

AFYON'DA SABİT KİRLİTİCİ KAYNAKLARDAN İLERİ GELEN HAVA KİRLİLİĞİ VE ÇÖZÜM ÖNERİLERİ

Eyüp SABAH

AKÜ Afyon Meslek Yüksekokulu, Afyon

ÖZET

Afyon son yıllarda önemli bir hava kirliliği sorunu ile karşı karşıyadır. Bu sorunun önemli bir kısmını, konutlar ve endüstri kuruluşları vs. gibi sabit emisyon kaynaklarından atmosferik ortama bırakılan kirletici maddeler ile bunların taşınımında etkili olan meteorolojik olaylar oluşturmaktadır. Söz konusu kirletici maddelerin en yaygın olanları, kükürtdioksit (SO₂) ve partikül madde (PM)'dir.

Her iki kirleticinin Afyon il merkezindeki hava kirliliğine olan etkisinin tespitinde, İl Sağlık Müdürlüğüne 24 saat süreyle yapılan SO₂ ve PM ölçümlerinin ortalama değerleri esas alınmıştır. Kirliliğin boyutu ve son yıllardaki durumu, 1990-1999 yılları arasında, 10 yıllık periyotta incelenmiştir.

Bu çalışmada Afyon'da episod kirliliğinin yaşandığı ayların Kasım, Aralık, Ocak ve Şubat ayları olduğu belirlenmiş, kış mevsimi boyunca Afyon'da etkili olan sıcaklık, basınç, rüzgâr ve nem gibi meteorolojik parametrelerin kirli havanın düşey ve yatay taşınımını üzerine etkileri araştırılmıştır. Yine bu çalışmada Afyon'da hava kirliliğinin önlenmesi, hava niteliğinin korunması ve iyileştirilmesine yönelik bir eylem planı çıkarılmıştır.

Anahtar Sözcükler: Afyon, hava kirliliği, meteorolojik parametreler, çözüm önerileri

AIR POLLUTION (ARISING FROM FIXED SOURCES) IN AFYON AND PROPOSED SOLUTIONS

ABSTRACT

Afyon is facing a major problem of air pollution in recent years. The basic portion of this originates from residential areas and industrial establishments. These sources emit a substantial amount of pollutants depending upon the prevailing meteorological conditions which dictate the degree of transport of

pollutants. Sulfur dioxide and particulate matter are the most common pollutants.

The concentration of both pollutants has been periodically measured by the Health Office in Afyon. The spread and magnitude of air pollution in Afyon has been evaluated using the average values of SO₂ and PM for the last 10 years from 1990 through 1999.

The most acute pollution was determined to exist in the months of November through February where inversion phenomenon is effective. The effect of meteorological conditions, i.e. moisture, pressure, temperature, and wind speed on the transport of pollutants has been correlated. The measures to be taken in Afyon for the protection and improvement of air quality have been developed in the form of an action plan.

Keywords: Afyon, air pollution, meteorological parameters, proposal solutions

1. GİRİŞ

Modern hayatın getirdiği en önemli problemlerden biri olan hava kirliliği; hızlı nüfus artışı, düzensiz şehirleşme, sanayi tesislerinin şehir içinde kalışı, özellikle ısınma enerjisi temininde sosyo-ekonomik şartlardan dolayı ucuz fakat düşük kaliteli yakıtların fazla kullanılması, motorlu taşıt sayısının hızla artması, topografik ve meteorolojik şartlar vs. etkisiyle oluşan kirleticilerin havanın doğal bileşimini bozması olarak tanımlanabilir. İnsan ve diğer canlılar ile eşyaya zarar verebilen antropojen kaynaklı bu kirleticilerin en önemlileri: Partikül madde olarak ifade edilen toz, is, duman; SO₂, SO₃, H₂S gibi kükürt bileşikler; NO, NO₂, NO₃ gibi azotlu bileşikler; O₃, CO, CO₂ gibi oksijenli bileşikler; HF ve HCl gibi halojen bileşikler ile organik bileşikler ve radyoaktif maddelerdir.

Günümüzde yaşadığımız, genel anlamda çevre kirliliği özelde ise hava, su ve diğer kirlilikler, son birkaç günde veya birkaç yılda yapılmış faaliyetler neticesinde ortaya çıkmış sorunlar değildir. Bunda uzun yıllar boyunca kullanılmayan veya kullanılmayan yetki ve sorumlulukların, ihmallerin, vurdumduymazlıkların önemli rolü vardır. Hızla gelişen Türkiye'nin şehirleşme hızı %4,4'e, yani ülke nüfusunun genel artış hızının üç katına çıkmıştır. Şehirlerde yaşayan nüfusun payı 1990 yılında %54 iken bu oranın 2000 yılında %70'e çıkması beklenmektedir [1]. Bu da, zaten şehirlerde mevcut olan kirliliği daha da arttırmakta, çevre ve halk sağlığı açısından yoğun sorunları beraberinde getirmektedir. Sadece 1990-1996 yılları

arasında, Türkiye'nin başlıca büyük şehirlerinde yaşayan 15 milyon insan, Dünya Sağlık Örgütü (WHO) tarafından belirlenen standartları aşan düzeyde partikül madde ve SO₂'ye maruz kalmıştır. Türkiye yeni bir yüzyıla girerken genel ve yerel ölçekte kalkınmasını çevre konularıyla bütünleştirerek sürdürmeli ve sorunları çözümüne yönelik realist girişimleri desteklemelidir.

Ülke çapında pek çok ilimizde olduğu gibi Afyon ilinde de hava kirliliği yoğun olarak yaşanmakta ve bundan başta insan sağlığı olmak üzere tüm çevre olumsuz yönde etkilenmektedir. Bilhassa kış aylarında herkesi rahatsız eden, görüş alanını daraltan, kokusu kolayca hissedilen, insanları öksürten, eşyaları kirleten boyutlara ulaşan bu kirlilik aylarca sürmektedir. Hava kirliliğinin oluşumunda çok değişik faktörler rol oynamasına karşın Afyon il merkezinde kış aylarında yoğun bir şekilde hissedilen hava kirliliğinin asıl nedeni, ısınma amacıyla tüketilen fosil yakıtlar ve kirlenmenin dağılımında etkili olan meteorolojik şartlardır.

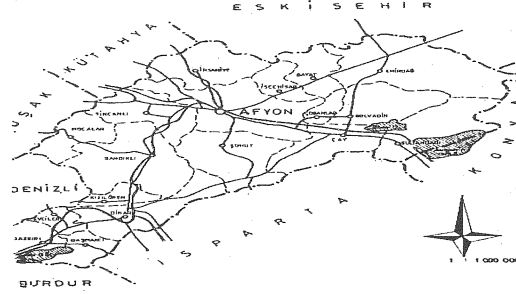
Bu çalışmada, konutlar ve endüstri gibi sabit emisyon kaynaklarından ileri gelen hava kirliliği ve kirlilik üzerinde etkili olan meteorolojik faktörler incelenmiş, bu bağlamda Afyon il merkezindeki hava kirliliğinin boyutlarını ortaya koymak amacıyla kirliliğe yol açan kükürt dioksit (SO₂) partikül madde (PM) ölçüm sonuçları değerlendirilmiş ve mevcut hava kirliliğini önlemek için çözüm önerileri dile getirilmiştir.

