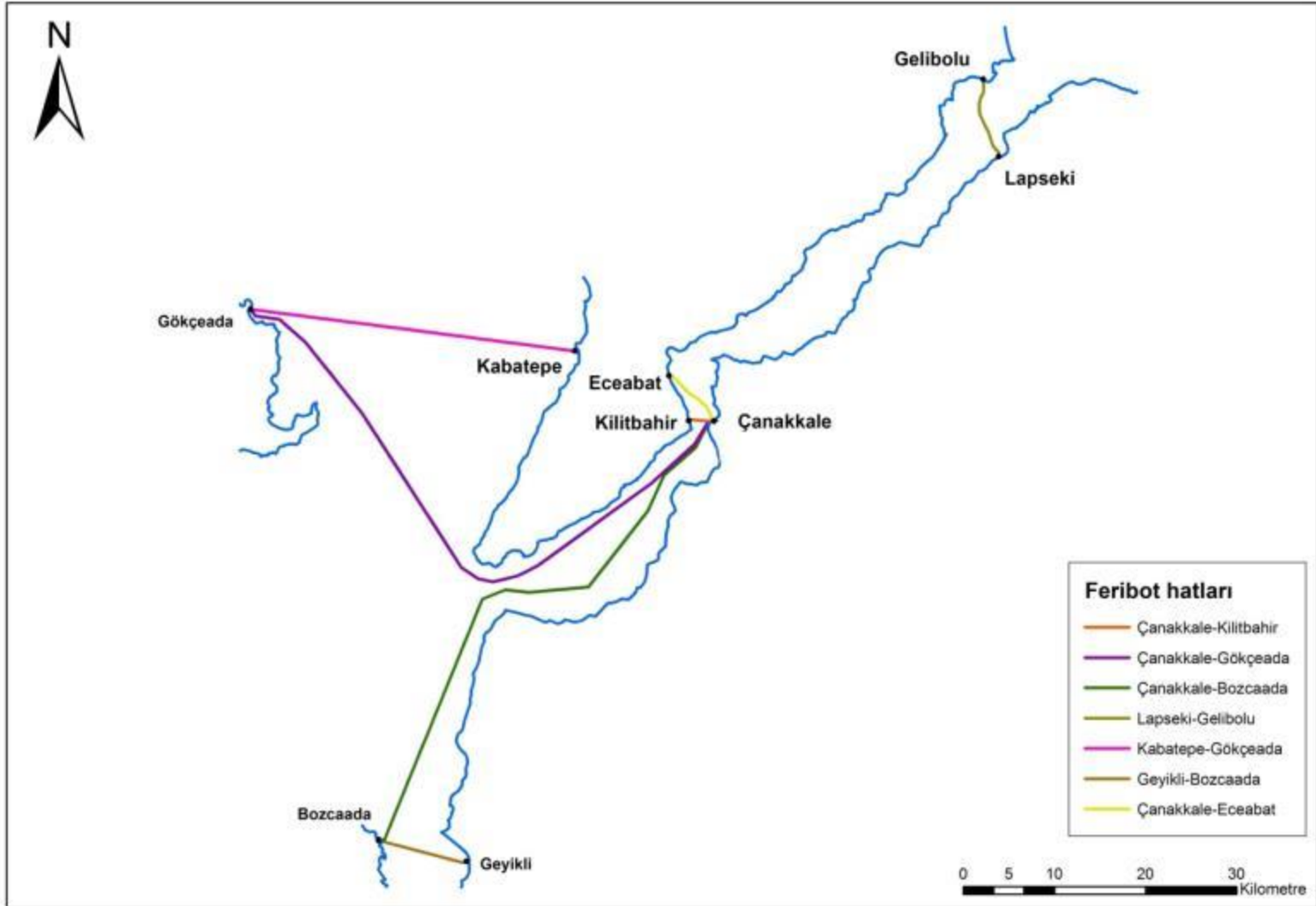
Hatlar	Uzunluk (m)	Sefer süresi (dakika)	Günlük sefer sayısı	Yakıt tüketimi (litre/sefer)	Yakıt tüketimi (ton/ay)
Lapseki - Gelibolu	6,3	20	74	160	311,9
Çanakkale - Kilitbahir	1,5	7	62	23	43,5
Çanakkale - Eceabat	5,0	15	44	135	193,5
Kabatepe - Gökçeada	46,3	75	6	594	120,2
Geyikli - Bozcaada	7,4	30	6	160	55,6
Çanakkale - Gökçeada	53,7	65	1	800	15,6
Çanakkale - Bozcaada	46,3	55	1	800	15,6

Bu hatlarda toplam 10 adet feribot, 1 adet deniz otobüsü ve 1 adet Ro-ro gemisi çalışmaktadır.

Günlük toplam sefer sayısı 194'dür.

Günde 74 sefer sayısı ile **Lapseki-Gelibolu** hattı en yoğun hat olurken; en az yoğunluğa sahip olan hatlar adalar hattı olan **Çanakkale-Bozcaada** ve **Çanakkale-Gökçeada** hattıdır.

