

**Mart 2019**

**Mart 2019**

## Afşin-Elbistan bölgesi kömürlü termik santrallerinin hava kalitesi, toksik ve sağlık etkilerinin geçmişten geleceğe değerlendirilmesi

*Lauri Myllyvirta, Greenpeace Küresel Hava Kirliliği Birimi baş analisti*

### Özet

Türkiye'nin doğusundaki Afşin-Elbistan bölgesi, ülkede kömürlü termik santrallerin en yoğun olarak bulunduğu bölgelerden biridir. Bu kömürlü termik santraller hava kirliliğinin ana kaynağıdır. Söz konusu santraller, beraberinde getirdikleri yüksek hava kirletici emisyon oranları ile çevre, topluluklar ve ekosistemler üzerinde büyük etkiye sahiptir. Mart 2019 itibarıyla, bölgede Elektrik Üretim A.Ş. (EÜAŞ) tarafından işletilen aktif 2 adet (Afşin A ve B) kömürlü termik santral mevcuttur (Afşin A 2018 sonunda özelleştirildi). Ayrıca, bölgedeki hava kirliliğini artıracak tahmin edilen halihazırda planlama aşamasında bulunan 6 adet kömürlü termik santral mevcuttur. Bunların dördü (Afşin C, D, E, G) EÜAŞ, ikisi (Akbayır ve Yapalak) özel şirketler tarafından planlanmaktadır.

Bu vaka çalışması, Afşin A ve B kömürlü termik santrallerinin, tesislerin işletmeye alınmasından günümüze kadarki, hava kalitesi, toksik ve sağlık etkilerinin analizini, ayrıntılı atmosferik modelleme ve mevcut epidemiyolojik verileri birleştirerek sunmaktadır. Afşin B santralının mevcut etkileri değerlendirilip, faaliyete devam etmesi durumundaki olası etkileri ve planlanan yeni projelerin olası etkileri yansıtılmıştır.

İncelenen kömürlü termik santraller kaynaklı emisyonlar, bölgede havadaki toksik parçacık ve Kükürt Dioksit (SO<sub>2</sub>) seviyelerini önemli ölçüde yükseltirken, yetişkinlerde inme, akciğer kanseri, kalp ve solunum yolu hastalıkları, çocuklarda solunum yolu enfeksiyonları riskini artırır. Bu durum, sözkonusu sebeplerden erken ölümlere neden olur. SO<sub>2</sub> (Kükürtdioksit), NO<sub>x</sub> (Azot Oksitler) ve toz emisyonları, toksik parçacıklara maruz kalınmasına katkıda bulunur.

Kömürlü termik santraller kaynaklı emisyonlar, bölgesel hava kalitesi üzerinde önemli etkiye sahiptir: Yalnızca halihazırda faaliyet gösteren Afşin B elektrik santrali kaynaklı emisyonlar, yaklaşık 300.000 kişiyi, Dünya Sağlık Örgütü kılavuzunun uygun gördüğü 24 saatlik ortalama SO<sub>2</sub> konsantrasyon değerinin üstündeki değerlere maruz bırakırken, 27.000 kişiyi, uygun görülen saatlik ortalama SO<sub>2</sub> konsantrasyon değerinin üstündeki değerlere maruz bırakıyor. Planlanmakta olan projelerin eklenmesiyle bu rakamların SO<sub>2</sub> için 500.000 kişiye, NO<sub>2</sub> için 160.000 kişiye ulaşması öngörülmüyor.

Santrallerin 2011-2016 ortalama kullanım oranlarına göre, yarattıkları emisyonların, PM2.5 ve NO<sub>2</sub> maruziyetine bağlı yılda 600 erken ölüme sebep olduğu tahmin edilmektedir. Santrallerin 1984 - 2017 arasındaki işletme ömrü göz önüne alındığında, toplam sağlık karnesinin 17.000 erken ölüme tekabül ettiği tahmin edilmektedir. Hesaplamalardaki belirsizlik, emisyonların sistematik olarak takip edilmemesi ve açıklanmaması nedeniyle, hem aşağı hem yukarı doğru olacak şekilde yüksektir. Buna rağmen, santrallerin emisyon kontrollerinin düşük performansından kaynaklanan sağlık etkilerinin olağanüstü yüksek seviyede olduğu su götürmez bir gerçektir.

## Mart 2019

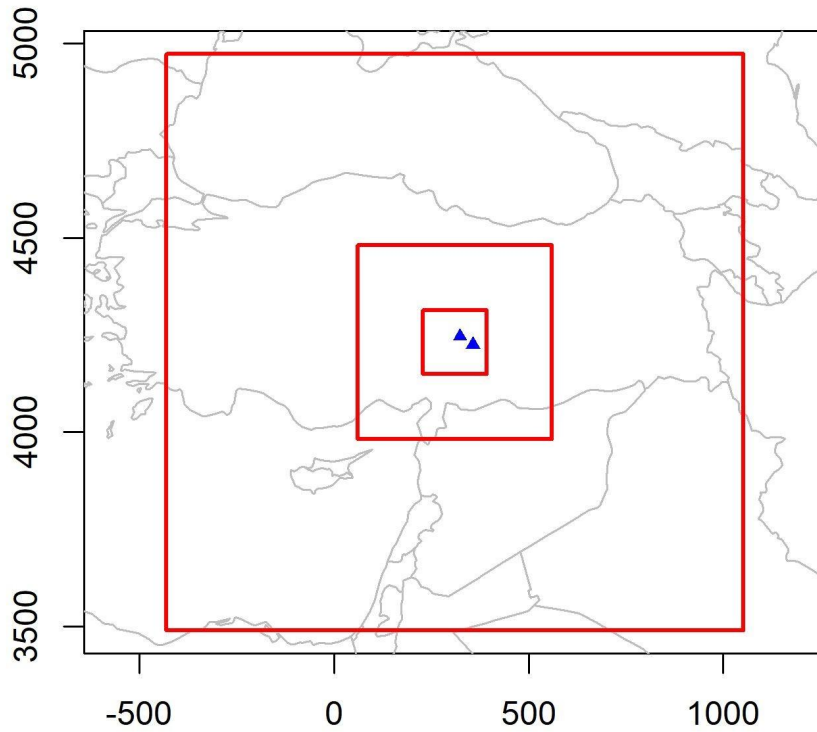
Akbayır, Yapalak ve Afşin C isimli yeni termik santral projeleri, kurulup işletilmeleri durumunda yılda yaklaşık 110 erken ölüme neden olacaktır. Beklenen işletme ömürleri ve nüfusun beklenen değişiklikleri hesaba katıldığında, bu üç projenin gelecekte toplamda yaklaşık 5.200 erken ölüme neden olması beklenmektedir.

Afşin D, E ve G'nin de eklenmesiyle, yeni projelerden kaynaklanacak erken ölümlerin sayısı yıllık 260'a, işletme ömürleri boyunca toplam 12.400'e yükselecektir. Ayrıca, Afşin B'nin 35 yıllık çalışma ömrünün sonuna kadar çalışmaya devam etmesi, 2017'den sonra yaklaşık 2.600 erken ölüme sonuçlanacaktır.

### Özetle:

- Bölgedeki mevcut kömürlü termik santraller (Afşin A ve Afşin B), bugüne kadar PM2.5 ve NO<sub>2</sub> maruziyetine bağlı 17.000 erken ölüme neden olmuştur. Afşin B santralının 2040 yılında ekonomik ömrünü tamamlamasıyla bu rakam 19.600'a çıkacak.
- Bölgede planlanan 6 ek kömürlü termik santral (Afşin C, D, E, G, Akbayır ve Yapalak) ekonomik ömürleri boyunca toplam 12.400 erken ölüme neden olacak.
- Planlanan santraller iptal edilmezse, 1984'ten santrallerin planlanan işletme ömrünün sonuna kadar, kömürden elektrik üretimi 32.000 erken ölüme neden olmuş olacak.

Şekil 1: Callpuff modelleme alanları (kırmızı) ve incelenen santrallerin yerleri (mavi üçgenler).



## Hava kirletici emisyonlar

### Mevcut üniteler

Modellemede kullanılan Afşin-Elbistan A santrali emisyon verileri ve baca özellikleri, 2004'te Dünya Bankası destekli yenileme projesi için hazırlanan Çevresel Etki Değerlendirme raporuna dayanmaktadır (EUAS 2004). Söz konusu yenileme projesi hayata geçirilmedi. Bu yüzden, 2000 yılında gerçekleştirilen ölçümlere dayanan verilerin geçerliliğini sürdürdüğü varsayılmaktadır. Veriler, emisyonun, santralin tam kapasite çalışma esnasındaki saatlik kütle akış hızı (debi) şeklindedir.

Yıllık tam yük saatlerinin ve yıllık emisyonların hesaplanabilmesi adına, iki santralin elektrik üretimine dair veriler, santrallerin 2017'ye kadar tüm işletim ömrü boyunca olacak şekilde toplandı.

Afşin-Elbistan B santrali baca emisyonu konsantrasyonu ve tesis termal verimliliği değerleri, Büyük Yakım Tesisleri Türk-Alman AB eşleştirme projesindeki verilerden alınmıştır (BMU 2006). Yakıt için birim ısı girişi başına baca gazı hacmi, EÜAŞ (2004) verisinden hesaplanmıştır. Baca gazı çıkış hızı ve sıcaklığına dair bilgi mevcut değildir, tipik değerler kullanılmıştır.

Afşin-Elbistan A'nın toplam toz emisyonu içinden PM2.5 ve PM10 emisyonlarını ve Afşin-Elbistan B için kömür yanmasının ESP'li (elektrostatik toz filtresi) emisyon faktörlerini ölçmek için, ABD EPA AP-42'de ifade edilen kontrolsüz kömür yanması varsayılan parçacık büyüklüğü dağılımı kullanılmıştır. ESP'lerin emisyon faktörleri, tesisteki partikül kontrollerinin aşırı zayıf kontrol performansı nedeniyle Afşin-Elbistan A için uygun görülmedi. Fakat, söz konusu dağılımın kullanılması, muhtemelen emisyonları gerçek değerinin altında tahminlemekte, hesaplamaları ölçülü kılmaktadır.

Tablo 1: Modellenen bacalar.

Santral	Baca Tipi	Numara	Baca yüksekliği, m	Baca iç çapı, m	Baca gazı hızı, m/s	Baca gazı sıcaklığı, C
Afşin-Elbistan A	Ana	4	145	3,8	22,75	210
Afşin-Elbistan A	Brüden	12	120	1,7	28,33	105
Afşin-Elbistan B	Ana	2	150	5	24	70

Tablo 2: Emisyon oranları.

Santral	Baca tipi	SO <sub>2</sub> , kg/s	NO <sub>x</sub> , kg/s	PM, kg/s
Afşin-Elbistan A	Ana	11000,0	686,0	3025,0
Afşin-Elbistan A	Brüden	500,0	98,0	1008,3
Afşin-Elbistan B	Ana	2691,6	1518,8	116,5

Tablo 3: Ünitelerin işletmeye alınma tarihleri

<b>Afşin-Elbistan A</b>	Ünite 1	07-07-1984
	Ünite 2	05-03-1985
	Ünite 3	25-01-1986
	Ünite 4	21-11-1987
<b>Afşin-Elbistan B</b>	Ünite 1	01-03-2006
	Ünite 2	17-09-2006
	Ünite 3	23-06-2006
	Ünite 4	13-11-2006

### Planlanan yeni santraller

Akbayır ve Yapalak projelerine yönelik Tablo 4 ve 5'te gösterilen atmosferik modelleme için gerekli veriler, projelerin Çevresel Etki Değerlendirmesi (ÇED) raporlarından alınmıştır. Afşin C için baca gazındaki NOx ve toz konsantrasyonları ve SO2 giderme verimliliği ÇED raporunda verilmiştir. Baca gazındaki SO2 konsantrasyonu, 2004'te EÜAŞ tarafından hesaplanan Afşin A'daki arıtılmamış baca gazı ortalama konsantrasyon değerleri ile ÇED raporunda belirtilen giderme verimliliği uygulanarak hesaplanmıştır. Eksik baca bilgileri, diğer santrallerdeki en ölçülü (en yüksek) değerlere binaen alınmıştır. Santral termal kapasitesi, saatlik linyit girişi ve linyitin kalorifik değerlerinden hesaplanmıştır. Kullanılan kömür benzer kalitede olduğundan, termal girdi başına baca gazı hacminin, ÇED raporlarında Yapalak ve Akbayır için kullanılan değerlerle aynı olduğu varsayılmıştır. ÇED raporlarındaki bilgilere dayanarak Afşin C, D, E ve G santralleri için 35 yıllık, Akbayır ve Yapalak santralleri için 30 yıllık çalışma ömürleri öngörülmüştür.