2. İLİN COĞRAFİK, DEMOGRAFİK VE SOSYO-EKONOMİK YAPISI

Afyon; Anadolu Yarımadasının batısında, Ege Bölgesinin İçbatı Anadolu bölümünde yer alan, doğu-batı ve kuzey-güney aksları üzerinde bulunan önemli bir bağlantı merkezidir.

Denizden yüksekliği 1034 metre, toplam yüzölçümü 14.230 km²'dir. Doğuda Konya, batıda Uşak, kuzeybatıda Kütahya, güneybatıda Denizli, güneyde Burdur, güneydoğuda Isparta ve kuzeyde Eskişehir illeri ile çevrilidir (Şekil 1).

İl merkezi, eski bir yanardağ krateri üzerinde kurulmuştur. Şehir merkezinde Afyon Kalesi, Sarıkız Tepesi ile Cirit Tepe yer almaktadır. Erozyon nedeniyle kayalar açığa çıkmıştır. Afyon ili arazisinin %47,5'ni dağlar, %32,6'sını platolar ve %19,9'unu da ovalar oluşturmaktadır [2].



Şekil 1. Afyon ili haritası.

1997 yılı Genel Nüfus Sayımına göre, Afyon ilinin toplam nüfusu 801.829'dur. 1990 yılı sayımına göre Türkiye'de en çok nüfusa sahip 26. il durumunda olan Afyon'un konumu, 1997 yılı sayım sonuçlarına göre 25. sıraya yükselmiştir. İl merkezinde ikamet edenlerin sayısı ise 111.580 olup, ülke genelinde ikametgâha göre il merkez nüfusu sıralamasında 38. sırada yer almaktadır [3].

Nüfus yoğunluğu 56 kişi/km² olan Afyon, bu oran ile ülke ortalamasının (81 kişi/km²) altında yer almaktadır. İl merkezinde belirlenen nüfus yoğunluğu ise 119 kişi/km²'dir. Afyon'un 1990-1997 dönemi yıllık nüfus artış hızı %1,07 ile Türkiye ortalamasından (%1,6) düşüktür. Afyon ülke genelinde en çok nüfus artış hızına sahip 29. ildir. Afyon il merkezinde ikamet edenlerin oranı 1990 yılında %13 iken 1997 yılında bu oran %14,15'e yükselmiştir.

Afyon ilinin ekonomisi tarıma dayalıdır ve toplam nüfusun %53,72'si kırsal alanda yaşamaktadır [2]. DİE'nin 1987-1997 yıllarını kapsayan çalışmasının sonuçlarına göre [4] Afyon'un 1987 yılı sabit fiyatlarıyla gayri safi yılıçi hasıla değerleri, 1987'de 547 milyar lira; 1990'da 620,3 milyar lira ve 1997'de 765,9 milyar liradır. Bu değerlerle ilin Türkiye GSYİH oluşumuna katkısı 1987, 1990 ve 1997 yıllarında yaklaşık binde 7 oranındadır ve bu oranla ülke genelinde sıralamalarda 31'inci sırada yer almaktadır. 1997 yılı değerlerine göre yapılan kişi başına GSYİ sıralamasında ise 55'inci sırada bulunmaktadır. GSYİH çalışmalarının ortaya koyduğu bu sonuçlar, ele alınan dönemlerde Afyon'un gayri safi hasılası sabit fiyatlarla sürekli büyürken ilin ülke GSYİH'na katkısının küçüldüğünü; özellikle bölge merkezi niteliğindeki şehirler ve ardbölgeler çok daha hızlı bir büyüme gerçekleştirirken Afyon'un nispi olarak büyüme kutuplarından daha düşük düzeyde büyüme oranına sahip olduğunu göstermektedir [5].

1997 yılı verilerine göre, yukarıda anlatılanların ışığında, Afyon'un demografik ve sosyo-ekonomik durumu incelendiğinde; 1990-1997 yılları arasında nüfusun hızla artmadığı, özellikle Afyon il merkezinde ikamet edenlerin sayısında çok fazla bir artış (%1) ve sosyo-ekonomik gelişmişlik düzeyinin çok yüksek olmadığı görülmektedir. Buna göre Afyon il merkezinde özellikle kış aylarında artan hava kirliliği, ilk planda nüfus artış hızından veya hızlı sanayileşmeden ziyade ısınmada düşük vasıflı yakıtların iyileştirme işlemine tabi tutulmadan kullanılmasından, yanlış yakma tekniklerinden ve sıcaklık, basınç, sis, nem, rüzgar vs. gibi meteorolojik faktörlerden kaynaklanmaktadır.

3. AFYONDA HAVA KİRLİLİĞİ

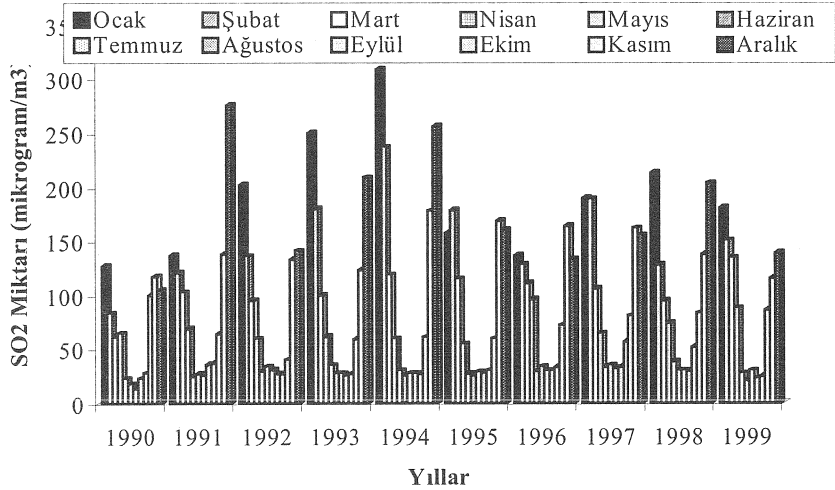
3.1 Hava Kirliliği Ölçüm Sonuçları

Afyon son yıllarda önemli bir hava kirliliği sorunu ile karşı karşıyadır. Bu sorunun önemli bir kısmını, konutlar ve endüstri kuruluşları vs. gibi sabit emisyon kaynaklarından atmosferik ortama bırakılan kirletici maddeler oluşturmaktadır. Söz konusu kirletici maddelerin en yaygın olanları, kükürtdioksit (SO₂) ve partikül madde (PM)'dir. Her iki kirleticinin Afyon il merkezindeki hava kirliliğine olan etkisinin tespitinde, İl Sağlık Müdürlüğüne 24 saat süreyle yapılan SO₂ ve PM ölçümlerinin ortalama değerleri esas alınmıştır. Kirliliğin boyutu ve son yıllardaki durumu, 1990-1999 yılları arasında, 10 yıllık periyotta incelenmiştir.