Feribot hatlarının konumu



Transit geçiş yapan gemilere ait bilgiler

Gemi türleri	Yıllık geçiş sayıları	Yakıt tüketim faktörleri (ton/gün)	Yakıt tüketimleri (ton/yıl)
GGC (Genel Kargo)	18.992	21.3	46.857
BBU (Kuru yük taşıyanlar)	7.442	33.8	29.136
TTA (Ham petrol tankeri)	5.653	32.8	20.045
UCC (Konteynır gemisi)	4.653	32.8	12.374
TCH (Kimyasal taşıyan tankerler)	2.307	32.8	8.180
URC (Araç taşıyanlar)	1.849	32.8	6.556
LPG (Sıvılaştırılmış petrol gazı taşıyanlar)	1.038	32.8	3.451
MPR (Yolcu gemisi)	806	70.2	4.588
MLV (iftlik hayvanı taşıyanlar)	529	32.8	1.563
OTH (Diğer)	375	26.4	1.147
XTG (Römorkörler)	319	14.4	677
GRF(Dondurulmuş yük taşıyan)	278	32.8	739
MVC (Motorlu taşıt taşıyanlar)	165	32.8	627
NAV (Navigasyon)	107	32.8	407
RRE (Araştırma gemisi)	23	32.8	87
OFY (Feribot)	21	80.4	137
FFS (Balıki gemisi)	20	5.5	12
CHS (Kargo gemisi)	19	32.3	71
OSY (Tedarik gemisi)	9	32.8	27
DDR (Tarak gemisi)	8	32.8	47
Toplam	44.613	-	136.728

Çanakale Boğazı'ndan transit geçen gemilerin sayısı 2013 yılı için 44.613'tür

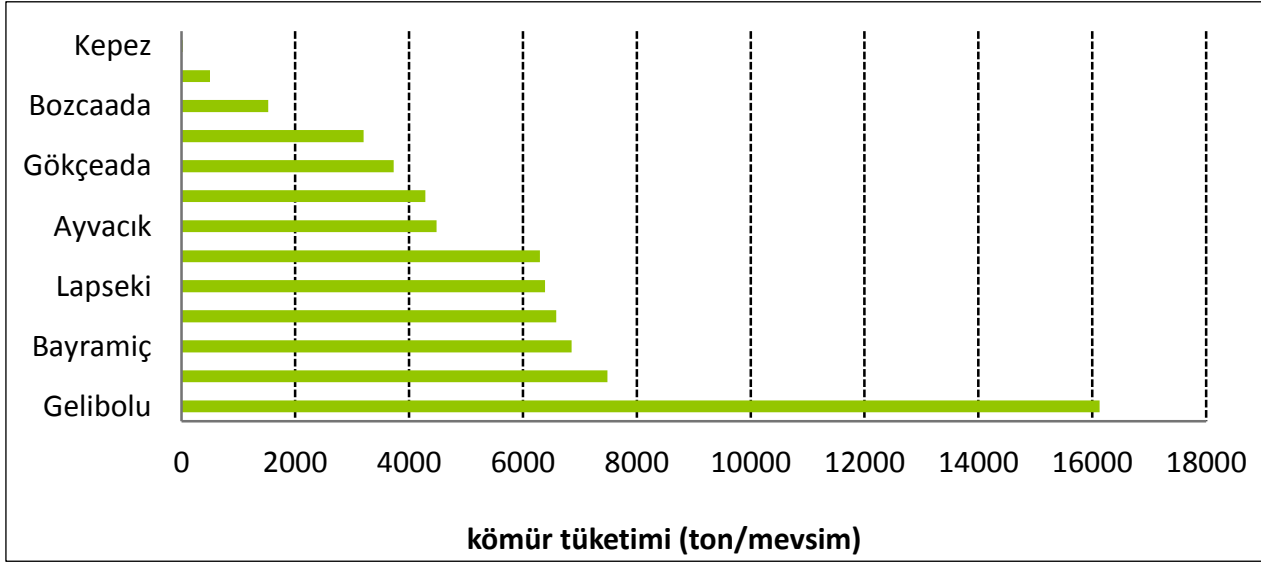
Gemilerin seyir hızları **16 - 40 km/sa** aralığında değişmektedir

Genel kargo gemileri %42'lik bir oranla Çanakale Boğazı'ndan en fazla geçiş yapan gemi türüdür.

➤ *Evsel Isınma*

Evsel ısınmadan kaynaklanan emisyonların hesaplanması için;

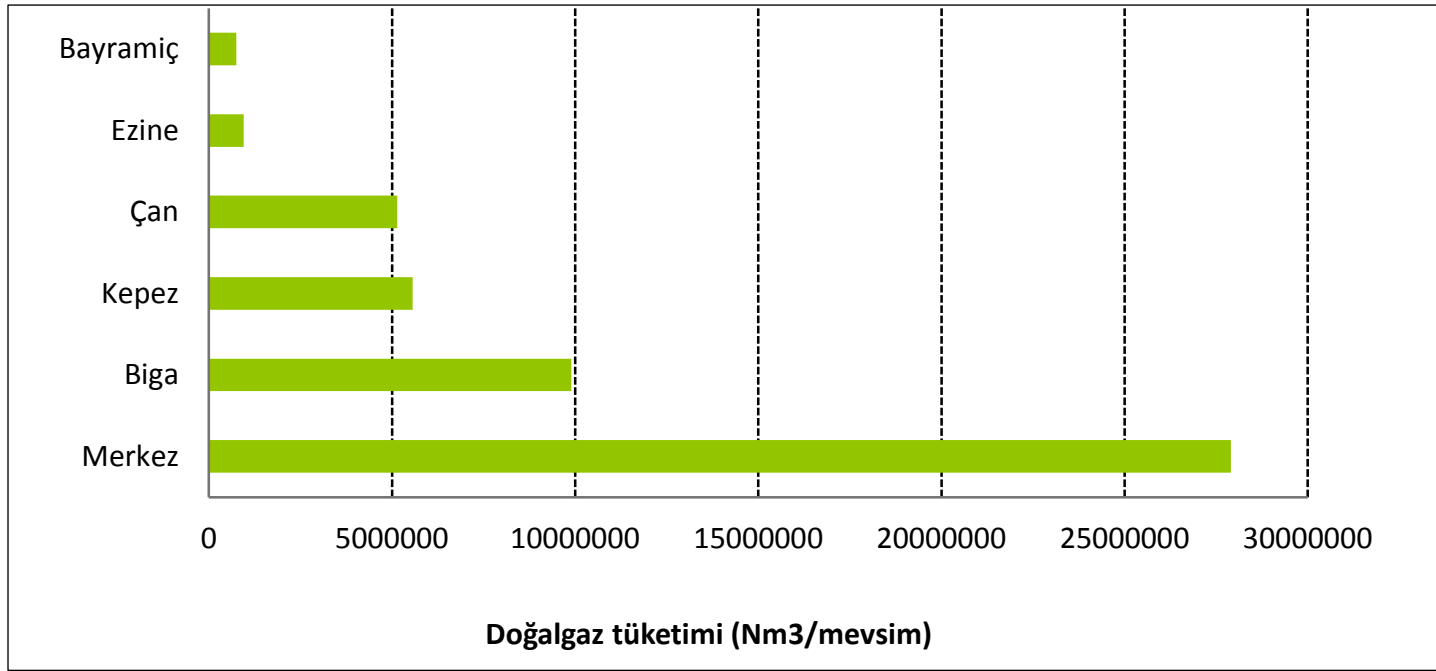
- ilçe merkezlerinde yaşayan nüfus,
- konut sayısı,
- tüketilen yakıt türleri (kömür, doğalgaz, gibi)
- ilçe merkezlerine göre yakıt tüketim istatistikleri temin edilmiştir.