Tablo 4: Modellenen bacalar.

Proje	Enlem	Boylam	Baca yüksekliği, m	Baca iç çapı, m	Baca gazı hızı, m/s	Baca gazı sıcaklığı, C
<b>Akbayır</b>	38,172	37,368	150	5,5	14	70
<b>Afşin-Elbistan C</b>	38,395	36,882	150	6,8	24	80
<b>Yapalak</b>	38,295	37,252	150	6,2	13,5	80

Tablo 5: Emisyon verileri.

Proje	Baca gazı konsantrasyonları, mg/Nm <sup>3</sup>			Emisyon oranı, kg/s			Yıllık tam kapasite çalışma saatleri
	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	toz	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	toz	
Akbayır	200	200	30	180	180	27	7000
Afşin-Elbistan C	%98 giderme verimliliği	200	30	1269	1648	247	6948
Yapalak	200	200	30	200	200	30	7500

Planlanan diğer genişleme projeleri ile ilgili lokasyonlar, emisyon sınır değerleri ve diğer detaylar henüz yayınlanmadığından, bu projelerin sağlık etkileri, projelerin emisyonlarının kapasiteye oranla Afşin C'ye benzer olacağı varsayılarak hesaplandı.

Tablo 6: Mevcut santrallerin yıllık elektrik üretimi, MWh.

Yıl	Afsin-Elbistan A	Afsin-Elbistan B
1984	449799	0
1985	2283800	0
1986	4471240	0
1987	3024320	0
1988	1947300	0
1989	5650160	0
1990	4997140	0
1991	3642080	0
1992	4049720	0
1993	3210430	0
1994	5174910	0
1995	5869350	0
1996	5448410	0
1997	5010480	0
1998	7693210	0
1999	7689700	0
2000	4731890	0
2001	5234080	0
2002	2887300	0
2003	3081190	0
2004	1825440	573500
2005	2512910	4431300
2006	2760533	4888300

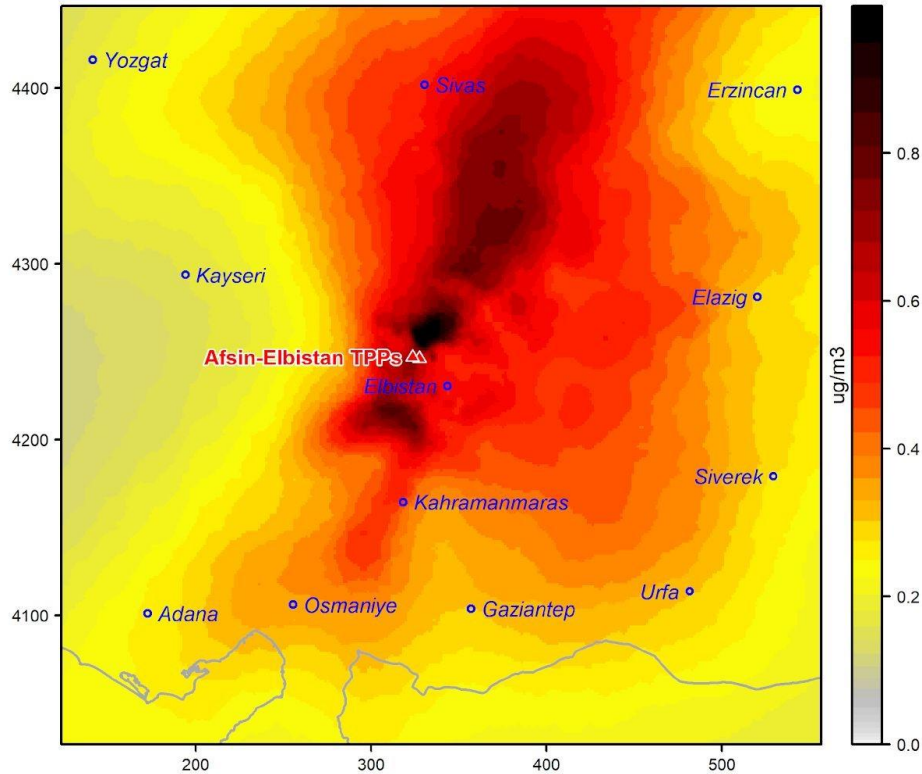
2007	4150502	6148800
2008	4198066	7241155
2009	4114400	7842950
2010	2041700	7694418
2011	3251000	5732987
2012	2960100	4623200
2013	2128300	2197000
2014	2336510	3036710
2015	1028185	1430725
2016	2440228	428160
2017	208280	3351103

## Hava kalitesi üzerindeki etkiler

Kömürlü termik santral kaynaklı emisyonlar, bölgesel hava kalitesi üzerinde önemli etkiye sahiptir. Öyle ki; yalnızca halihazırda faaliyet gösteren Afşin B termik santrali kaynaklı emisyonlar, yaklaşık 300.000 kişiyi, Dünya Sağlık Örgütü'nün 24 saatlik ortalama SO<sub>2</sub> konsantrasyon kılavuz değerinin üstündeki değerlere, 27.000 kişiyi, saatlik ortalama NO<sub>2</sub> konsantrasyon kılavuz değerinin üstündeki değerlere maruz bırakıyor. Planlanmakta olan projelerin eklenmesiyle bu rakamların SO<sub>2</sub> için 500.000 kişiye, NO<sub>2</sub> için 160.000 kişiye ulaşması öngörülmüyor.

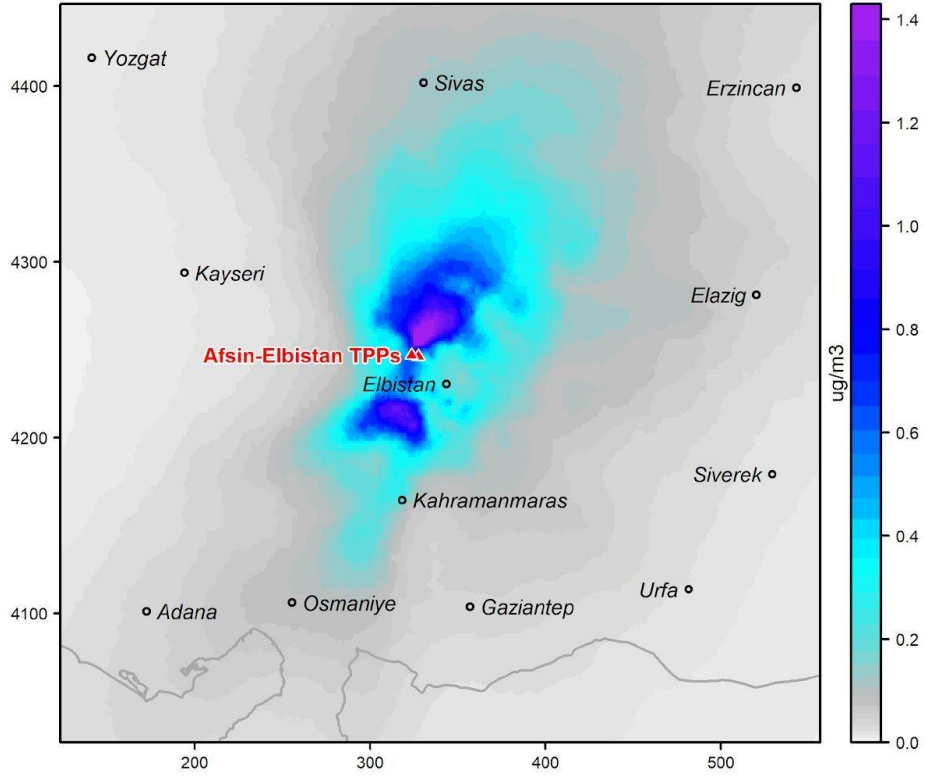
## Mevcut santraller

Şekil 2 : Afşin A ve B santrallerinden kaynaklanan emisyonlara atfedilen tahmini yıllık ortalama PM<sub>2,5</sub> konsantrasyonu



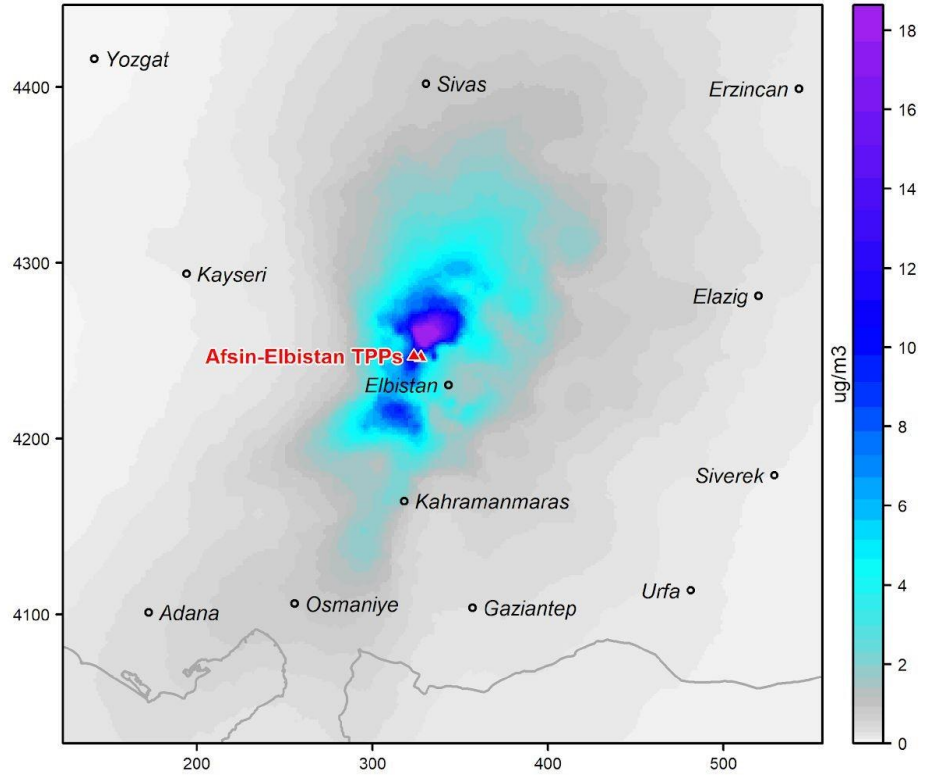
Mart 2019

Şekil 3: Afşin A ve B santrallerinden kaynaklanan emisyonların sebep olduğu tahmini yıllık ortalama NO<sub>2</sub> konsantrasyonu



Şekil 4 Afşin A ve B santrallerinden kaynaklanan emisyonların sebep olduğu tahmini yıllık ortalama SO<sub>2</sub> konsantrasyonu