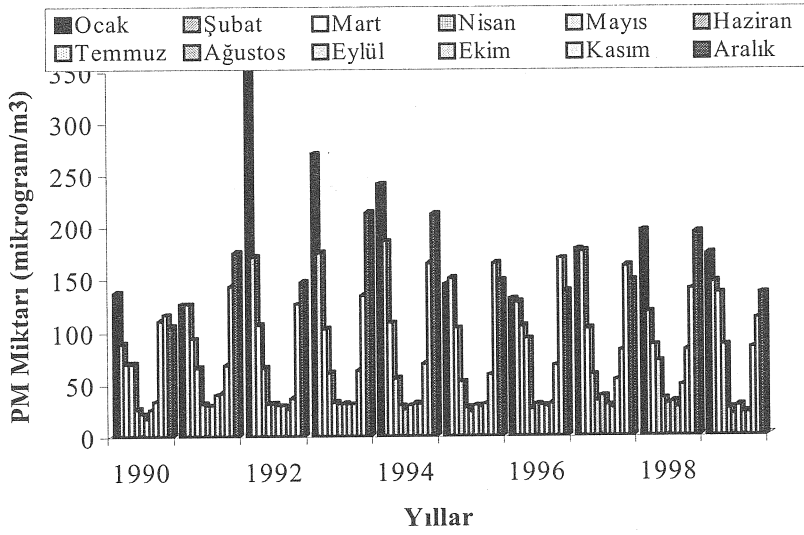
Afyon ilinde 1990-1999 arasında her ay için ölçülen SO₂ ve PM emisyonu ölçüm değerleri Şekil 2 ve Şekil 3'de ayrı ayrı verilmiştir. Her iki Şekilde, SO₂ ve PM emisyonu açısından, hava kirliliğinin yaşandığı ayların Ekim, Kasım, Aralık, Ocak, Şubat, Mart ve Nisan ayları olduğu ve yine SO₂ ve PM emisyonlarının en yoğun biçimde Kasım, Aralık, Ocak ve Şubat aylarında hissedildiği görülmektedir.

Afyon'da son 10 yıllık dönem içinde yaşanan hava kirliliği, diğer yıllarla kıyaslandığında, 1991 ile 1994 yılları arasında artış göstermiş, ancak atmosferde ölçülen SO₂ ve PM konsantrasyonları, 2872 Sayılı Çevre Kanununun ilgili maddeleri gereğince hazırlanarak yürürlüğe giren Hava Kalitesinin Korunması Yönetmeliğinin 6. maddesinin 1. fıkrasında "Çeşitli Hava Kirleticileri İçin Uygulanması Gereken Uzun ve Kısa Vadeli Sınır Değerler" başlığı altında verilen kısa vadeli sınır değerleri (KVD) hemen

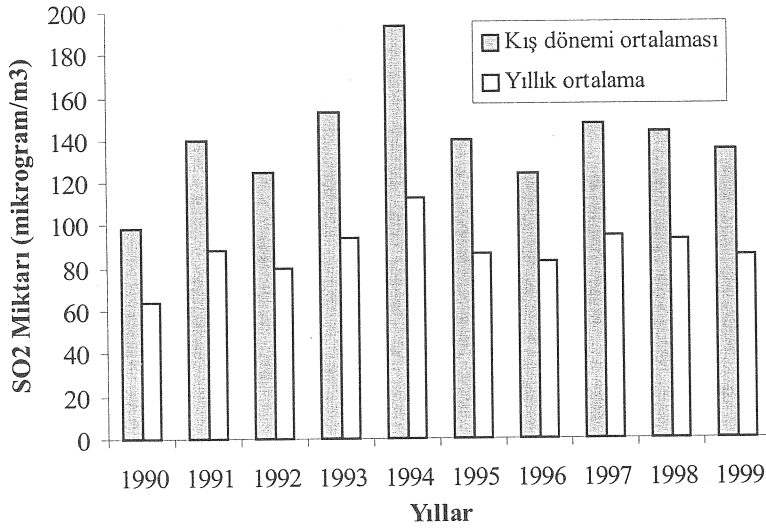
hemen hiç aşmamış, 1990 ve 1991 yılları hariç olmak üzere diğer yılların tamamında uzun vadeli sınır değerleri (UVD) aşmıştır. İlgili yönetmelik gereğince uyulması gereken hava kalitesi standartları, hava kalitesi kriterlerine dayanmanın yanı sıra aynı zamanda ekonomik, sosyal, teknik ve politik zeminlere de bağlıdır. Dünya Sağlık Organizasyonu (WHO) kılavuz mahiyetinde kriterler önermiştir. Ülkemizde halen yürürlükte bulunan standartlar, WHO'nun tavsiye ettiği limitlerden uzaktır. Ayrıca ülkemizde uygulanan standartlar, Amerika Birleşik Devletleri Çevre Koruma Ajansı (EPA) ve Batı Avrupa ülkelerinin kabul ettiği standartlardan da oldukça uzaktır (Tablo 1). Burada göz önünde bulundurulması gereken en önemli nokta, Tablo 1'de yer alan bu standartların bir takvim yılında bir defada fazla aşılmaması durumudur [8]. Oysa, 1990-1999 yılları arasında ölçülen SO₂ ve PM kış dönemi ortalama ve yıllık ortalama emisyon değerlerinden görülebileceği gibi (Şekil 4 ve Şekil 5), Afyon'da özellikle ısınma mevsimi boyunca bu standartların aşılması olağan hale gelmiştir.



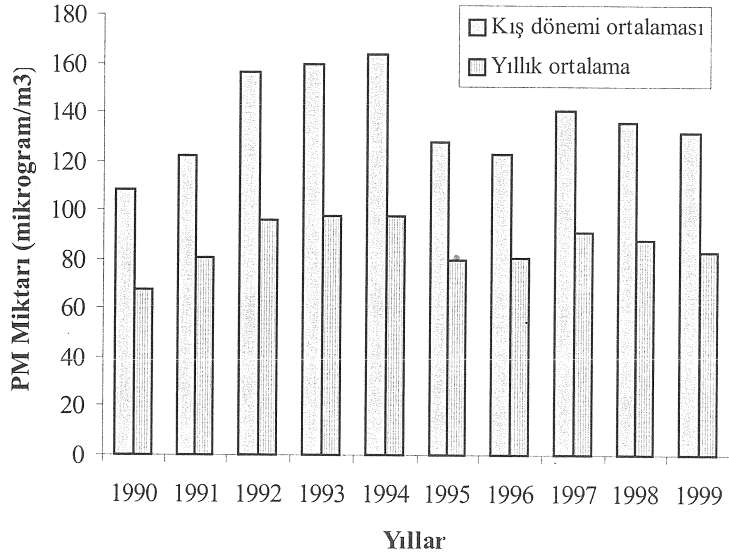
Şekil 2. 1990-1999 arası yıllara ait aylık ortalama SO₂ miktarları.



Şekil 3. 1990-1999 arası yıllara ait aylık ortalama PM miktarları.