Kış mevsimi boyunca hane başına tüketilen kömür tüketimi 1,6 ton'dur.

10/13/2015

Gelibolu'daki toplam kömür tüketimi 16.130 ton/mevsim iken; merkez ilçede tüketilen kömür miktarı 503 ton/mevsim'dir.



Sadece 5 adet ilçe (Merkez, Çan, Biga, Bayramiç ve Ezine)
doğalgaz kullanmaktadır.

Kış döneminde tüketilen doğalgaz tüketimi 50,198,586 m³'dür.

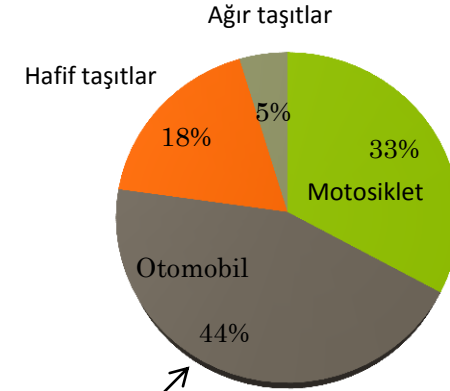
(AKSA, 2014).

➤ Şehir içi caddeler

Taşıtlar 4 farklı kategoride değerlendirilmiştir. 2013 yılında trafiğe kayıtlı toplam taşıt sayıları ilçelere nüfusları oranınca dağıtılmıştır.

İlçelere göre taşıt sayıları

İlçeler	Taşıtlar sayıları			
	Motosiklet	Otomobil	Hafif taşıtlar	Ağır taşıtlar
Merkez	18.359	24.647	10.091	2.601
Kepez	2.488	3.340	1.368	352
Ayvacık	1.227	1.647	674	174
Bayramiç	2.244	3.013	1.233	318
Biga	7.270	9.761	3.996	1.030
Bozcaada	418	561	230	59
Çan	4.701	6.312	2.584	666
Eceabat	876	1.177	482	124
Ezine	2.215	2.973	1.217	314
Gelibolu	4.417	5.930	2.428	626
Gökçeada	1.021	1.370	561	145
Lapseki	1.750	2.349	962	248
Yenice	1.174	1.576	645	166
TOTAL	48.160	64.656	26.471	6.823



Karayolu trafiği için kullanılan emisyon faktörleri;

Örneđin; EURO 4 sınıfına ait benzin kullanan bir otomobil için CO emisyon faktörü:

$$EF = (0,136 - 0,000891 * V) / (1 - 0,0141 + 0,0000499 * V^2)$$

EF: emisyon faktörü (g/km)

V: taşıt hızı (km/h)

Denizyolu trafiği için kullanılan emisyon faktörleri

Taşıt türü	Emisyon faktörü	SO ₂	PM ₁₀	NO _x	CO
Feribot	g/kg yakıt	10,4	4,48	42,5	10,9
	g kirletici/ m yol	0,076563	0.032941	0,3125	0,080147
Transit	kg/ton yakıt	20×S%*	1,1	57	7,4

Hava Kalitesi Modelleme (AERMOD)

10/13/2015

- AERMOD modeli, bir kirletici kaynaktan atmosfere bırakılan gaz ve toz kirleticilerin farklı mesafelerdeki yer seviyesi konsantrasyonlarını ve çökeltme miktarlarını hesaplayabilen bir modeldir.
- Dağılım modellemesi çalışmaları için ihtiyaç duyulan bazı veriler vardır. Bunların başında kirletici kaynak, meteoroloji ve topoğrafya verileri gelmektedir.
- AERMOD modelinin ihtiyaç duyulan verilerin modele hazırlanması için iki farklı ön işlemcisi vardır. Meteoroloji için AERMET, topoğrafya verileri için AERMAP kullanılmaktadır.