Mart 2019

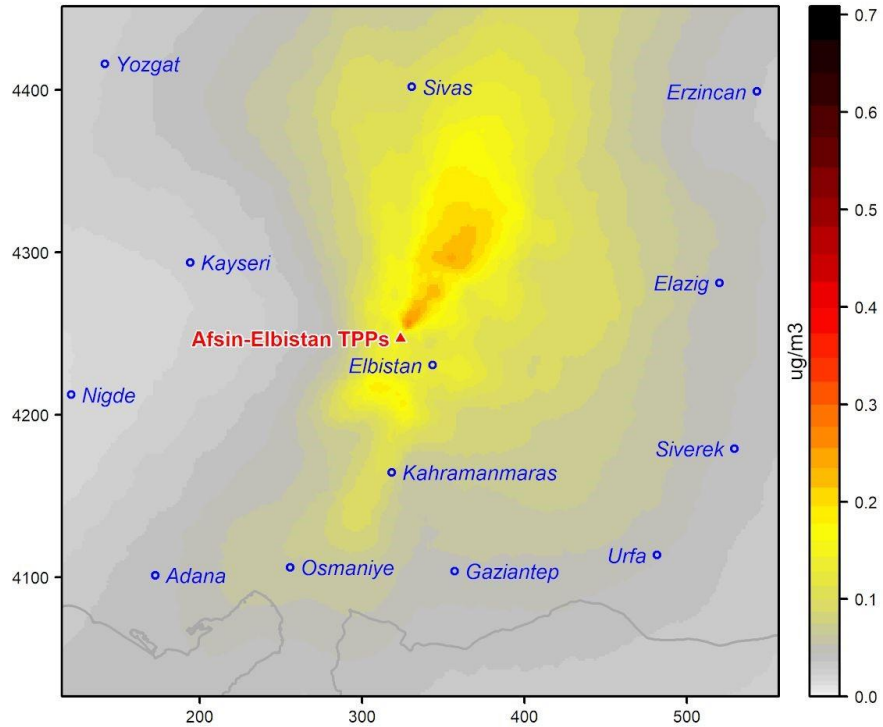


### Gelecekteki durum

Şekil 5: Santrallerden kaynaklanan emisyonlara atfedilen tahmini yıllık ortalama PM2,5 konsantrasyonları:

a) yalnızca Afsin B kaynaklı; b) Akbayır c) Yapalak d) Afsin B ve C, Akbayır, Yapalak e) Afsin B, Afsin C, D, E, G, Akbayır ve Yapalak

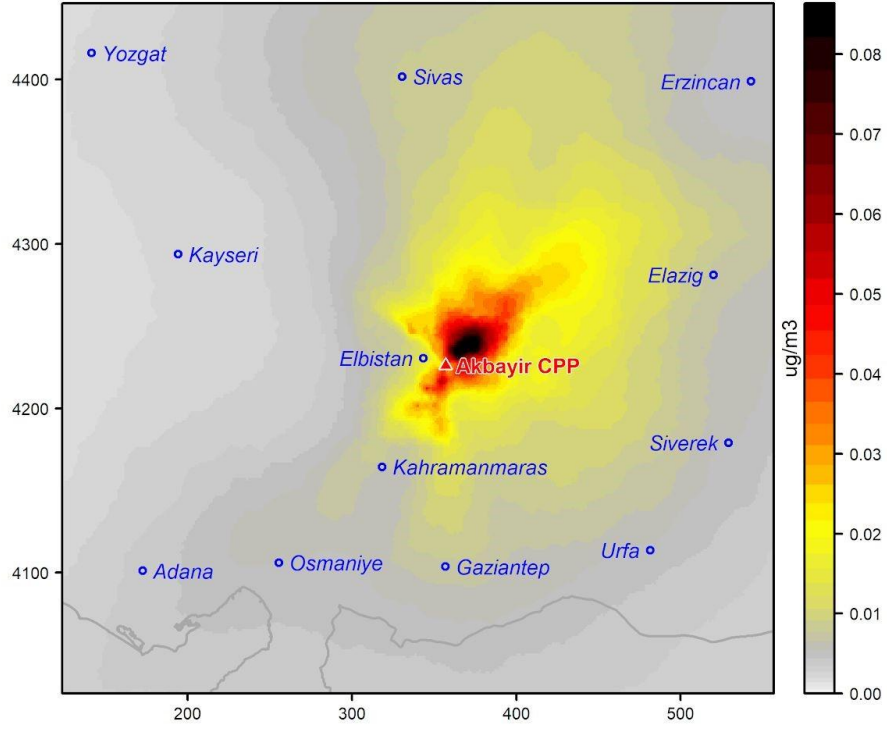
#### a) Afsin B santrali yıllık ortalama PM2,5 konsantrasyonu



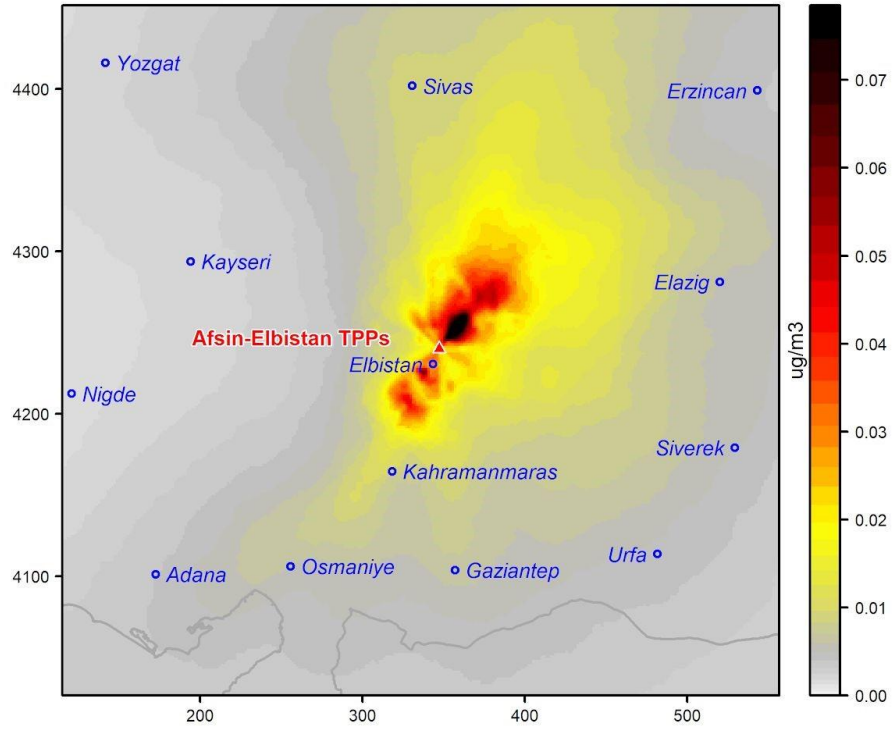


Mart 2019

b) Akbayır santrali yıllık ortalama PM2,5 konsantrasyonu

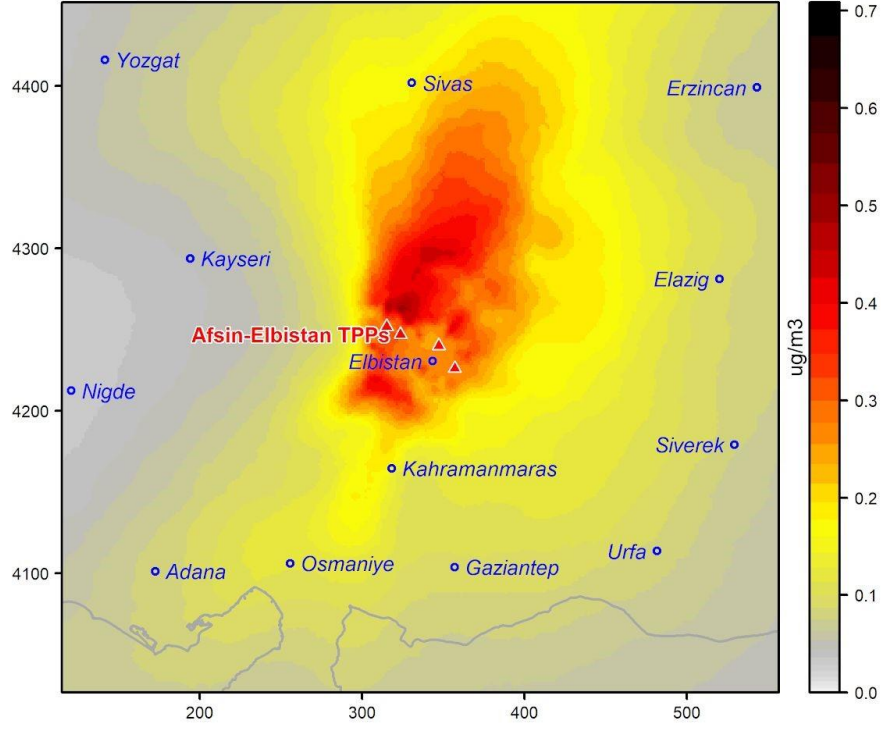


c) Yapalak santrali yıllık ortalama PM2,5 konsantrasyonu

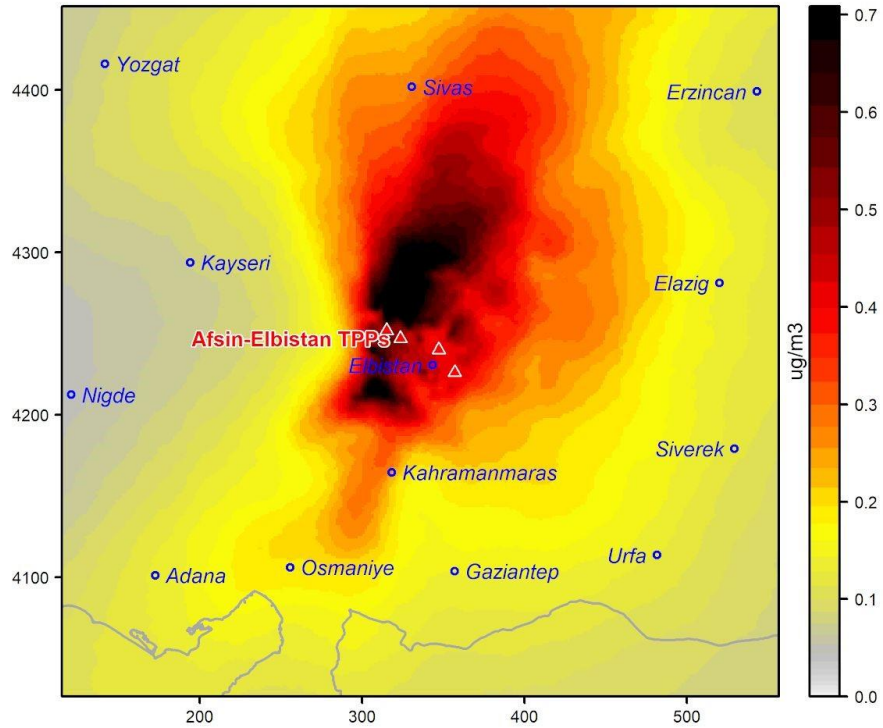


d) Afşin B, Afşin C, Akbayır ve Yapalak santralleri yıllık ortalama PM2,5 konsantrasyonu

Mart 2019



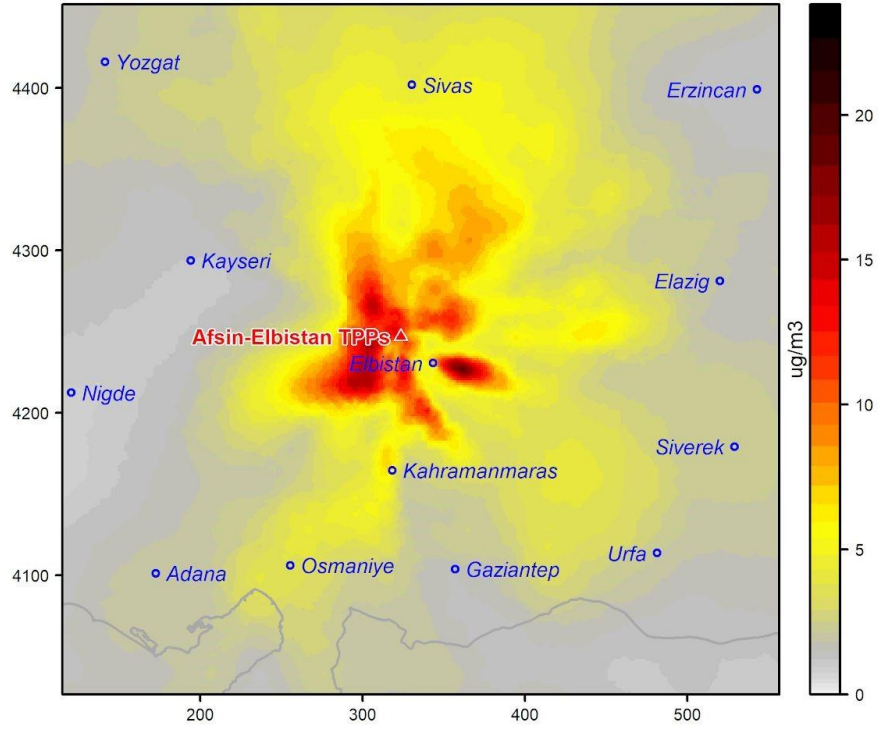
e) Afşin B, C, D, E ve G, Akbayır ve Yapalak santralleri yıllık ortalama PM2,5 konsantrasyonu