Şekil 4. 1990-1999 yılları arasında ölçülen SO₂ konsantrasyonu kış dönemi ve yıllık ortalamaları.



Şekil 5. 1990-1999 yılları arasında ölçülen PM konsantrasyonu kış dönemi ve yıllık ortalamaları.

Tablo 1. Kısa Vadeli (KVD) ve Uzun Vadeli (UVD) hava kalitesi sınır değerleri [6, 7].

ÜLKELER	Kükürt Dioksit (SO ₂)		Partikül Madde (PM)	
	KVS (µg/m ³)	UVS (µg/m ³)	KSV (µg/m ³)	UVS (µg/m ³)
Türkiye	400	150	300	150
Kanada	300	60	120	70
ABD	365	80	150	50
Avrupa Topluluğu	350* 250** 100-150***	- - -	250	-
Dünya Sağlık Teşkilatı	125 100-150	50 40-60	120 150-230	- 60-90

* Eğer duman 150 µg/m³ den küçükse ** Eğer duman 150 µg/m³ den büyükse *** Hedef değerler

Tablo 2 episod kirliliği olarak bilinen ve 24 saatlik SO₂ ve PM konsantrasyonlarının, aşılmaması gereken kış sezonu ortalaması UVS değerlerini (SO₂ için 250 µg/m³, PM için 200 µg/m³) aştığı, böylelikle Afyon'da hava kirliliğinin en üst düzeye ulaştığı gün sayısını göstermektedir.

Tablo 2. 1990-1999 yılları arasında aylara bağlı olarak SO₂ ve PM UVS değerlerinin aşıldığı günlerin sayısı (gün).

		KASIM	ARALIK	OCAK	ŞUBAT
SO ₂	1990	-	-	-	-
	1991	-	1	-	-
	1992	1	-	23	2
	1993	-	4	-	-
	1994	4	3	17	9
	1995	3	3	3	4
	1996	1	-	-	-
	1997	-	-	1	-
	1998	-	-	7	-
	1999	-	-	1	-
	PM	1990	-	-	3
1991		3	9	-	-
1992		3	-	15	2
1993		-	-	-	15
1994		7	13	-	10
1995		6	5	-	-
1996		6	1	-	3
1997		5	5	4	4
1998		2	11	12	-
1999		-	-	4	-

SO₂ İçin Aşılmaması Gereken UVS Değer: 250 µg/m³ PM İçin Aşılmaması Gereken UVS Değer: 200 µg/m³

Buna göre Afyon'da episod kirliliği daha ziyade Kasım, Aralık, Ocak ve Şubat aylarında yaşanmaktadır. Söz konusu ölçme periyodu içerisinde adı geçen kirliliğin hiç azalmadığı ve sürekli kendisini hissettirmeye devam ettiği gözlenmektedir.

Hava kirlenmesinin etkileriyle ilgili bilgiler daha çok episod günlerindeki yüksek seviyeli kirlenmenin mortalite (ölüm) veya morbidite (hastalık) istatistikleriyle ilişkisini ortaya koyan epidemiyolojik bulgulara dayanmaktadır. Bir başka ifadeyle, episod kirliliği, hava kirliliğinin en üst düzeye ulaştığı, toplum sağlığı zararlarını ve ekonomik sakıncalarını en üst düzeyde gösterdiği zamanlardır. 1931 Ocak ayında İngiltere'de Manchester ve Salford'da 592 kişinin [9], 1952 yılı Aralık ayında 4 gün içinde Londra'da 4000 kişinin [10] öldüğü hava kirliliği olayları episod tanımının en iyi örnekleridir.

DİE tarafından Çevre İstatistikleri kapsamında yapılan Türkiye genelinde il merkezlerindeki hava kirliliği istatistiklerine göre [11] Afyon, 1998-1999 kış sezonunda kirliliğin en yoğun yaşandığı iller sıralamasında SO₂ ortalaması

açısından 11'inci sırada, PM açısından ise birinci sırada yer almaktadır. Kış sezonu ortalama SO₂ ve PM konsantrasyonlarının bir önceki yılın aynı dönemine göre değişim oranları ise SO₂ için %6 ve PM için %10 olarak belirlenmiştir. Tablo 3, 1990-1999 yılları kış sezonu SO₂ ve PM yoğunluklarına göre en kirli 12 ilin durumunu göstermektedir. Tablo 3 incelendiğinde, bazı illerin her yılın listesinde yer aldığı oysa Afyon'un SO₂ emisyonu açısından 1998-1999 kış dönemine kadar bu listenin dışında kaldığı, PM bakımından ise 1993-1994 kış döneminden itibaren listede yer aldığı ve her geçen yıl sıralamadaki yerinin yükselerek nihayet 1998-1999 kış döneminde en kirli iller arasında ilk sıraya yerleştiği görülmektedir. Afyon'da söz konusu yıllara ait kış dönemlerinde ölçülen PM konsantrasyonu 120-158 µg/m³ arasında değişmektedir. Katı partiküllerin boyutları küçüldükçe havada asılı kalma süreleri uzamaktadır. 0,001-1,0 µm boyutundakiler aerosol olup önemsizdir. Ancak 1-10 µm arasındaki ince toz denilen kısmı en tehlikeli olanıdır. Bu boyuttakiler, havada ölçülen PM 100 µg/m³ yoğunlukta iken görülebilirler [13].

Partiküllerin solunum sistemi ve akciğerlerdeki hareketleri ve etkileri, aerodinamik özelliklerine (çap, büyüklük, şekil, yoğunluk vs.) bağlıdır. Çok ince partiküllerin yanında oldukça büyük toz partikülleri de burun kısmından girmekte, daha sonra solunum sistemi ve akciğerlerde çeşitli mekanizmaların etkisiyle tutulmaktadır. Tablo 4'de partiküllerin insan sağlığı üzerine etkileri özetlenmiştir.

Burada özellikle 1996 yılından sonraki SO₂ ve PM değişim oranları, çarpıcı hususlar arz etmektedir. 1996 ve onu takip eden yıllar Afyon'da jeotermal enerji ile ısıtmaya geçişin başladığı ve yaygınlaştığı yıllardır. Proje hedefi 10.000 konutun ısıtılması olan bu sistemde halen ısıtılan konut sayısı 3970 adettir. Aralık-1998 itibarıyla Afyon'da mevcut konut adedi 35.935 olup bunun 7790 adedi kaloriferli meskenlerdir [15]. Kaloriferli evlerin yarısını jeotermal enerji ile ısıtılan konutlar oluşturmaktadır. Konut ısıtımında fosil yakıtlara alternatif bir enerji olarak düşünülen Afyon Jeotermal Isıtma, ilk olarak kirliliğin yoğun olduğu çukur ve apartmanlaşmış bölgelerde başlatılmıştır. Isıtılan mevcut 3970 konut için harcanan ısı miktarı göz önüne alındığında bunun eşdeğeri kömür miktarının 30.000 ton Tunçbilek kömürü veya 44.000 ton Seyitömer kömürü olduğu ve bunların yakılması durumunda atmosfere atılacak SO₂ ve PM miktarlarının 743 ton SO_x ve 4950 ton PM (Tunçbilek kömürü için) veya 1038 ton SO_x ve 5085 ton PM (Seyitömer kömürü için) olacağı belirlenmiştir [16]. Bütün bunlar bir değerlendirmeye Tablo 3. Türkiye'nin kış döneminde (Ekim-Mart) havada bulunan SO₂ ve PM miktarlarına göre sıralanmış ilk 12 ilin son 10 yıllık dağılımı [11, 12].