Modelleme çalışmalarına girdi teşkil eden veriler ve temin edildikleri yerler

AERMET	Saatlik yer seviyesi meteoroloji verileri	Rüzgar hızı, rüzgar yönü, sıcaklık, bulutluluk, bulut yüksekliği, yüzey basıncı, nispi nem ve yağış	17112 no'lu Çanakkale merkez istasyonu
	Üst katman meteoroloji verileri (radiosonde)	Rüzgar yönü, rüzgar hızı, sıcaklık, basınç	17062 no'lu Göztepe, İstanbul istasyonunda kaydedilen 12 saatlik radiosonde verileri
AERMAP	Topoğrafik veriler	SRTM3 dosyaları	SRTM3 veri tabanı (USGS, 2014)
AERMOD	Kaynak karakteristiği	Nokta, alan, alan-poligon kaynak	7 nokta kaynak (sanayi), 1 alansal kaynak (sanayi), 70 alansal kaynak (evsel ısınma) ve 339 alansal kaynak (trafik)
AERMET	Saatlik yer seviyesi meteoroloji verileri	Rüzgar hızı, rüzgar yönü, sıcaklık, bulutluluk, bulut yüksekliği, yüzey basıncı, nispi nem ve yağış	17112 no'lu Çanakkale merkez istasyonu

EMİSYON ENVANTERİ SONUÇLARI

Sektörler bazında hesaplanan emisyon değerleri, ton/yıl

Kirletici sektör	PM ₁₀	SO ₂	CO	NO _x
Sanayi	79	5.928	1.227	22.590
Evsel ısınma	604	1.430	6.917	285
Karayolu trafiği	183	172	14.098	2.169
Denizyolu trafiği	191	1.460	1.110	8.171
Toplam	1.057	8.990	23.352	33.215

Sanayi sektörü NO_x ve SO₂ emisyonlarına en çok katkı koyan sektör iken; CO ve PM₁₀ emisyonları sırasıyla karayolu trafiği ve evsel ısınma sektöründen kaynaklanmaktadır.

İlde bütün illerde evsel ısınma amacıyla kömür kullanımı mevcut olduğundan; kış mevsiminde PM₁₀ ve CO emisyonları asıl olarak evsel ısınma sektöründen kaynaklanmaktadır.

Evsel ısınmaya ek olarak, CO emisyonlarına en büyük katkı karayolu trafiğinden gelmektedir.

Sanayi tesislerinden kaynaklanan emisyonlar (ton/yıl)

Tesisler	Emisyonlar (ton/yıl)			
	PM ₁₀	SO ₂	CO	NO _x
Termik Santral-1	1,7	2.473	323	1.490
Seramik Fabrikası-1	3,1	1,0	137	312
Termik Santrali-2	3,5	2.006	389	11.057
Termik Santrali-3	2,4	1.355	263	7.467
Seramik Fabrikası-2	0,1	0,04	5,9	13,5
Çimento Fabrikası	68	93	109	2.250
TOPLAM	79	5.928	1.227	22.590

Çimento fabrikası %86'lık katkı payı ile PM₁₀ emisyonlarına en çok katkı koyan tesis iken; SO₂ emisyonları termik santrallerden kaynaklanmaktadır.

SO₂ emisyonlarına ek olarak, CO emisyonlarına da en çok katkı termik santrallerden gelmektedir (%80). NO_x emisyonlarına en çok katkı ise; Biga'da yer alan bir termik santralden gelmektedir.

Evsel ısınma emisyonlarının ilçe merkezlerine göre dağılımı (ton/mevsim)

ilçe merkezleri	SO ₂ (ton/mevsim)	NO _x (ton/mevsim)	PM ₁₀ (ton/mevsim)	CO (ton/mevsim)
Merkez	11,1	68,6	5,0	80,0
Kepez	0,6	13,5	0,3	8,1
Ayvacık	94,9	10,9	40,0	455,8
Bayramiç	145,2	18,5	61,3	698,2
Biga	133,6	39,2	56,4	651,0
Bozcaada	32,3	3,7	13,6	155,3
Çan	158,6	30,6	67,0	766,6
Eceabat	67,8	7,8	28,6	325,5
Ezine	139,5	18,3	58,8	670,8
Gelibolu	341,6	39,2	144,1	1640,7
Gökçeada	78,9	9,1	33,3	379,2
Lapseki	135,3	15,5	57,1	649,9
Yenice	90,8	10,4	38,3	436,1
TOPLAM	1.430,2	285,3	603,8	6.917,2

Gelibolu SO₂, PM₁₀ ve CO emisyonlarına en çok katkı koyan ilçe merkezi iken; NO_x emisyonlarına en çok katkı merkez ilçeden gelmektedir.

Toplam SO₂, PM₁₀ ve CO emisyonlarına katkı payları değerlendirildiğinde; Gelibolu'yu Çan, Bayramiç, Lapseki ve Biga izlemektedir.

Karayolu trafiğinden kaynaklanan toplam emisyonlar (ton/yıl)

	CO	NO _x	PM ₁₀	SO ₂
Devlet yolları	1.658	1.013	30	136
Şehir içi caddeler	12.440	1.156	153	36
TOPLAM	14.098	2.169	183	172

Karayolu sektör katkıları değerlendirildiğinde; devlet yolları SO₂ emisyonlarına %79, NO_x emisyonlarına %47, PM₁₀ emisyonlarına %16, CO emisyonlarına %16'lık bir katkıda bulunmaktadır.

Şehir içi caddeler ise; SO₂ emisyonlarına %21, NO_x emisyonlarına %53, PM₁₀ emisyonlarına %84 ve CO emisyonlarına %88'lik oranda katkı vermektedir.