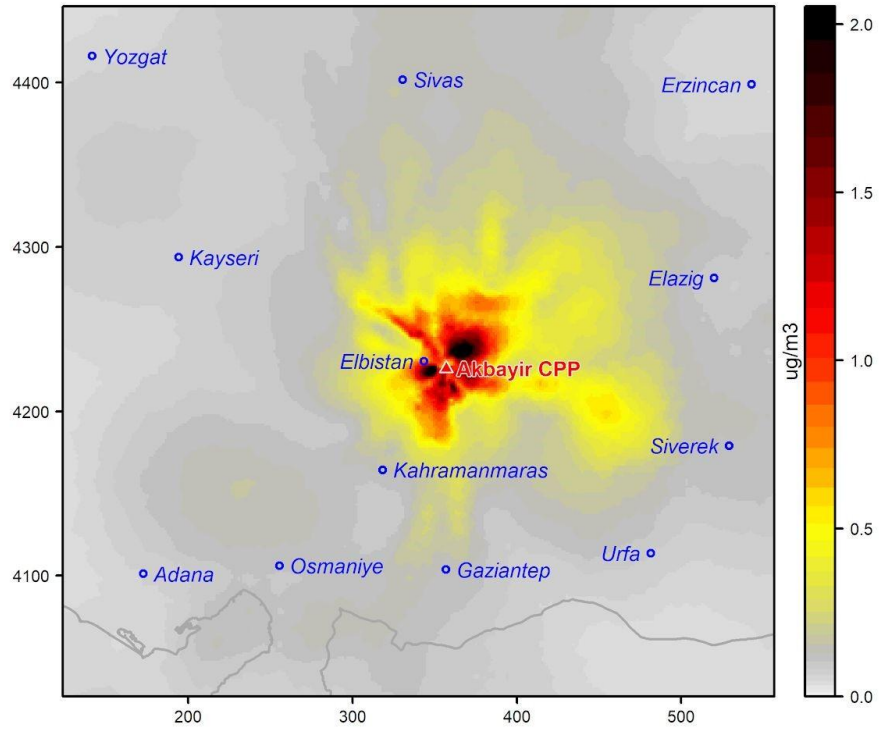
Şekil 6 : Santrallerden kaynaklanan emisyonlara atfedilen tahmini 24 saatlik maksimum PM2,5 konsantrasyonları:  
a) yalnızca Afşin B kaynaklı; b) Akbayır c) Yapalak d) Afşin B ve C, Akbayır, Yapalak e) Afşin B, Afşin C-G, Akbayır ve Yapalak

Mart 2019

a) Afşin B santrali 24 saatlik maksimum PM2,5 konsantrasyonu

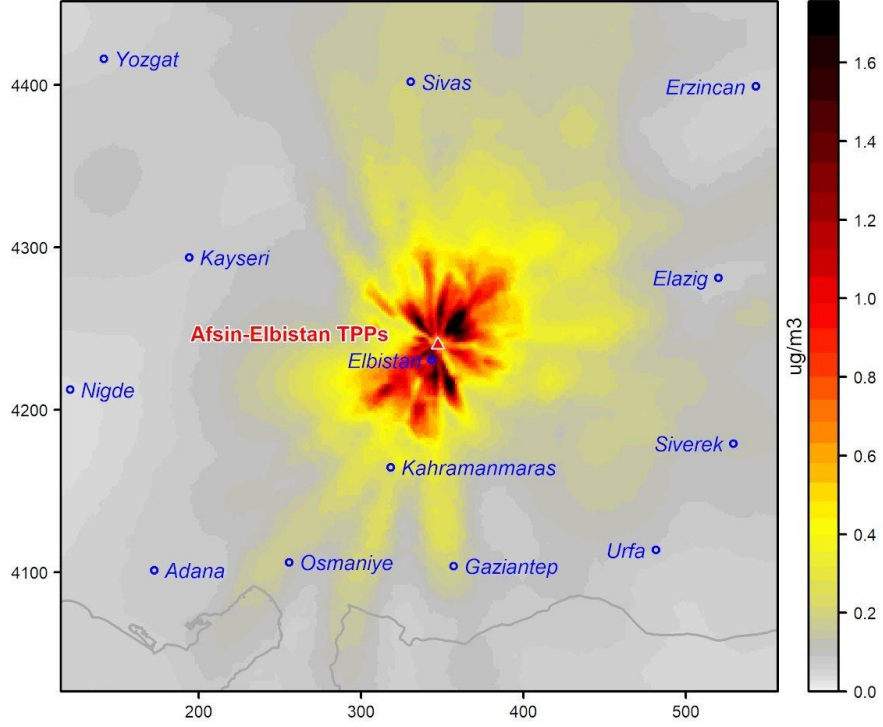


b) Akbayır santrali 24 saatlik maksimum PM2,5 konsantrasyonu

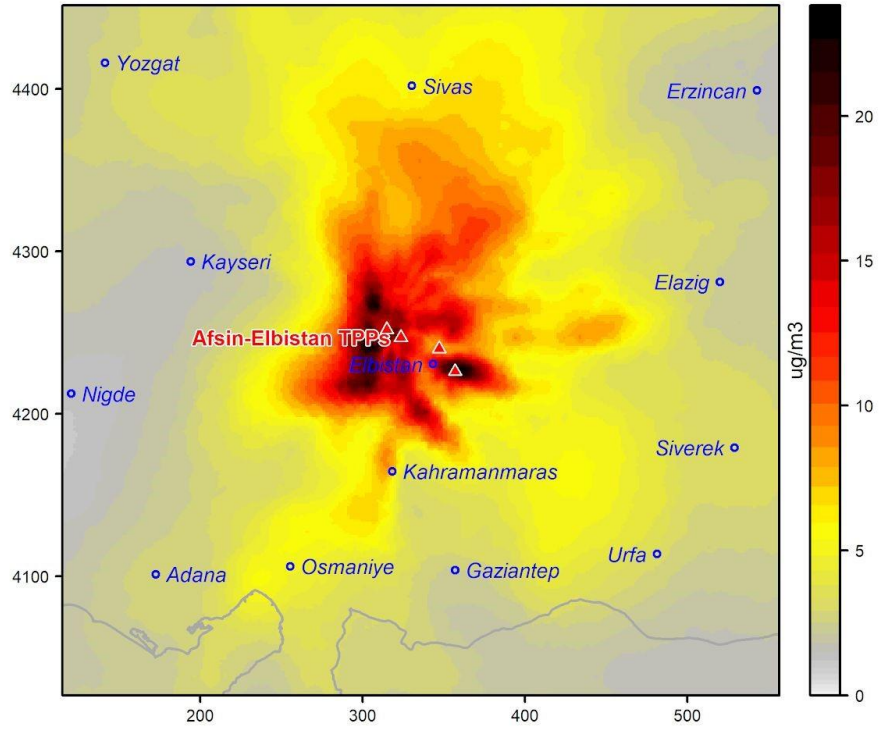


c) Yopalak santrali 24 saatlik maksimum PM2,5 konsantrasyonu

Mart 2019

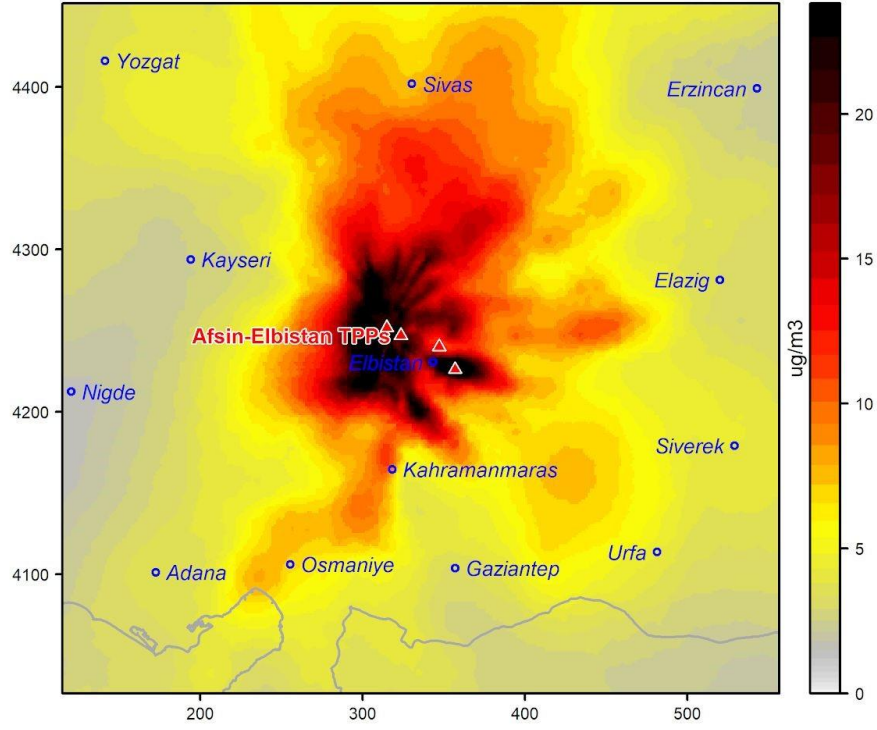


d) Afşin B&C, Akbayır ve Yapalak santralleri 24 saatlik maksimum PM2,5 konsantrasyonu



e) Afşin B, C, D, E ve G, Akbayır ve Yapalak santralleri 24 saatlik maksimum PM2,5 konsantrasyonu

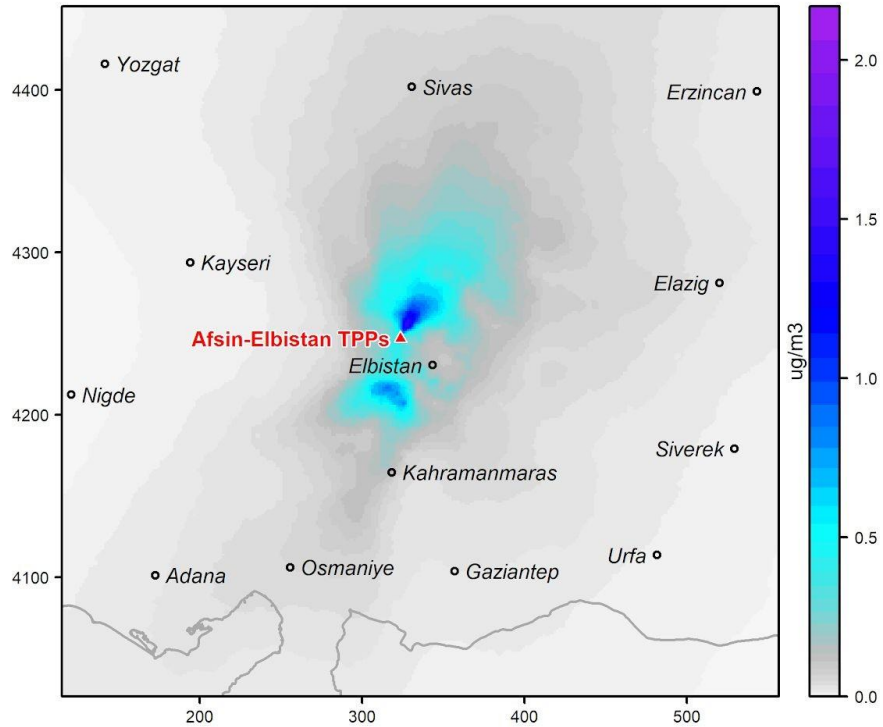
Mart 2019



Şekil 7: Santrallerden kaynaklanan emisyonlara atfedilen tahmini yıllık ortalama NO2 konsantrasyonları:

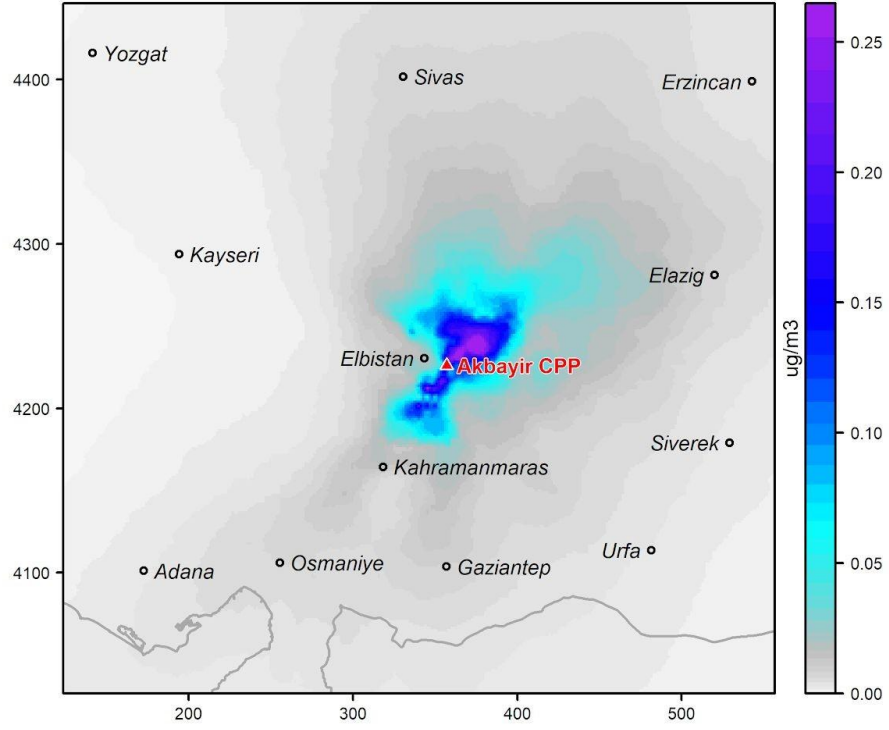
a) yalnızca Afsin B kaynaklı; b) Akbayır c) Yapalak d) Afsin B ve C, Akbayır, Yapalak e) Afsin B, Afsin C-G, Akbayır ve Yapalak

a) Afsin B santrali yıllık ortalama NO2 konsantrasyonu

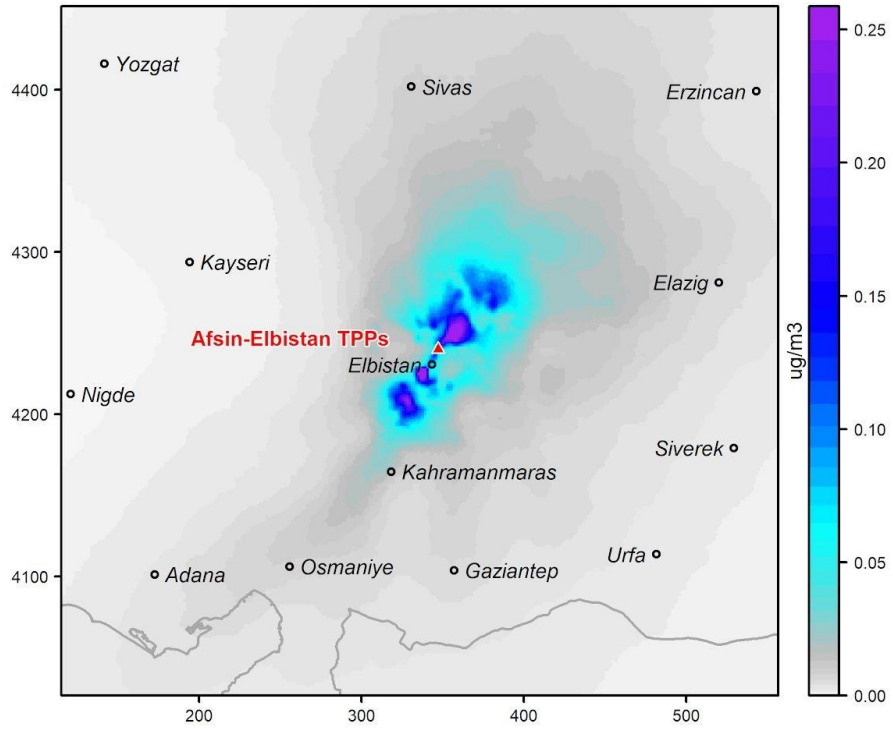


b) Akbayır santrali yıllık ortalama NO2 konsantrasyonu

Mart 2019

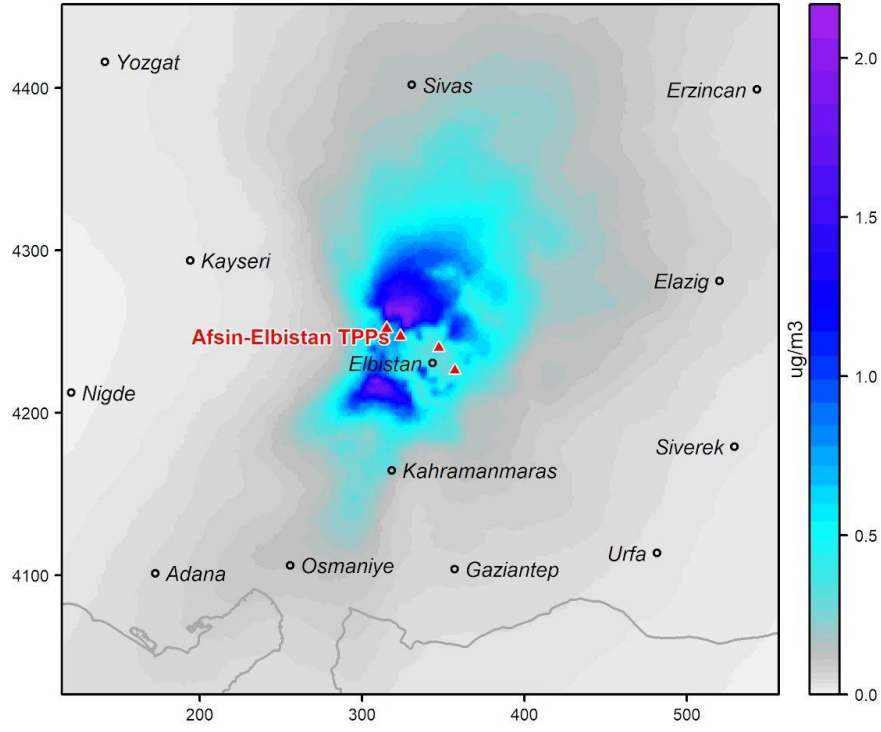


c) Yopalak santrali yıllık ortalama NO2 konsantrasyonu

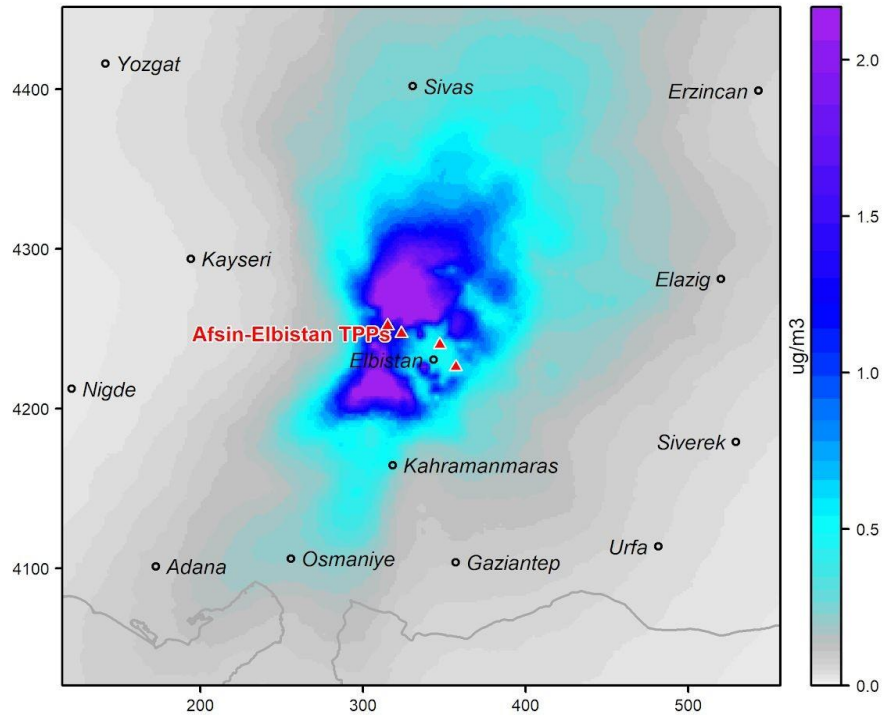


Mart 2019

d) Afşin B&C, Akbayır ve Yapalak santralleri yıllık ortalama NO2 konsantrasyonu



e) Afşin B, C, D, E ve G, Akbayır ve Yapalak santralleri yıllık ortalama NO2 konsantrasyonu

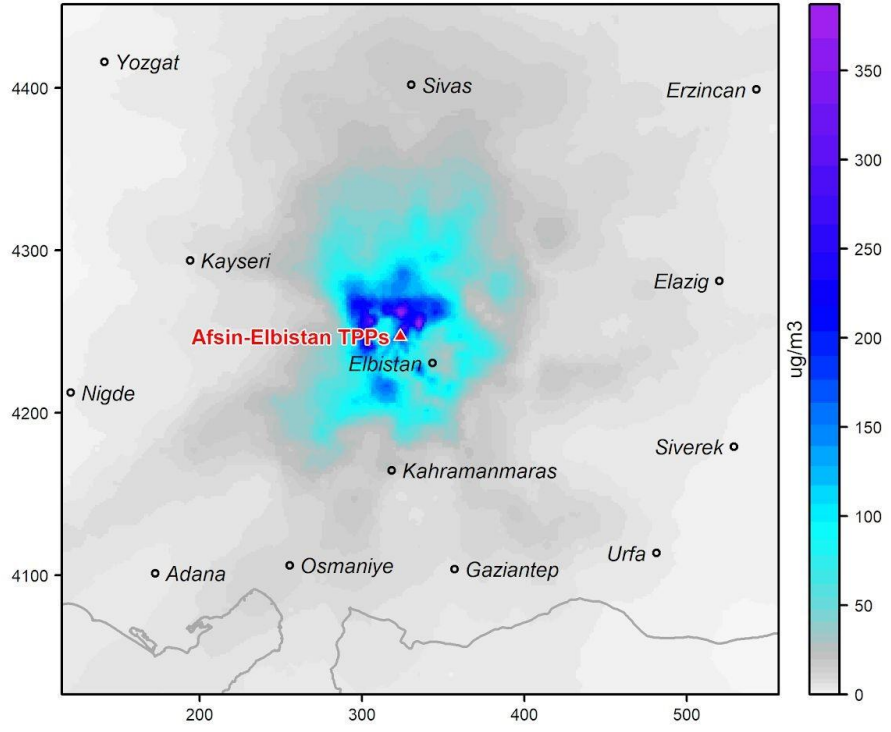


Şekil 8: Santrallerden kaynaklanan emisyonlara atfedilen tahmini saatlik maksimum NO2 konsantrasyonları:

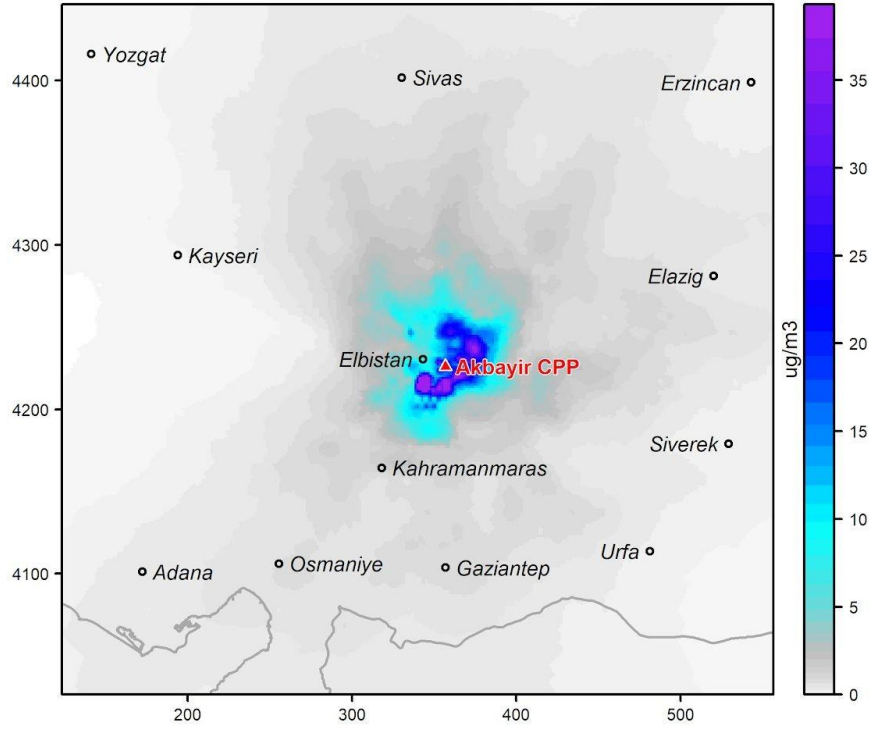
a) yalnızca Afşin B kaynaklı; b) Akbayır c) Yapalak d) Afşin B ve C, Akbayır, Yapalak e) Afşin B, Afşin C-G, Akbayır ve Yapalak

Mart 2019

a) Afşin B santrali saatlik maksimum NO2 konsantrasyonu



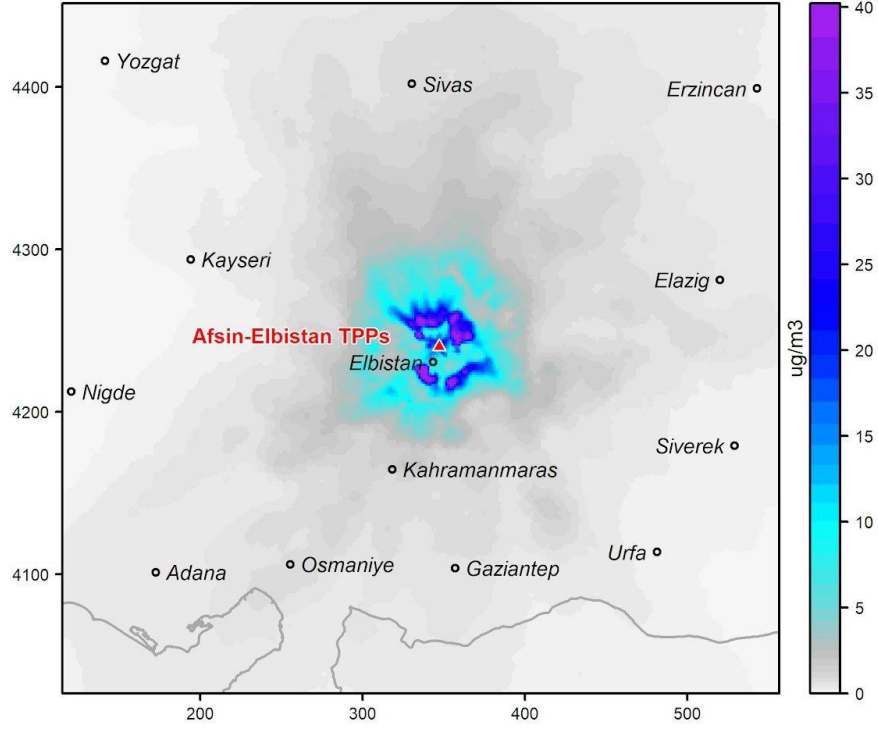
b) Akbayır santrali saatlik maksimum NO2 konsantrasyonu



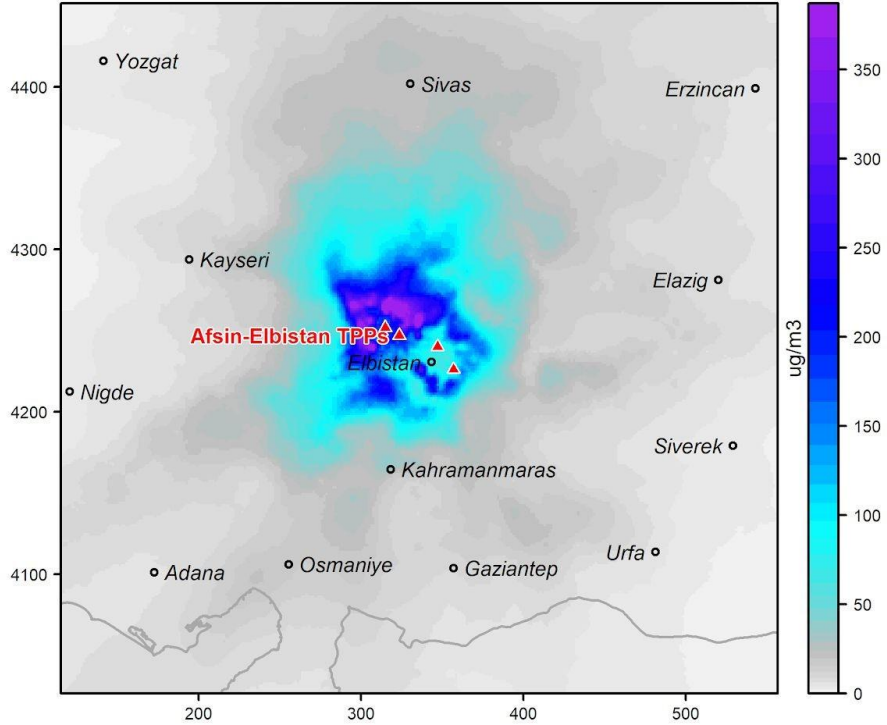
c) Yapalak santrali saatlik maksimum NO2 konsantrasyonu



Mart 2019

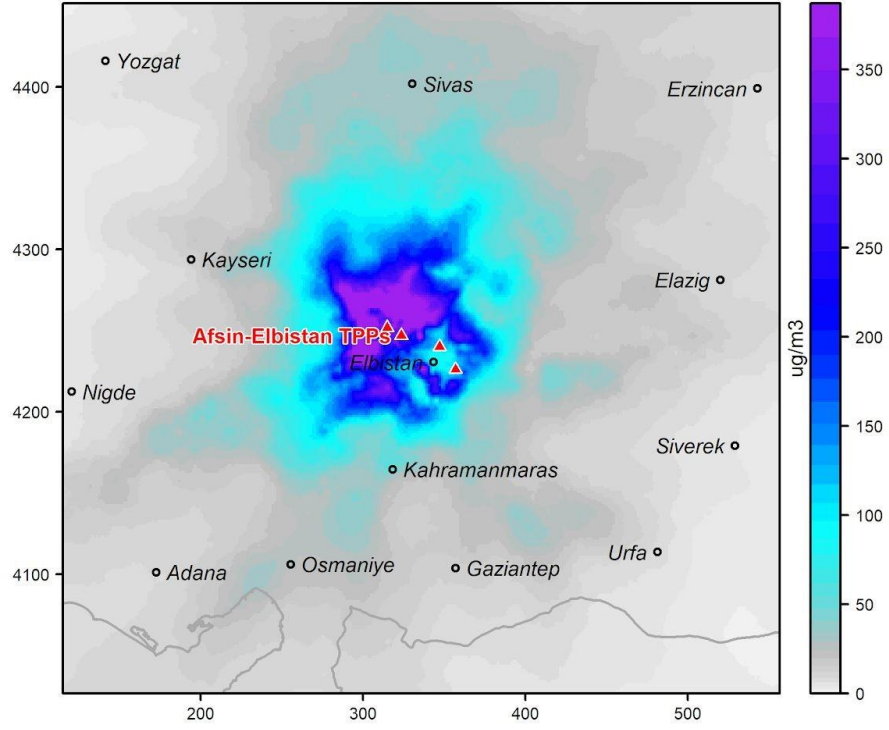


d) Afşin B&C, Akbayır ve Yapalak santralleri saatlik maksimum NO2 konsantrasyonu



Mart 2019

e) Afşin B,C ,D, E ve G, Akbayır ve Yapalak santralleri saatlik maksimum NO2 konsantrasyonu

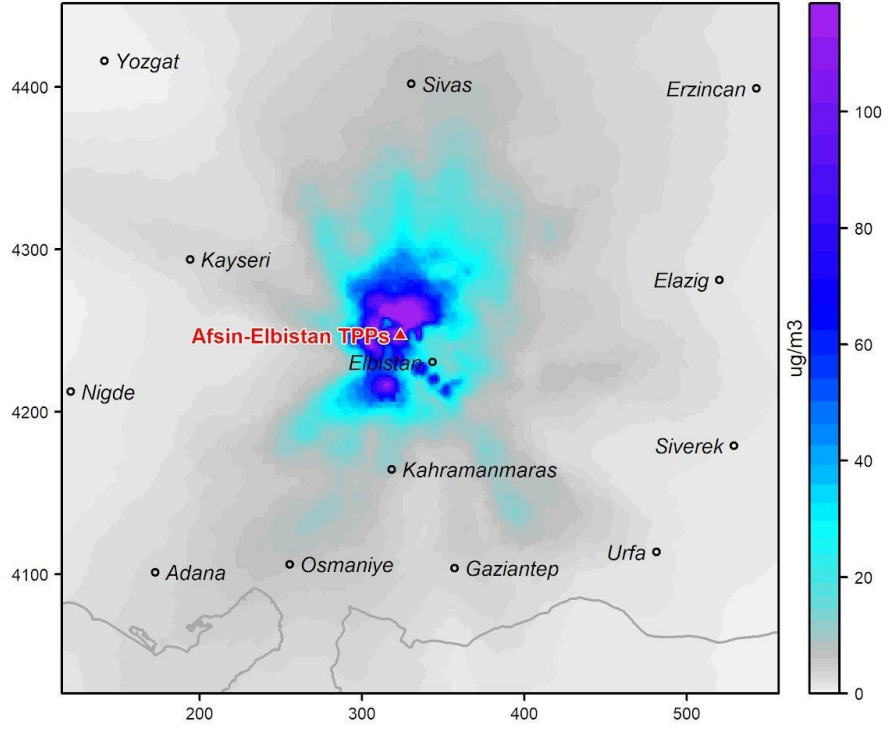


Şekil 9: Santrallerden kaynaklanan emisyonlara atfedilen tahmini günlük maksimum SO2 konsantrasyonları:

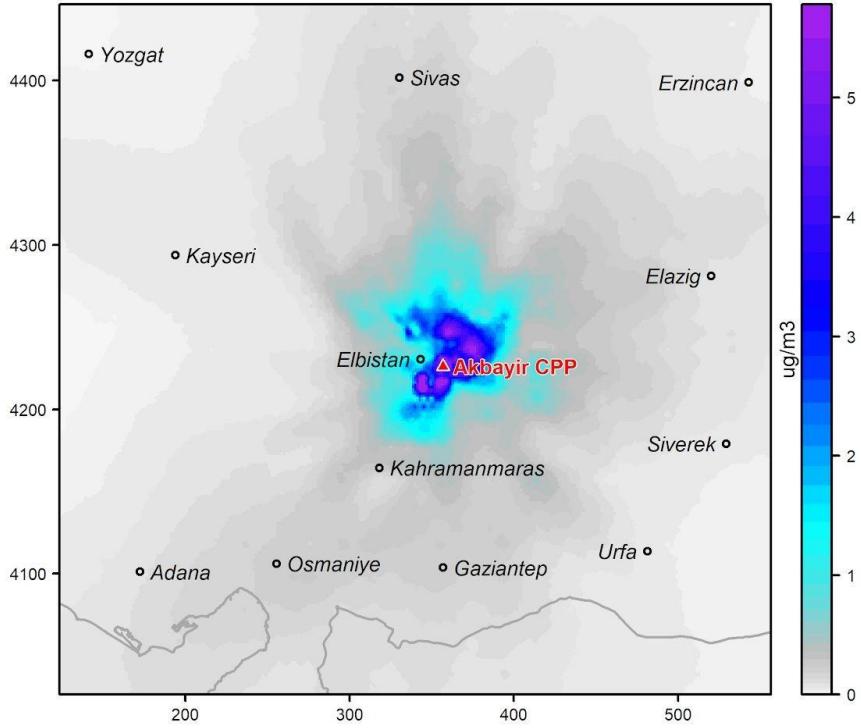
a) yalnızca Afşin B kaynaklı; b) Akbayır c) Yapalak d) Afşin B ve C, Akbayır, Yapalak e) Afşin B, Afşin C-G, Akbayır ve Yapalak

a) Afşin B santrali 24 saatlik maksimum SO2 konsantrasyonu

Mart 2019

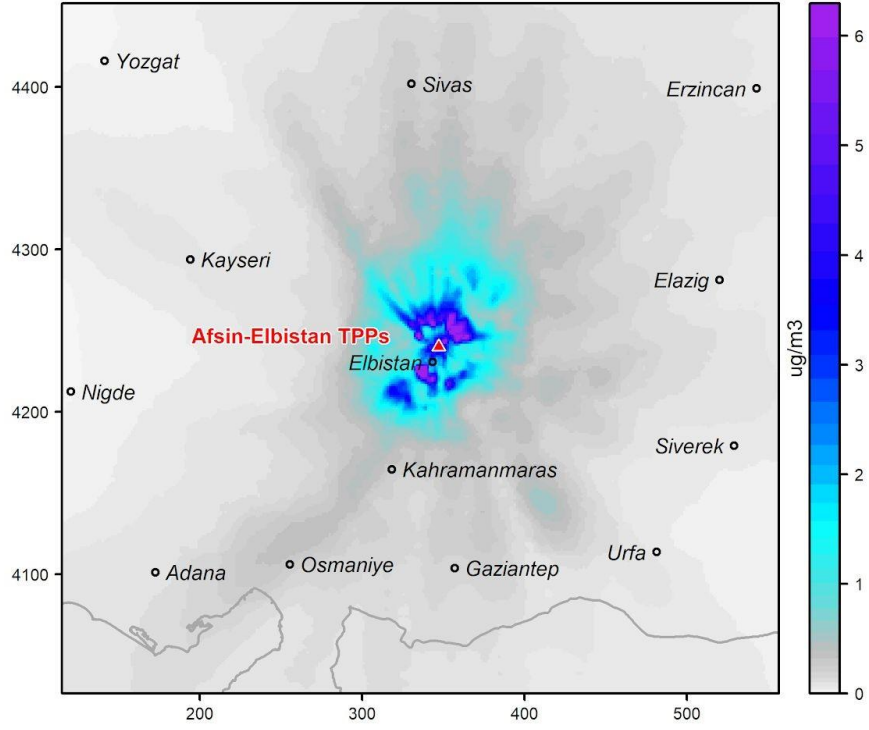


b) Akbayır santrali 24 saatlik maksimum SO2 konsantrasyonu

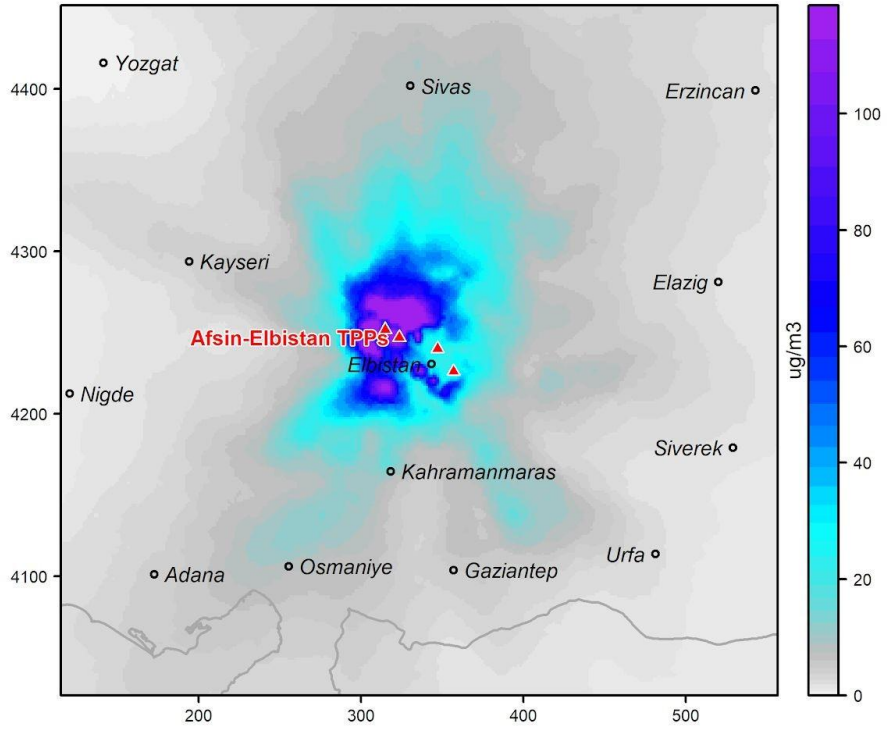


c) Yapalak santrali 24 saatlik maksimum SO2 konsantrasyonu

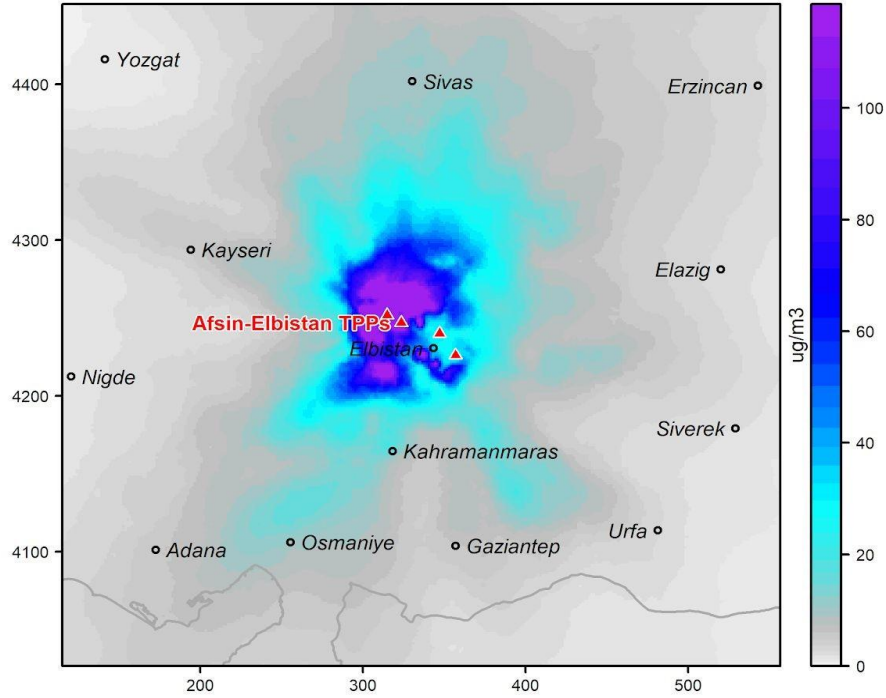
Mart 2019



d) Afşin B&C, Akbayır ve Yapalak santralleri 24 saatlik maksimum SO2 konsantrasyonu



e) Afşin B, C, D, E ve G, Akbayır ve Yapalak santralleri 24 saatlik maksimum SO2 konsantrasyonu



## Sağlık üzerindeki etkiler:

### Mevcut santraller

Santrallerin 2011-2016 ortalama kullanım oranlarına göre, santraller kaynaklı emisyonların, PM2.5 ve NO2 maruziyetine bağlı yılda 600 erken ölüme sebep olduğu tahmin ediliyor. Santrallerini işletme ömrü boyunca sağlık üzerindeki kümülatif etkisinin 17.000 erken ölüm olarak gerçekleştiği tahmin edilmektedir. Hesaplamalardaki belirsizlik, emisyonların sistematik olarak takip edilmemesi ve açıklanmaması nedeniyle, hem aşağı hem yukarı doğru olacak şekilde yüksektir. Buna rağmen, santrallerin emisyon kontrollerinin düşük performansından kaynaklanan sağlık etkilerinin olağanüstü yüksek seviyede olduğu su götürmez bir gerçektir.

Tablo 7: 2011 - 2016 arası ortalama çalışma oranlarıyla, Afsin A ve B santrallerinin tahmini yıllık sağlık etkisi

Etki	Kirletici faktör	Değer	95% güven aralığı	Birim
erken ölümler	NO2	48	(27 - 68)	yıllık vakalar
erken ölümler	PM2.5	553	(361 - 733)	yıllık vakalar
düşük doğum ağırlığı	PM2.5	255	(79 - 443)	yıllık doğumlar
çocuklarda astım ve bronşit semptomları	PM10	19200	(4160 - 34600)	yıllık vakalar
yetişkinlerde kronik bronşit	PM10	352	(125 - 551)	yıllık yeni vaka
çocuklarda bronşit	PM10	2140	(-562 - 4840)	vaka
hastane kabulleri	NO2	32	(20 - 43)	yıllık vakalar
hastane kabulleri	PM2.5	597	(24 - 1170)	yıllık vakalar

## Mart 2019

yılda hasta olunan gün sayısı, milyon	PM2.5	1.23	(1.10 - 1.38)	yıllık vakalar, milyon
yıllık kayıp iş günü sayısı	PM2.5	139000	(118000 - 159000)	yıllık vakalar

Tablo 8: Afşin A&B santrallerinin 1984-2017 arası tahmini kümülatif sağlık etkisi.

Etki	Kirletici Faktör	Değer	95% güvenilirlik aralığı
erken ölümler	NO2	990	(565 - 1420)
erken ölümler	PM2.5	16100	(10500 - 21300)
düşük doğum ağırlığı	PM2.5	7640	(2370 - 13300)
çocuklarda astım ve bronşit semptomları	PM10	575000	(125000 - 1040000)
yetişkinlerde kronik bronşit	PM10	10400	(3690 - 16300)
hastane kabulleri	NO2	672	(431 - 912)
hastane kabulleri	PM2.5	17700	(725 - 34700)
hasta olunan gün sayısı, milyon	PM2.5	36,5	(32.7 - 41.0)
kayıp iş günü sayısı, milyon	PM2.5	4,05	(3.44 - 4.65)

### Gelecekteki durum

Plan aşamasında olan Akbayır, Yapalak ve Afşin C termik santralleri, kurulup işletilirse yılda yaklaşık 110 erken ölüme neden olacaktır. Beklenen işletme ömürleri ve nüfusun beklenen değişiklikleri hesaba katıldığında, bu üç projenin gelecekte toplamda yaklaşık 5.200 erken ölüme neden olacağı beklenmektedir.

Afşin D, E ve G projelerinin de eklenmesiyle, yeni projeler kaynaklı erken ölümlerin sayısı yıllık 260'a, işletme ömürleri boyunca toplam 12.400'e yükselecektir.