Kükürt dioksit (SO ₂)								
Sıra	1995-1996		1996-1997		1997-1998		1998-1999	
No	İLİN ADI	Mikt. $\mu\text{g}/\text{m}^3$	İLİN ADI	Mikt. $\mu\text{g}/\text{m}^3$	İLİN ADI	Mikt. $\mu\text{g}/\text{m}^3$	İLİN ADI	Mikt. $\mu\text{g}/\text{m}^3$
1	Edirne	289	Çanakkale	261	Yozgat	364	Çanakkale	301
2	Kütahya	226	Balıkesir	240	Balıkesir	252	Kütahya	277
3	Konya	189	Sakarya	211	Kütahya	252	Konya	237
4	Kırıkkale	184	Kırşehir	177	Erzurum	261	Edirne	210
5	Bilecik	179	Bilecik	174	Ağrı	209	Muğla	190
6	İsparta	173	Adıyaman	171	Çanakkale	204	Adıyaman	187
7	Yozgat	173	Burdur	171	Edirne	193	Yozgat	181
8	Adıyaman	172	Bayburt	160	Adıyaman	165	Balıkesir	163
9	Balıkesir	171	Konya	157	Kayseri	160	Kayseri	157
10	Tokat	159	Edirne	154	Sakarya	157	Ağrı	155
11	Kırşehir	155	İsparta	151	Denizli	152	Afyon	149
12	Diyarbakır	151	Sivas	148	Amasya	149	Erzurum	149
Sıra	Partikül Madde (PM)							
1	Zonguldak	155	Sakarya	142	Zonguldak	116	Afyon	146
2	Diyarbakır	151	Zonguldak	141	Ağrı	139	Zonguldak	132
3	Rize	125	Afyon	138	Afyon	133	Adıyaman	119
4	Afyon	122	Rize	119	Sivas	124	Ağrı	112
5	Tokat	121	Sivas	117	Diyarbakır	119	Diyarbakır	112
6	K. Maraş	116	Tokat	116	Yozgat	117	İçel	110
7	Denizli	103	Diyarbakır	111	Denizli	115	Kayseri	107
8	İzmir	102	K. Maraş	110	Kayseri	111	K. Maraş	103
9	Adıyaman	100	Kocaeli	102	K. Maraş	107	Sivas	102
10	Erzurum	99	Kastamonu	101	Adıyaman	102	Antalya	101
11	İstanbul	97	Kayseri	98	Erzurum	100	Denizli	101
12	Sakarya	90	Adıyaman	97	Rize	97	İsparta	88

Tablo 4. Partiküllerin insan sağlığı üzerinde yaptığı olumsuz etkiler [14].

Partiküller ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Süre	Etkileri
75	1 yıl	Hava kalitesi standardı
110	24 saat	Solunum yolları rahatsızlıklarının artma riski
100-130	24 saat	Çocuklarda solunum yolu hastalıklarında artış
	+SO ₂ >120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Görüş mesafesinin 8 km'nin altına düşmesi
150	24 saat	
	Nispi nem <%70	Solunum yolu hastalıklarında artış
180	-	Fabrikada çalışanlarda hastalık artması
200	24 saat	
	+SO ₂ >250 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Hava kalitesi standardı
260	24 saat	Kronik bronşit hastalarında akut belirtilerin artması
300	24 saat	
	+SO ₂ >630 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Ölüm oranlarında ve hastalıklarda artış
700	24 saat	
	+SO ₂ >715 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Solunum yollarında mekanik değişimler
1000	10 dakika	

tabi tutulduğunda, jeotermal enerji ile ısıtılan konutların bulunduğu bölgede, şehrin diğer bölgelerine kıyasla, hava kirliliğinde hissedilebilir ölçüde bir düzelme söz konusudur. Ancak, jeotermal ısıtmalı bölgelerde ve şehrin farklı

semtlerinde SO₂ ve PM ölçümleri yapılmadığından bu aşamada gerçekçi rakamları yansıtma imkânı yoktur. Afyon'da SO₂ ve PM emisyonu ölçümleri halen tek bir merkezde (Sağlık Müdürlüğü binasında) yapılmaktadır. Yapılan ölçümlerin Hava Kalitesinin Korunması Yönetmeliğinin 50. maddesinde belirtilen ölçüm objektiflerine uygun olduğunu söylemek mümkün değildir. Ölçüm istasyonlarının belirlenmesinde, Afyon'da hassas kirlenme bölgelerinin tespiti vs. gibi kriterler gözönüne alınmamış, sürekli yapılan uzun vadeli ölçmeler için ölçüm istasyonları şebekesi tesis edilmemiştir. Kentsel alanın büyüklüğü ve nüfus gibi kriterler gözönüne alınarak belirlenen ölçüm istasyonu sayısı, nüfusu 100 binin üzerinde olan şehirlerde minimum 4 adet olmalıdır [9]. İl merkez nüfusu 158.318 olan Kütahya'da hava kalitesi ölçümleri 5 farklı ölçüm istasyonunda yürütülürken [17], il merkez nüfusu 111.580 olan Afyon'da bu sayı 1'dir. Halen ölçüm istasyonu olarak seçilen Afyon Sağlık Müdürlüğü binası, kirliliğin yoğun olarak yaşandığı şehir merkezine uzak, PM emisyonu açısından en önemli kirletici kaynaklardan birisi olan Afyon Çimento Fabrikasına ise çok yakın bir mesafede bulunmaktadır.

3.2 Afyon'da Hava Kirliliğine Neden Olan Önemli Faktörler

3.2.1 Isınmada Kullanılan Yakıtlar

Ege bölgesinde yer alan ancak iklim bakımından karakteristik step özelliği taşıyan Afyon'da yazlar sıcak ve kurak, kışlar ise çok soğuk ve sert geçmektedir. Afyon'da yıllık ortalama sıcaklık 11,1°C olup, özellikle Kasım ayından itibaren saha üzerinde etkili olan hava kütleleri aktivitelerinin artmış olması ile kış sıcaklık şartları belirginlik kazanır, ortalama sıcaklık 2,3°C'ye düşer [18] ve bu aydan itibaren, yaklaşık beş aylık bir kış döneminde, ısınma amacıyla soba ve kaloriferlerin devamlı yakılması gerekmektedir.