Denizyolu trafiğinden kaynaklanan emisyonlar (ton/yıl)

	NO _x	CO	SO ₂	PM ₁₀
Feribotlar	386	99	94	41
Transit geçiş yapan gemiler	7.785	1.018	1.366	150
Toplam	8.189	1.114	1.463	191
Transit geçiş yapan gemilerin payı (%)	95	91	94	79

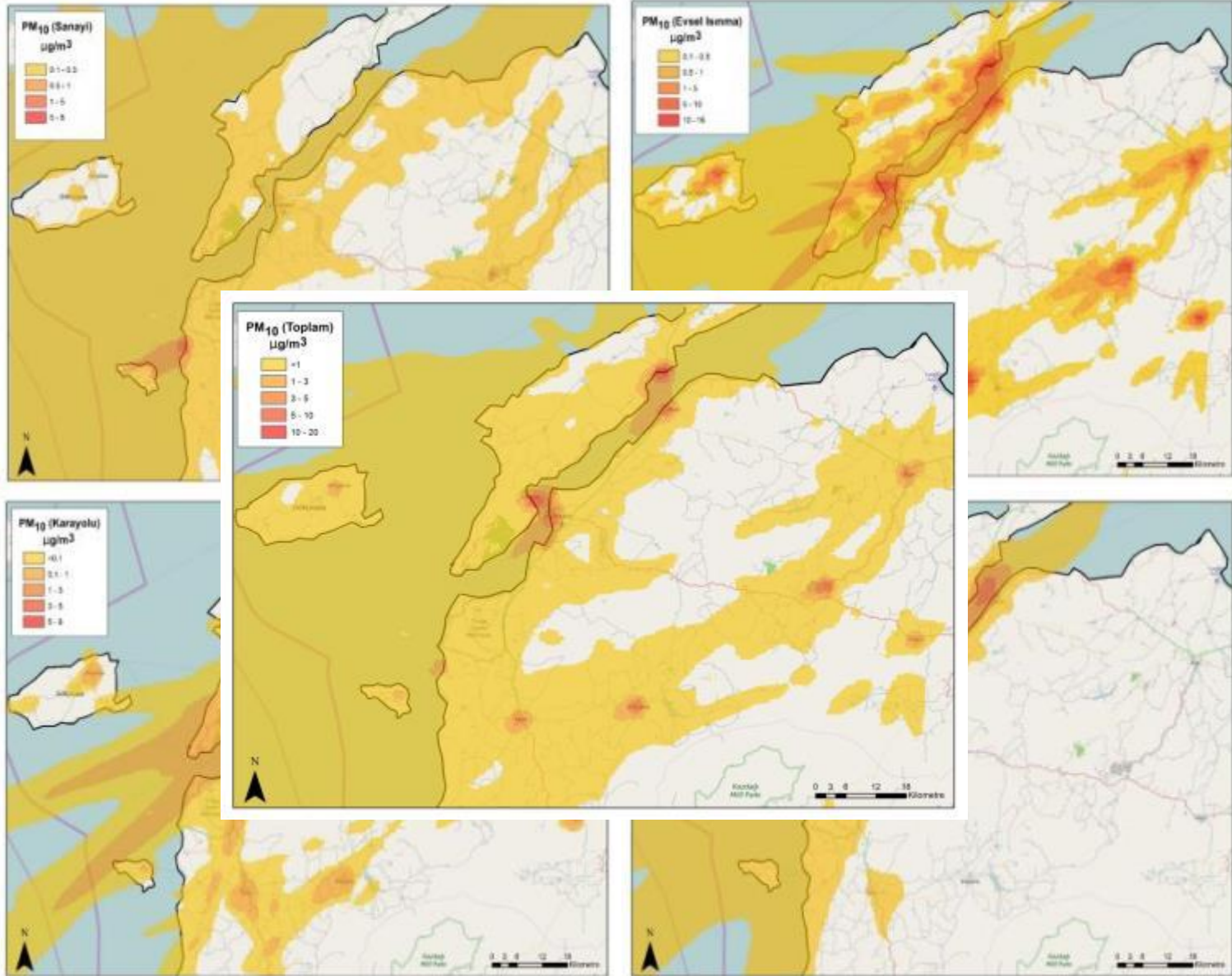
Transit geçiş yapan gemiler denizyolu trafiğinden kaynaklanan emisyonları domine etmektedir.

Genel kargo gemileri en çok katkı koyan gemi tryken, kuru yük taşıyan gemiler ve ham petrol tankerleri sırasıyla en çok katkı koyan diğerk gemi türleridir.