Ayrıca, Afşin B'nin 35 yıllık çalışma ömrünün sonuna kadar devam etmesi, 2017'den sonra yaklaşık 2.600 erken ölüme sonuçlanacaktır.

Tablo 9: Önerilen yeni projelerin öngörülen yıllık sağlık etkileri.

Etki	Kirletici faktör	Birim	Afşin-Elbistan C	Afşin-Elbistan D-E-G	Akbayır	Yapalak	Toplam	95% güven aralığı
erken ölümler	PM2.5	yıllık vakalar	59	98	8	9	173	(113 - 229)
erken ölümler	NO2	yıllık vakalar	31	51	4	4	91	(52 - 130)
düşük doğum ağırlığı	PM2.5	yıllık doğumlar	30	49	4	4	87	(27 - 151)

**Mart 2019**

<b>çocuklarda astım ve bronşit semptomları</b>	PM10	yıllık vakalar	2,210	3,680	284	335	6.510	(1.410 - 11.700)
<b>yetişkinlerde kronik bronşit</b>	PM10	yıllık yeni vaka	40	67	5	6	118	(42 - 184)
<b>çocuklarda bronşit</b>	PM10	vaka	247	411	32	37	727	(-191 - 1.640)
<b>hastane kabulleri</b>	PM2.5	yıllık vakalar	69	114	9	10	202	(8 - 396)
<b>hastane kabulleri</b>	NO2	yıllık vakalar	22	36	3	3	63	(41 - 86)
<b>yılda hasta olunan gün sayısı</b>	PM2.5	yıllık vakalar	141.000	235.000	18.100	21.300	416.000	(372.000 - 467.000)
<b>yıllık kayıp iş günü sayısı</b>	PM2.5	yıllık vakalar	15.600	26.000	1.990	2.310	45.900	(39.100 - 52.800)

*Tablo 10. Önerilen yeni projelerin öngörülen kümülatif toplam sağlık etkileri.*

<b>Etki</b>	<b>Kirletici faktör</b>	<b>Birim</b>	<b>Afşin B</b>	<b>Afşin C</b>	<b>Afşin D-E-G</b>	<b>Akbayır</b>	<b>Yapalak</b>	<b>Toplam</b>	<b>95% güven aralığı</b>
<b>erken ölümler</b>	PM2.5	vaka	2,010	2,840	4,720	287	342	10,200	(6,650 - 13,500)
<b>erken ölümler</b>	NO2	vaka	611	1,450	2,410	148	168	4,790	(2,730 - 6,880)
<b>düşük doğum ağırlığı</b>	PM2.5	doğumlar	964	1,180	1,960	127	149	4,380	(1,360 - 7.610)
<b>çocuklarda astım ve bronşit semptomları</b>	PM10	vaka	70.900	86.600	144,000	9.350	11.100	322,000	(69.800 - 581.000)
<b>yetişkinlerde kronik bronşit</b>	PM10	yeni vaka	1.300	1.610	2.680	172	203	5.970	(2.120 - 9.340)

## Mart 2019

<b>çocuklarda bronşit</b>	PM10	vaka	7.890	9.610	16.000	1.040	1.230	35.800	(-9.400 - 80.900)
<b>hastane kabulleri</b>	PM2.5	vaka	2.230	2.720	4.540	293	346	10.100	(415 - 19.900)
<b>hastane kabulleri</b>	NO2	vaka	410	831	1.380	90	101	2.820	(1.810 - 3.820)
<b>yılda hasta olunan gün sayısı</b>	PM2.5	vaka	4.600.000	5,610,000	9,350,000	603.000	713.000	##### ###	(18,700,000 - 23,500,000)
<b>kayıp iş günü sayısı</b>	PM2.5	vaka	520,000	652.000	1,090,000	69.100	80.900	2.410,000	(2,050,000 - 2,770,000)

## Referanslar

BMU (2007). Large combustion plants according to LCP-Directive in Turkey. Twinning-Projekt TR-03-EN-01. Ekim 2006.

Dadvand P et al, 2013. Maternal Exposure to Particulate Air Pollution and Term Birth Weight: A Multi-Country Evaluation of Effect and Heterogeneity. Environmental Health Perspectives.  
<http://ehp.niehs.nih.gov/pdf-files/2013/Feb/ehp.1205575.pdf>

EUAS 2004. Afsin-Elbistan A Thermal Power Plant Rehabilitation and Construction of Flue Gas Desulphurization Unit Project. Environmental Impact Assessment.  
<http://documents.worldbank.org/curated/en/699451468174238273/pdf/E1307.pdf>

Huscher, Myllyvirta, Gierens 2017: Modellbasiertes Health Impact Assessment zu grenzüberschreitenden Auswirkungen von Luftschadstoffemissionen europäischer Kohlekraftwerke. Umweltmedizin - Hygiene - Arbeitsmedizin Band 22, Nr. 2 (2017) <https://www.ecomed-umweltmedizin.de/leseproben/self/umweltmedizin--hygiene--arbeitsmedizin-band-22-nr-2-2017-.pdf>

Mills et al 2016. Distinguishing the associations between daily mortality and hospital admissions and nitrogen dioxide from those of particulate matter: a systematic review and meta-analysis. BMJ Open 6:e010751. <http://dx.doi.org/10.1136/bmjopen-2015-010751>

UNEP, 2017. Toolkit for Identification and Quantification of Mercury Releases. UN Environment Chemicals Branch, Geneva, Switzerland.

UN DESA: World Population Prospects 2017.

<https://population.un.org/wpp/Download/Standard/Population/>

World Bank (WB), World Development Indicators. <http://databank.worldbank.org/data/home.aspx>

World Health Organization (WHO), 2013. Health risks of air pollution in Europe-HRAPIE project.



**Mart 2019**

[http://www.euro.who.int/data/assets/pdf\\_file/0006/238956/Health\\_risks\\_air\\_pollution\\_HRA\\_PIE\\_project.pdf?ua=1](http://www.euro.who.int/data/assets/pdf_file/0006/238956/Health_risks_air_pollution_HRA_PIE_project.pdf?ua=1)

World Health Organization (WHO), 2014. Global Health Estimates.

[http://www.who.int/healthinfo/global\\_burden\\_disease/estimates/en/index1.html](http://www.who.int/healthinfo/global_burden_disease/estimates/en/index1.html)

## Ek: Materyal ve yöntem

Vaka çalışmalarının atmosferik dağılım modeli, CALPUFF modelleme sisteminin 7. sürümü (Haziran 2015) kullanılarak gerçekleştirilmiştir. CALPUFF, ABD Çevre Koruma Teşkilatı (U.S. Environmental Protection Agency, USEPA) tarafından Hava Kalitesi Modelleri Kılavuzu'nda, kirleticilerin uzun mesafeli taşınımını ve etkilerini değerlendirmede tercih edilen gelişmiş bir dengesiz durum meteoroloji ve hava kalite modelleme sistemidir.

Üç boyutlu meteorolojik veriler Avustralya'nın ulusal bilim kuruluşu CSIRO tarafından geliştirilen TAMP modelleme sistemi kullanılarak oluşturuldu. TAMP girdi olarak Avustralya Meteoroloji Bürosu'nun GASP modelinden alınan küresel hava verilerini kullanır ve yüksek çözünürlüklü arazi verileri ile birleştirir. TAMP çıktıları ise CALTAMP yardımcı yazılımı kullanılarak CALPUFF'un meteorolojik ön işlemcisi CALMET'e uygun formatlara dönüştürülür ve ardından meteorolojik veriler, CALMET kullanılarak CALPUFF'ta uygulamaya alınır. CALMET, CALPUFF girdisi için bir dizi zamanla değişen mikrometeorolojik parametre (saatlik üç boyutlu sıcaklık alanları ve saatlik gridli stabilite sınıfı, yüzey sürtünme hızı, karışma yüksekliği, Monin-Obukhov uzunluğu, konvektif uzunluk, konvektif hız ölçeği, hava yoğunluğu, kısa dalgali güneş ışınımı, yüzeydeki bağıl nem ve sıcaklık, yağış kodu ve yağış miktarı) oluşturur.

Arazi yüksekliği ve arazi kullanım verileri de TAMP sistemi ve CSIRO'nun sağladığı küresel veri kümeleri kullanılarak hazırlanmıştır. 50 x 50 grid ebatlı, 30 km, 10 km ve 5 km yatay çözünürlüklü ve 12 dikey düzeyli, santrale merkezli bir dizi iç içe grid kullanılmıştır.

Kükürt ve azot türlerinin kimyasal dönüşümü CALPUFF içerisindeki ISORROPIA II kimya modülü ile modellenmiş ve gerekli atmosferik ozon seviyeleri verisi Türk hükümeti tarafından Avrupa Çevre Ajansı'na raporlanan ölçümlerden alınmıştır. Modelleme alanı için gerekli diğer atmosferik kimya parametreleri (aylık ortalama ozon, amonyum ve H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> seviyeleri) MS C-W atmosferik modeli kullanılarak temel simülasyonlardan modele aktarılmıştır (Huscher ve ark. 2017). CALPUFF sonuçları, arka plan amonyum konsantrasyonlarına göre farklı azot türlerinin (NO, NO<sub>2</sub>, NO<sub>3</sub> ve HNO<sub>3</sub>) repartisyonu için POSTUTIL yardımcı yazılımı kullanılarak yeniden işlenmiştir.

Santrallerin kirletici konsantrasyonlara olan katkısından kaynaklanan sağlık etkileri, NASA SEDAC'tan alınan 2015 yılı yüksek çözünürlüklü gridli nüfus verileri baz alınarak, nüfus maruziyeti değerlendirilmesiyile hesaplandı. Tarihsel etkileri hesaplamak için söz konusu nüfus, UN DESA Nüfus Dairesi'nin (2017) ulusal düzeydeki nüfus verileri kullanılarak ölçeklendirildi.

## Mart 2019

Sağlık etkileri, Avrupa’da Hava Kirliliğinin Sağlık Riskleri (2013) raporu tavsiyelerine ve Dadwand ve ark. (2013) tarafından yapılan araştırmadaki düşük doğum ağırlığı vakalarındaki artışa göre hesaplandı. Türkiye ve çevre ülkelerdeki farklı sağlık koşulları için temel insidans ve prevalans verileri DSÖ Küresel Sağlık Tahminleri’nden (2014) ve Huscher ve ark. (2017) gibi diğer kaynaklardan; doğum oranları ve düşük doğum ağırlığı görülme sıklığı ise Dünya Bankası’ndan (tarihsiz) alınmıştır. Tarihsel erken ölüm verileri için 5 yıllık aralıklarla UN DESA'nın (2017) tarihsel ölüm oranları verileri kullanılmıştır.

<sup>1</sup> <http://sedac.ciesin.columbia.edu/data/set/gpw-v3-population-count-future-estimates>

Tablo 11: Sağlık etki değerlendirmesinde kullanılan risk oranları.

Etki	Kirletici faktör	Merkezi	Düşük	Yüksek
postneonatal mortalite	PM10	1.04	1,02	1,07
çocuklarda bronşit	PM10	1,08	0,98	1,19
astımlı çocuklarda astım semptomları	PM10	1.028	1,006	1,051
yetişkinlerde kronik bronşit oranı	PM10	1,117	1.04	1,189
uzun vadeli ölüm oranı, tüm sebepler	PM2.5	1,062	1.04	1,083
kardiyovasküler hastane kabulleri	PM2.5	1,0091	1.0017	1.0166
solunumla ilgili hastane kabulleri	PM2.5	1,019	0,9982	1,0402
sınırlı aktivite günleri	PM2.5	1.047	1,042	1,053
kayıp iş günü	PM2.5	1,046	1,039	1,053
astımlı çocuklarda bronşit semptomları	NO2	1,021	0,99	1,06
solunumla ilgili hastane kabulleri	NO2	1,018	1,0115	1,0245
uzun vadeli ölüm oranı, tüm sebepler	NO2	1.055	1,031	1,08
solunumla ilgili hastane kabulleri	NO2	1,0015	0,9992	1,0038
düşük doğum ağırlığı	PM2.5	1,1	1,03	1,18