1990 yılı itibarıyla konut sayısı 27.961 olan (5156 kaloriferli, 22.805 sobalı) Afyon il merkezinde, 1998 yılı sonunda mevcut konut sayısı 35.935 olup, bunun 7790 adedini kaloriferli, 28.145 adedini de sobalı konutlar oluşturmaktadır [15]. Karma ve dalgalı yerleşim şekline sahip Afyon'da 36.000'e yakın konut ile sanayi kuruluşları ve resmi daireler, ısınma ve enerji temini için kömür, kül ve nem oranı yüksek fakat kalori değeri düşük olan kömürler kullanılmaktadır (Tablo 5). Söz konusu yakıtların yanması neticesinde yüksek oranda kül, kömür dioksit (SO₂), karbon monoksit (CO) ve yanmamış karbon zerreleri atmosfere yayılmakta ve bunlar, meteorolojik şartlara da bağlı olarak, kış aylarında şehirde yoğun bir hava kirliliğinin

meydana gelmesine neden olmaktadır. Buna verimsiz yakma sistemleri, bilinçsiz ve deneyimsiz operatörler, denetim yetersizliği, meteorolojik şartları dikkate almayan yakma rejimleri, binalarda yalıtım yetersizliği vs. gibi faktörler de eklenince hava kirliliği tehlikeli boyutlara ulaşmaktadır.

Tablo 5. Afyon'da konutlarda ve sanayide kullanılan yakıtlar ve özellikleri.

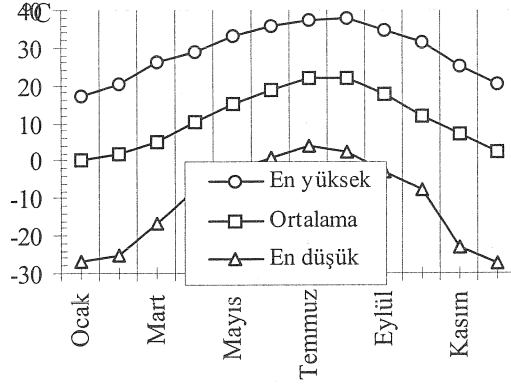
YAKITIN CİNSİ	YAKITIN KALİTESİ						Toplam (ton)
	Yanıcı S (%)	Toplam S (%)	Uçucu Md. (%)	Nem (%)	Alt Isı Değ. (Kcal/kg)	Kül (%)	
KONUTLARDA							
+ 100 mm	0.77	1.26	27.97	38.00	4700	15.85	-
- 100 mm	1.03	1.70	23.00	39.00	3700	24.40	-
Kalorifer yakıtı							50.000
Briket kömürü	Yaygın değil						
Odon	Muhtelif						36.000
SANAYİDE							
Seyitömer Kömürü	1.21	1.38	28.42	37.55	2750	15.41	50.000
+50 Tunçbilek Kömürü	1.28	1.90	31.18	16.65	4467	19.15	60.000
-18+50 Tunçbilek Kömürü	1.23	1.90	31.31	17.27	4559	17.56	60.000
+30 Kribraj	1.32	2.16	25.69	17.97	3042	31.68	60.000
İthal kömür							60.000

3.2.2 Meteorolojik Faktörler

Hava kirliliği olayı atmosfer içerisinde meydana gelmektedir. Bu nedenle meteorolojik olaylarla yakından ilgilidir. Meteorolojik olayları belirleyen etmenlerden en önemlileri sıcaklık, basınç, rüzgâr ve nemdir. Düşey taşınım üzerine sıcaklık, yatay taşınım üzerine ise rüzgârlar etkili olmaktadır.

Afyon il merkezinde son 70 yıllık sıcaklık ölçümleri dikkate alındığında (Şekil 6) yıllık ortalama sıcaklık değerinin 11,1°C, aylar itibarıyla en yüksek sıcaklık ortalamasının 21,9°C ile Temmuz ayında, en düşük sıcaklık ortalamasının ise 0,2°C ile Ocak ayında olduğu görülmektedir. Buna göre en sıcak ay ile en soğuk ay arasındaki ortalama sıcaklık farkı 21,7°C olup, bu sonuç karasallık etkilerinin nispeten artmış olmasındandır. Afyon ve çevresi deniz kıyısından

uzak olmakla birlikte, yükseltisinin çevresine göre fazla olması, sıcaklığın düşmesinde ve dolayısıyla bağıl nemin azalmasındaki en önemli topografik faktörlerdir. Nemin az olması, özellikle soğuk hava kütesinin olduğu dönemlerde yerden ışıma yoluyla sıcaklık kaybını artırır. Bu nedenle Afyon'da gece geç saatlerde sıcaklık çok düşer ve sık sık don olayı meydana gelir [18].



Şekil 6. Afyon ili sıcaklık değerleri.

Sıcaklık terselmesi yani inverziyon, hava sıcaklığının yerden yükseldikçe artması olayı olarak tanımlanmaktadır. Bu olay hava kirlenmesi meteorolojisinde, kirleticilerin düşey doğrultuda yayılmasında önemli bir etkidir. Ancak meteoroloji yetkililerince Afyon'da inverziyon tabakası oluşumuna dair herhangi bir ölçüm yapılmadığından bu önemli parametrenin hava kirliliğine olan etkisi burada ele alınamamıştır.

Atmosferdeki nem, hava sıcaklığının azalması sonucu yoğunlaşarak sis olayını meydana getirir. Hava içerisinde bulunan partikül maddeler, bu yoğunlaşmada çekirdek vazifesi görürler; yani sis teşekkülü daha çok kirlenmiş havada meydana gelir. İnverziyon olayına ilaveten en tehlikeli hava kirlenmesi problemleri sislerle beraber ortaya çıkar. Cephe oluşum şartlarının egemen olduğu ve sıcaklık değerlerinin düşük olduğu mevsimlerde bağıl nem oranı en yüksek düzeydedir. Afyon'da kış mevsiminde bağıl nem oranı %66-77 arasında değişen oranlarda yüksek değere ulaşmaktadır. En yüksek değer, sıcaklığın en düşük olduğu (0,2°C) Ocak ayı olup bu ayda bağıl nem oranı %77'dir. Şubat ayındaki bağıl nem oranı (%70) bu değerlerden düşük olmakla beraber, belirtilen değerlere yakın orandadır. Ancak Mart ayından itibaren sıcaklığın yükselmeye başlaması ile bağıl nem oranı da düşmeye başlar.