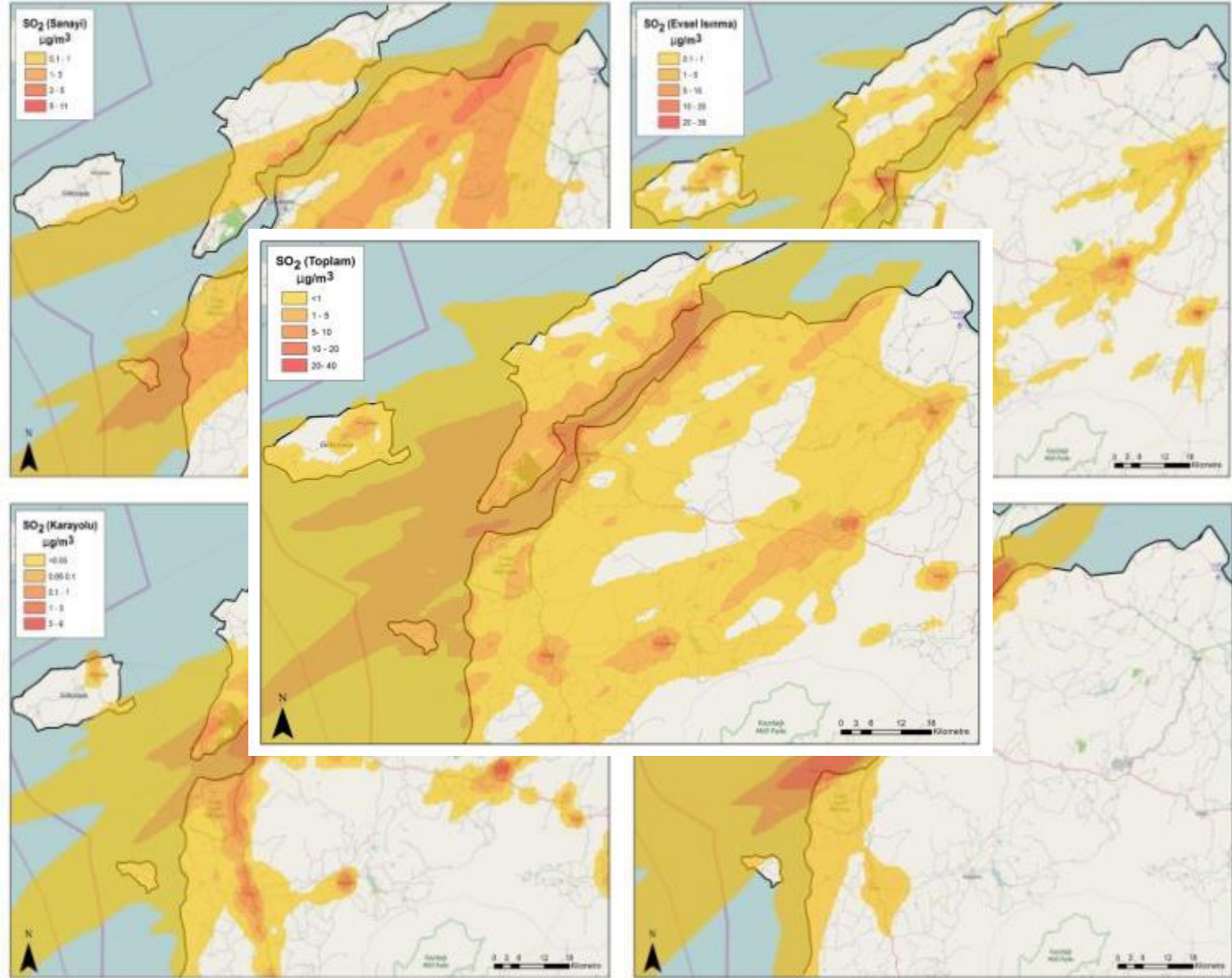
Feribot hataları incelendiğinde; Çanakkale-Lapseki hattının emisyonlara en çok katkısı veren hat olduğu görülürken, Çanakkale-Gökçeada ve Çanakkale-Bozcada hatlarından oluşan adalar hatları en az katkıya sahiptirler.

MODEL SONUÇLARI

Maksimum yıllık ortalama PM₁₀ konsantrasyonlarının mekansal dağılımı

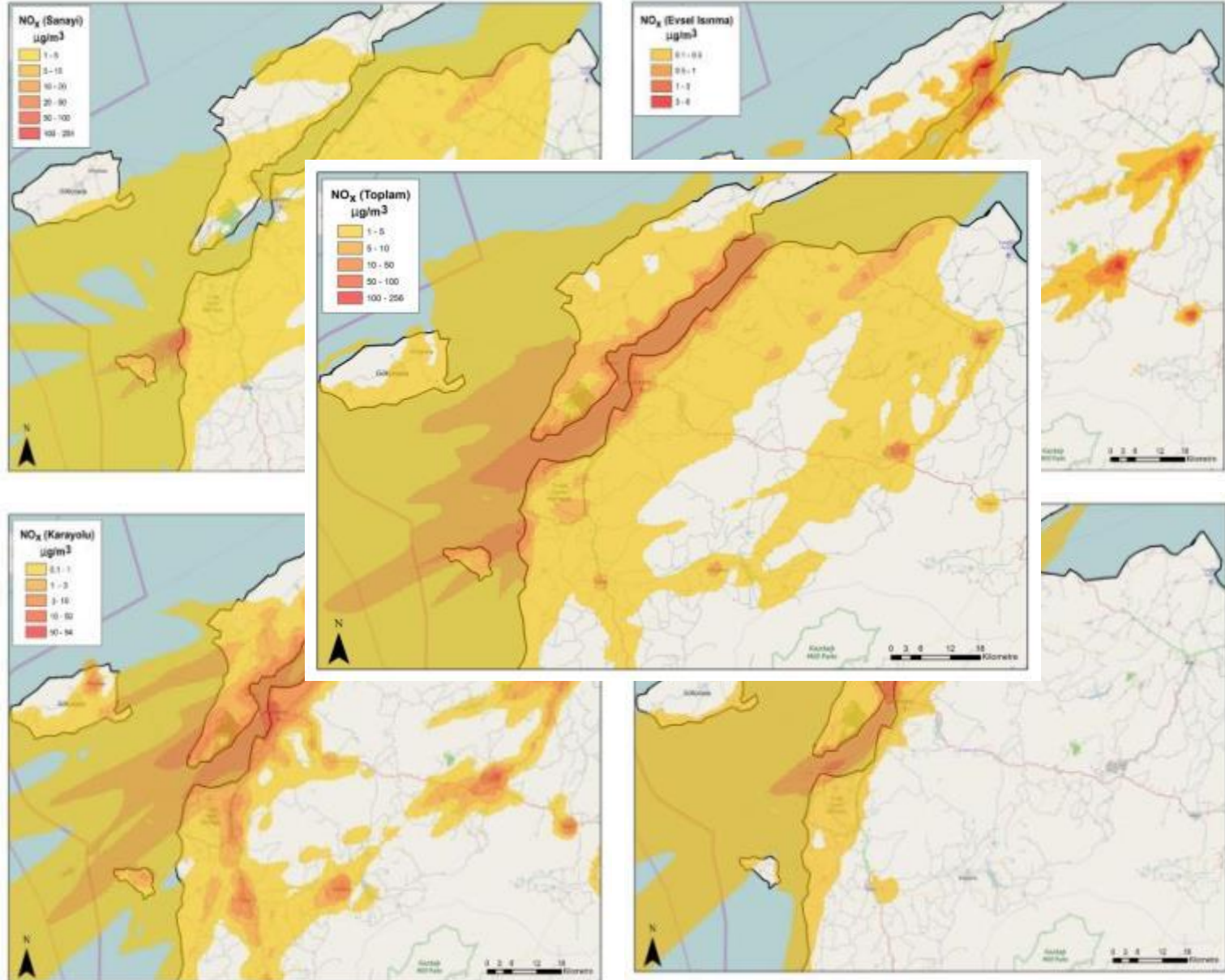


Maksimum yıllık ortalama SO₂ konsantrasyonlarının mekansal dağılımı

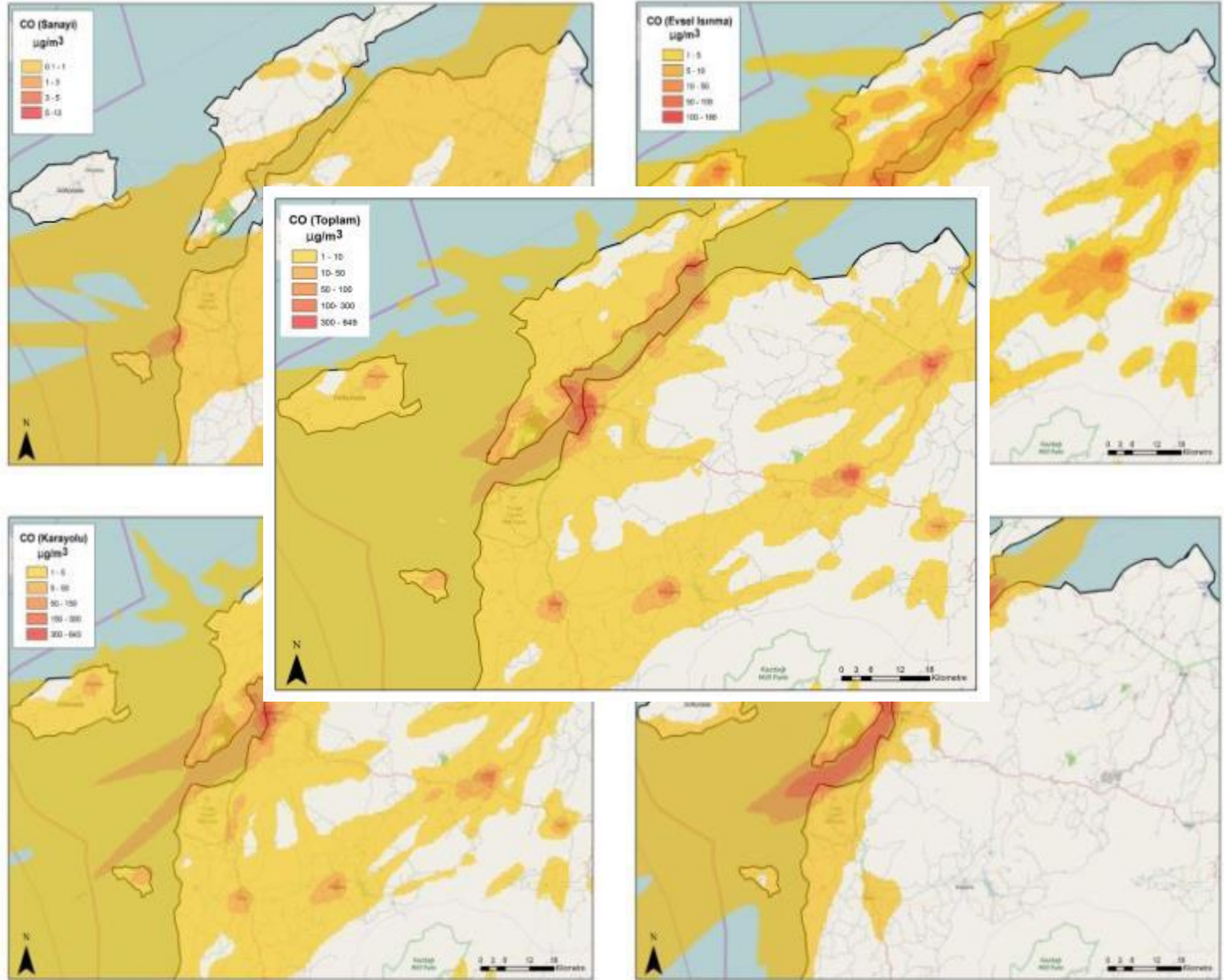


10/13/2015

Maksimum yıllık ortalama NO_x konsantrasyonlarının mekansal dağılımı



Maksimum yıllık ortalama CO konsantrasyonlarının mekansal dağılımları



10/13/2015

SONUÇLAR

Bütün kaynaklar birlikte değerlendirildiğinde; en yüksek yıllık ortalama SO₂ konsantrasyonu 40 µg/m³, PM₁₀ konsantrasyonu 20 µg/m³, NO_x için 256 µg/m³ ve CO için 649 µg/m³'tür.

En yüksek yıllık ortalama SO₂ konsantrasyonunun %95'i evsel ısınmadan gelirken; %5'lik kısmı diğer antropojenik kaynaklardan gelmektedir.