Basınç sistemlerinin neden olduğu siklon veya antisiklonlar, atmosferdeki havanın düşey doğrultudan yukarı doğru veya düşey doğrultuda hareket etmesini sağlar. Antisiklon veya yüksek basınç modülü bulutsuz, rüzgârlı, kararlı havalara neden olur. Böyle günlerde antisiklonun yerleştiği bir veya birkaç gün içinde kirleticilerin atmosfere bırakıldıkları nokta civarında dağılıp uzaklaşma şansları yoktur. Batı rüzgârları kuşağının etkisi altında bulunan ülkemiz ve dolayısıyla Afyon ve çevresinin basınç şartlarını, yıl içinde etkili olan hava kütlelerinin ait olduğu aksiyon merkezleri düzenlemektedir. Bu merkezlerin faaliyetleri, Akdeniz üzerinde oluşan

cephe sistemlerinin etki alanı içerisinde kalmakta ve bu durum, basınç değerlerinin sık sık yükselme ve alçalmasına neden olmaktadır. Buna göre sahada Eylül ayında itibaren basınç yükselmeye başlamakta ve en yüksek ortalama değere 901,2 mb ile Ekim ayında ulaşmaktadır. Ocak, Şubat aylarında basınç değerleri hemen hemen aynı iken (897,3 ve 897,0 mb), Mart ayında 897 mb'ye düştükten sonra Nisan ayında tekrar 898,4 mb'a yükselmektedir. Mayıs ayından itibaren ise, saha üzerinde etkili olan hava kütlelerinin ve sıcaklık şartlarının değişmesine bağlı olarak basınç azalmakta ve yıllık ortalama değerinin altına düşmektedir [18]. Ortalama basınç değerlerinin aylık değişimleri küçük boyutlarda olmakla birlikte en yüksek ve en düşük basınç değerleri arasındaki salınımların fazla olması genlik değerlerinin özellikle kış aylarında yüksek olması sonucunu doğurmakta ve bu aylarda kirlenmeyi artıran antisiklon şartları hüküm sürmektedir.

Hava kirliticilerin taşınması, difüzyonu ve seyrelmesinde en önemli etkenlerden biri de rüzgârın yönü ve şiddetidir. Afyon'da Ocak ayında %46,2'lik bir oran ile birinci hakim rüzgâr yönü Güney-Doğu (SE) olup, ikinci hakim yön %31,4 ile Kuzey-Batı (NW)'dir. Yön itibarıyla Ekim ayı ve yıllık durum, Ocak ayına benzerlik gösterir. Bundaki en önemli etken sahayı etkileyen hava kütleleri ve topografik faktörlerdir. Afyon ve çevresinin hakim rüzgâr yönleri üzerinde termik basınç şartları ile sahanın topografik yapısı en önemli etkenle olmuştur [18]. Afyon'da esen rüzgârlar, çevrenin relief özelliklerine bağlı olarak, belirli yönlerden gelmektedir. Sahayı etkileyen aksiyon merkezlerinin durumuna uygun olarak en hızlı rüzgâr yönü ve hızı, yıl içinde fazla bir değişiklik göstermemektedir. Hava kirliliğinin en yoğun olarak hissedildiği Kasım, Aralık, Ocak ve Şubat aylarında ortalama rüzgâr hızları 1.8, 1.5, 1.6, 1.5 m/sn gibi oldukça düşük olup, bacalardan atmosfere bırakılan çeşitli kirliticileri uzaklara taşıyabilecek güçte değildir.

4. SONUÇ VE ÇÖZÜM ÖNERİLERİ

DİE verilerine göre [11] son yıllarda Afyon, hava kirliliği en yüksek iller arasında, özellikle partikül madde açısından ilk sıralarda yer almaktadır. Afyon il sağlık müdürlüğüne yapılan SO₂ ve PM ölçümleri son on yıllık periyot içerisinde (1990-1999), incelendiğinde varılan neticeler de konunun üzerinde dikkatle durulması ve ciddi tedbirlerin bir an önce alınması gereğini ve gerçeğini ortaya koymaktadır. Afyon il merkezinde, meteorolojik şartlar ve şehrin coğrafik yapısının yanında bilhassa sabit kirlitici kaynaklardan ileri gelen hava kirliliğinin önlenmesi ve hava kalitesinin korunması için çok yönlü çalışmalara ihtiyaç vardır. Bunların bazıları basit, bazıları da karmaşık ve uzun vadede gerçekleştirilecek çözümlerdir. Araştırmalar sonunda belirlenecek tek bir önlemler soruna çözüm bulunabileceğini sanmak gerçek dışı bir yaklaşımdır. Sorunun çeşitli teknik, sosyo-ekonomik ve politik yönlerini bir bütünlük içinde ele alan bir yaklaşımla, birbirini destekleyen ve tamamlayan, uzun ve kısa vadeli çözüm yollarının geliştirilmesi gerekmektedir. Hava kirliliği Afyon'da yaşayanlar için bir yazgı değildir. Afyon'da yaşayan herkes diğer tüm sorunlara sahip çıktığı gibi hava kirliliği sorununa da sahip çıkmalı, bağlı

bulunduğu dernekler ve örgütlerle bu konuda baskı unsuru olmalı ve kamunun isteklerini yerel yönetimlere ulaştırmalıdır.

Afyon'da hava kirliliğinin önlenmesi, hava niteliğinin korunması ve iyileştirilmesine yönelik alınması gereken tedbirler Tablo 6'da özetlenmiştir.

Tablo 6. Hava kirliliğinin önlenmesi, hava niteliğinin korunması ve iyileştirilmesine yönelik eylemler.

EYLEM ALANLAR	EYLEMLER
Politikalar	1. Jeotermal enerji kullanımı teşvik edilmesi ve daha fazla konutun ısıtılması için desteklenmesi
	2. Doğal gazın getirilmesi ve doğal gazın yaygınlaştırılması
	3. Fosil kaynaklı yakıtların kullanımında yürürlükteki standartlara uyulması
	4. Güneş enerjisinden istifade edilmesinin desteklenmesi
Örgütlenme	5. Sabit ve gezici ölçüm istasyonlarının örgütlenmesi
	6. Hava kalitesi ölçme gereçlerinin belirlenmesi, satın alınması ve kullanılması
	7. Ölçüm istasyonu sayılarının artırılması ve teknolojiye uygun gereçlerle donanımlarının sağlanması
	8. Hava kirliliğinin sürekli olarak izlenmesi ve meteorolojik şartlarla birlikte değerlendirilebilmesi için yeterli bir ölçüm ağına kurulması
	9. Veri toplama, yönetim ve dağıtımının tek bir merkezden yapılması
	10. Mahalli Çevre Kurulu kararlarına işlerlik kazandırılması
	11. Kirlenici kaynakların tespit edilmesi, izlenmesi ve denetimine yönelik ekiplerin veya büroların oluşturulması
Ekonomik ve Mali Tedbirler	12. Kaliteli kömür kullanımının teşvik edilmesi
	13. Yakıtların fiyatlandırılmasında emisyon vergilerinin getirilmesi
	14. Endüstriyel tesislerden kaynaklanan kirliliğin tespitinde, kirlilik ölçme ve izleme çalışmalarına işletme sahiplerinin katkıda bulunmasının sağlanması
	15. Emisyon sınırlarının aşılması durumunda para cezası uygulaması
	16. Yüksek verimli, düşük emisyonlu teknolojilerden yararlanmayı destekleme sistemlerinin geliştirilmesi
	17. Isı yalıtımı teknik ve standartlarına uymayan binalara ruhsat verilmemesi
Eğitim-Öğretim	18. Temiz teknolojiler konusundaki AR-GE faaliyetlerinin teşvik edilmesi
	19. Toplumun hava kirlenmesi konusunda televizyon, radyo, gazete, dergi, afiş, reklam, konferans, seminer vs. yardımıyla eğitilmesi
	20. Kirlilik düzeyi durum bilgisinin, çeşitli yöntemlerle halka duyurulması
	21. Toplu konut site yöneticileri aracılığıyla konut sahiplerine yönelik eğitim çalışmalarının yapılması
	22. Yakma sistemleri ve tam yanmanın sağlanması hususunda kaloriferci ve ateşçileri bilgilendirmek ve bilinçlendirmek için eğitim programlarının hazırlanması
	23. Enerji tüketiminde "tasarruf" programlarına halkın katılımının sağlanması
	24. Organize sanayi bölgeleri ile küçük sanayi sitelerinde işletme