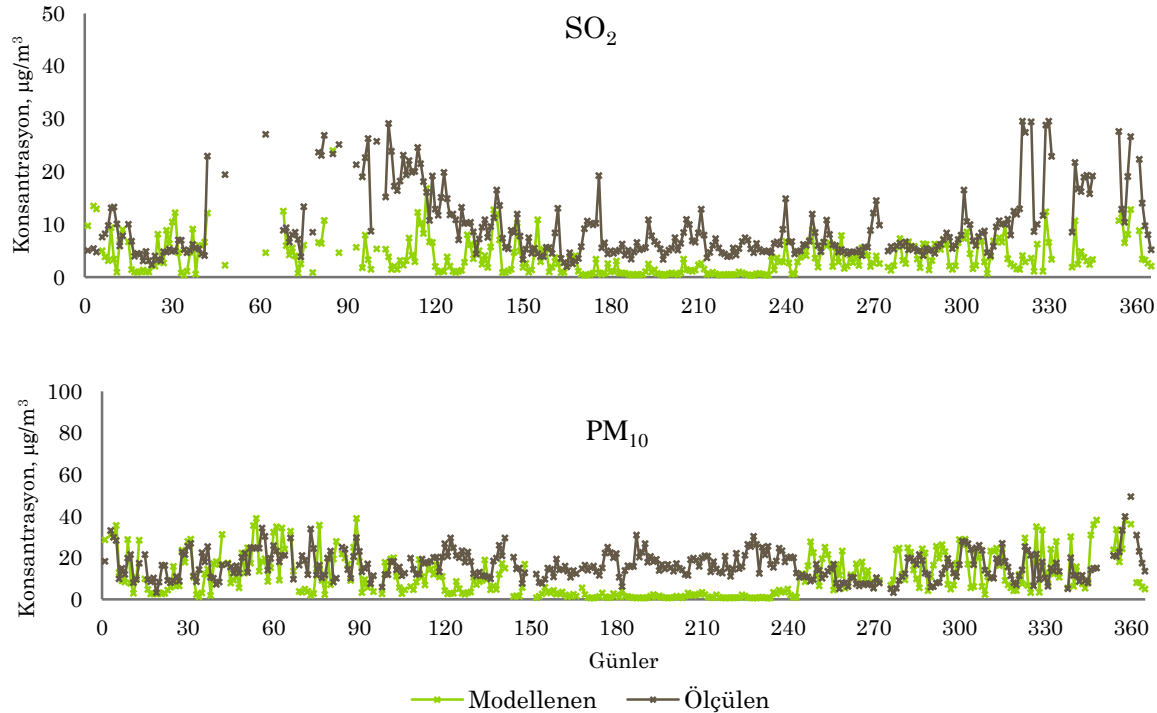
En yüksek yıllık ortalama PM₁₀ konsantrasyonlarının %83'ü evsel ısınma sektöründen gelmektedir. %15 şehir içi caddelerden gelirken %2'lik bir kısmı denizyolu trafiğinden ve sanayi tesislerinden gelmektedir.

Yüksek yıllık ortalama NO_x konsantrasyonları temel olarak sanayi tesislerinden gelmektedir. Ayrıca denizyolu trafiği de NO_x için önemli kirletici kaynak grubudur. En yüksek yıllık NO_x konsantrasyonunun %99'u sanayi tesislerinden kaynaklanmaktadır. %1'lik kısım diğer kaynaklardan gelmektedir.

En yüksek yıllık CO konsantrasyonuna olan kaynak katkıları incelendiğinde; bu konsantrasyonun %99'luk kısmının karayolu trafiğinden kaynaklandığı görülmektedir. %1'lik kısmı evsel ısınmadan gelmek ile birlikte diğer kaynakların herhangi bir katkısı olmadığı görülmektedir.

Model Sonuçlarının İstatistiksel Olarak Değerlendirilmesi

Model sonuçları merkez ilçede yer alan hava kalitesi ölçüm istasyonu verileri ile istatistiksel olarak kıyaslanmıştır. Kıyaslamalarda uyum indeksi (index of agreement) parametresi kullanılmış ve bu değer SO_2 için %67, PM_{10} için ise %61 olarak hesaplanmıştır.



DEĞERLENDİRME

- Bölgedeki PM₁₀ emisyonlarının temel nedeni evsel ısınma amacıyla ilde yaygın olarak kullanılan kömür iken; yüksek SO₂ emisyonlarının nedeni bölgede yer alan termik santrallerdir.
- En yüksek yıllık ortalama SO₂ konsantrasyonu incelendiğinde; Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği'nde yer alan limit değer aşılmıştır. Bölgedeki SO₂ seviyelerinin yüksek olmasının sebebi bölgede doğalgaz kullanımının yaygın olmamasıdır.
- Envanterde yer alan eksiklerden dolayı istatistikler değerlendirmeler sonucunda elde edilen model ve ölçüm sonuçlarının uyum indeksi çok yüksek değerlerde bulunmamıştır. Sanayi tesislerine ilişkin verilerin temin edilememesi ve köylerin ısınma faaliyetlerinin envantere katılmamış olması envanterdeki eksikliklerin temel nedenleridir.

- Ayrıca, trafik ile ilgili kullanılan verilerin bir kısmı tam olarak bölgeyi temsil etmemektedir.
- Bu çalışma, Çanakkale ilinde gerçekleştirilen ve tüm antropojenik kaynakların birlikte değerlendirildiği ilk envanter ve model çalışmasıdır. Ayrıca, model sonuçlarının merkez istasyonda yer alan ölçüm istasyonu verileri ile karşılaştırılması sonucunda envanterde yer alan belirsizlikler ortaya konmuş ve modelin ölçüm sonuçları ile uyumu değerlendirilmiştir.

DİNLEDİĞİNİZ İÇİN
TEŞEKKÜRLER...