Teknikler	<p>sahiplerinin katılacağı enerji yönetim birimlerinin oluşturulması</p> <p>25. Yüksek kaliteli (az kükürlü, az küllü, az nemli ve kalorifik değeri yüksek) kömürlerin kullanımının yaygınlaştırılması</p> <p>26. Emisyon ölçümlerinin tüm il ve ilçeleri kapsayacak şekilde genişletilmesi, SO₂ ile PM'nin yanı sıra NO_x, hidrokarbonlar, uçucu organik karbonlar ve ozon emisyonlarının da ölçüm kapsamına alınması</p> <p>27. İl ve ilçeler düzeyinde temiz hava planlarının hazırlanması</p> <p>28. Emisyon dağılım modellerinin genişletilmesi</p> <p>29. Ölçüm verilerinin belirli aralıklarla kantitatif olarak değerlendirmeye tabi tutulması</p> <p>30. Hava kirliliği ölçüm cihazlarının bakım programlarının hazırlanması</p> <p>31. Merkezi ısıtma sistemlerini yaygınlaştırma ve verimleştirme programlarının hazırlanması</p> <p>32. Baca gazı temizleme sistemlerinden, kükürt giderme üniteleri ve diğer sistemlerden yararlanılmasının desteklenmesi (örneğin akışkan yataklı kazanlar)</p> <p>33. Yakma saatleri ile sıcaklık şartlarına uyulması ve dış hava sıcaklığı 15°C'nin üzerinde olduğu günlerde soba ve kaloriferlerin yakılmaması</p> <p>34. Şehir içindeki yeşil alanların muhafazası ve artırılması, bilhassa yolların ağaçlandırılması</p> <p>35. Şehir yakınında ormanlık ve yeşil alanların oluşturulması ve halkın ağaç dikmeye teşvik edilmesi</p> <p>36. Şehir dışında bahçeli-uydu kentlerin kurulması çalışmalarına hız verilmesi, hakim rüzgâr yönü şehir merkezine doğru olan kısımlarda yapılaşma ve sanayileşmeye kesinlikle izin verilmemesi</p> <p>37. Sanayi kuruluşlarında atık mineral yağ, elyaf, lastik, 5 ve 6 No.'lu fuel-oilin yakacak olarak kullanılmasının önlenmesi</p>
AR-GE	<p>38. Araştırma önceliklerinin belirlenmesi ve planlanması</p> <p>39. Emisyon/hava kalitesi, yakma teknolojileri ve hava kirliliği ile mücadele tedbirleri arasındaki ilişkinin araştırılması</p> <p>40. Üniversitelerin ilgili bölümleriyle işbirliğinin sağlanması</p> <p>41. Hava kirliliğinin ve asit yağmurlarının insan sağlığı ve ormanlar üzerindeki etkilerinin araştırılması</p>

5. KATKI BELİRTME

Bu çalışmanın gerçekleştirilmesindeki katkılarından dolayı Afyon İl Sağlık Müdürlüğü Halk Sağlığı Laboratuvarı yetkililerine teşekkür ederim.

6. KAYNAKLAR

1. DPT, Türkiye Ulusal Çevre Stratejisi ve Eylem Planı, Devlet Planlama Teşkilatı Müsteşarlığı, ISBN 975-19-1995-X, Ankara, 73 s (1998).
2. Afyon Valiliği, 1998 yılı Afyon İlinin Yıllık Ekonomik ve Ticari Durumu Hakkında Rapor, Afyon Valiliği Sanayi ve Ticaret İl Müdürlüğü, Afyon, 37 s (1999).
3. DİE, İkametgâha Göre İl Merkez Nüfuslarının Sıralanışı, 1997 Yılı Genel Nüfus Tespiti, Ankara (1998).

4. DİE, 1997 Yılı İller İtibariyle GSYİH Sonuçları, Haber Bülteni, Sayı 906-156, Ankara (1998).
5. DPT, Afyon İli Raporu, DPT Bölgesel Gelişme ve Yapısal Uyum Genel Müdürlüğü, DPT. 2495, Ankara, 85 s (1996).
6. Resmi Gazete, Hava Kalitesi Sınır Değerleri, İzne Tabi Tesisler için Emisyon Sınır Değerleri, Başbakanlık Basımevi, 2Sayı 19269, Ankara (1986).
7. WHO, Air Quality Guidelines for Europe, WHO Regional Publications, European Series, No. 23.
8. İncecik S., Hava Kirliliği ve Kömür Gerçeği, TMMOB Maden Mühendisleri Odası İstanbul Şubesi, İstanbul, 53-72 (1995).
9. Müezzinoğlu A., Hava Kirliliğinin ve Kontrolünün Esasları, DEÜ Yayınları, İzmir, 292 s (1987).
10. Velicangil S., Atmosfer Kirlenmesi, Çevre Koruma ve Eğitimi Dergisi, Sayı 20, 26-27 (1984).
11. DİE, 1998-1999 Kış Sezonuna Ait SO₂ ve PM Yoğunlukları, Haber Bülteni, Sayı 906-106, Ankara (1999).
12. Dündar, Y., Ülkemizde Hava Kirliliğinin Son Beş Yılı, Çevre ve İnsan, Çevre Bakanlığı Yayın Organı, Yıl 6, Sayı 2, Ankara, 6-20 (1995).
13. Borat O., Hava Kirlenmesi ve Kontrol Tekniği, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı Sınai Eğitim ve Geliştirme Merkezi Genel Müdürlüğü, Ankara, 112 s. (1983).
14. Topbaş M.T., Brohi A.R. ve Karaman M.R., Çevre Kirliliği, T.C. Çevre Bakanlığı Yayınları, Ankara, 340 s. (1998).
15. Afyon Çevre Koruma Vakfı, Bilgi Formu, Afyon Valiliği Çevre Koruma Vakfı, Afyon (1997).
16. Sabah E. ve Çelik M.Y., Afyon Jeotermal Merkezi Isıtma Sistemi, Ekonomisi ve Hava Kirliliğini Önlemedeki Katkısı, TMMOB Madencilik Dergisi, Cilt 38, Sayı 2-3, Ankara, 3-14 (1999).
17. Ediz İ.G., Korkmaz M. ve Bentli İ., Hava Kirliliği Nedenleri-Kömür Kullanımının Hava Kirliliğine Etkisi, Ed. İ.G. Ediz, Kütahya, 9-21 (1998).
18. Yılmaz Ö., Afyon ve Çevresinin İklim Özellikleri, Afyon Kocatepe Üniversitesi Basımevi, Afyon, 88 s (1999).