

İSTANBUL HAVA KALİTESİNİN İYİLEŞTİRİLMESİ ÇALIŞMALARIYLA BERABER SERA GAZI SALINIMININ KONTROLÜ

Orhan SEVİMOĞLU(*)

Gebze Teknik Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, 41400 Gebze/KOCAELİ

ÖZET

İstanbul, 15 milyon insanın yaşadığı ve il sınırlarları içinde kalan alanın yarısı ormanlarla kaplı, her bir kısmının üç tarafı denizlerle kaplı bir büyükşehirdir. Şehrin nüfusu ve ekonomik gelirin her geçen gün artmasıyla beraber, sera gazı salınımı yapan kaynaklar da artmaktadır. 1990'lı yılların başlarında hava kalitesi, halk sağlığını olumsuz etkileyecek seviyede idi. Isınma amaçlı kullanılan kömür ve diğer fosil yakıtlar hava kalitesini olumsuz etkileyen enerji kaynaklarıydı. Hava kalitesinin iyileştirilmesi kapsamında son yirmi yıldır kademeli olarak birçok alanda yatırımlar ve çalışmalar yapılmıştır. Mesela, ısınma amaçlı kullanılan doğal gazın alternatif ve yaygın enerji kaynağı olarak halkın kullanımına sunulması ve raylı sistemlerin şehir içi trafiğinde yaygınlaştırılması önemli adımlardan sayılabilir. Sera gazı salınımı ile hava kirliliğini önleme ve azaltma çalışmaları birbiriyle bağlantılıdır. İstanbul Büyükşehir Belediyesi'nin yatırım faaliyetleri, şehrin ortam hava kalitesinin iyileştirilmesine destekleyecek sera gazı azaltım ve uyum çalışmalarını yerel düzeyde bütüncü bir şekilde hayata geçirmektedir. Örneğin, ulaşım süresinin azaltılması, sera gazı salınımı az alan toplu ulaşım araçlarının yaygınlaştırılması gibi. Sera gazı ve hava kirlleticilerinin salınımı azaltım çalışmaları kapsamında; ulaşım ağı, trafik, toplu ulaşım araçları, atık yönetimi, su yönetimi, yakıt kullanımı ve ısınma alanlarında köklü değişiklikler yapılarak iyileştirmiştir. İstanbul'da hava kirliliği yönetiminde özellikle SO₂, PM₁₀ azaltımında son 20 yılda çok önemli mesafeler alınmıştır. Sera gazı azaltım çalışmaları ile beraber hava kalitesinin iyileşmesi ile hava kirliliğinin insan sağlığı üzerindeki olumsuz etkisi azaltılmıştır.

ABSTRACT

Istanbul, where 15 million people live in the area and covered with the forest in half of the province boundaries, and surrounded by sea on three sides of each part. The city's population and economic income with increasing day by day, in which sources of greenhouse gas emissions is increasing as well. Air quality level in the early 1990s adversely affected to the public health. Coal and other fossil fuels used for heating purposes were energy sources negatively affecting to the city air quality. There were many investments and works in many areas within the context of the gradual improvement of air quality in the last twenty years. For instance, natural gas used for heating and alternative energy sources as widely available to the public and the dissemination of rail traffic within the city are the important steps. Prevention of air pollution and greenhouse gas emissions reduction activities are interrelated. Istanbul Metropolitan Municipality's investment activities aim to reduce the greenhouse gas emission to support the improvement of the ambient air quality in the city and adaptation at the local level. For example, the reduction of transport time, dissemination of public transport with less

* sevimoglu@gmail.com

greenhouse gas emissions. The scope of greenhouse gas and air pollutant emission reduction efforts; transport network, traffic, improvement and enhancement of public transportation, waste management, water management, improved by making radical changes in fuel use for residential energy supply. There has been very significant progress in the management of air pollution, especially SO₂, PM10 reductions in the last 20 years in Istanbul. Due to greenhouse gas abatement work together with the improvement of air quality, air pollution has been reduced its negative impact on human health.

ANAHTAR SÖZCÜKLER

Sera gazı, Hava kirliliği, İklim değişikliği, Adaptasyon, Azaltma

1. GİRİŞ

Hava kirliliği şehirlerde yaşam kalitesini düşürdüğü gibi (Derbez vd., 2014), aynı zamanda halk sağlığı üzerinde de olumsuz etkileri vardır (Altug vd., 2014). Hava kirliliği araştırmacıları dış/iç ortam havasının insan sağlığı üzerinde olumsuz etkilerini araştırdıkları gibi, bununla beraber doğal ve insan kaynaklı sera gazı salınımının küresel iklim değişikliği üzerindeki etkilerini de araştırmaktadırlar (El Dib, 2011). Küresel iklim değişikliği dünyanın çevre sorunlarından biri olarak kabul edilmektedir. Antropojenik faaliyetler küresel iklim değişikliğine katkıda bulunduğu genel bilimsel görüş olmasına rağmen, iklimin oluşumundaki dinamikler tamamen anlaşılmalı değildir (Oreskes, 2004; Johnson vd., 2007). Küresel iklim değişikliğinin beklenen ve gözlenen etkileri, deniz seviyesinin yükselmesi (Shepherd ve Wingham, 2007), yağış dağılımındaki değişiklikler ve artan fırtına şiddeti (Sen, 1978; Lowe vd., 2001), ortam sıcaklığının yüksek değişimi ve türlerin neslinin hızlı bir şekilde yok olması (Thomas vd., 2004) şeklinde söylebilir. İklim değişikliğinin şehirler üzerindeki etkileri ve tüm tehlike senaryoları dikkate alınarak analiz edilmelidir. Bu nedenle, uluslararası kurumlar ve ulusal hükümetler tarafından formüle edilen politikalar, kent ve yerel düzeyde uygulanması gerekmektedir.

Toplum için gerekli ihtiyaçlar dikkate alınarak kentin gelişimine yön verilir (Karaca vd., 1995). Kent planlanmasında çevre bilinci, sürdürülebilirlik ve çevreci altyapı dikkate alınmalıdır. Bununla birlikte, benzin ve dizel, doğal gaz, kömür, fuel-oil, LPG tüketimi gibi antropojenik kaynaklardan oluşan sera gazı emisyonlarının azaltılması için gerekli çalışmalara odaklanılmalı ve uygulamaya konulmalıdır. İstanbul'da yeni yollar, gökdelenler, konutlar, iş merkezleri, hava limanları, demiryolları ve metro hatlarının yapımı devam etmektedir. Altyapı iyileştirme çalışmaları kapsamında toplu taşıma araçları ile varılacak yere kısa sürede ulaşma, ulaşım ağının geliştirilmesi, kömür yerine doğalgaz kullanımı, su tüketiminde iktisatlı olma, atık yönetimi ve enerji kullanımında tasarruf atmosfere sera gazlarının ve hava kirlleticilerinin daha az salınımına vesile olacaktır.

Bu çalışma, İstanbul Büyükşehir Belediyesi (İBB) tarafından İstanbul'da son yıllarda yapılan sera gazı ve kirlenici salınımı azaltım ve uyum çalışmaları irdelenecektir.

2. METOD

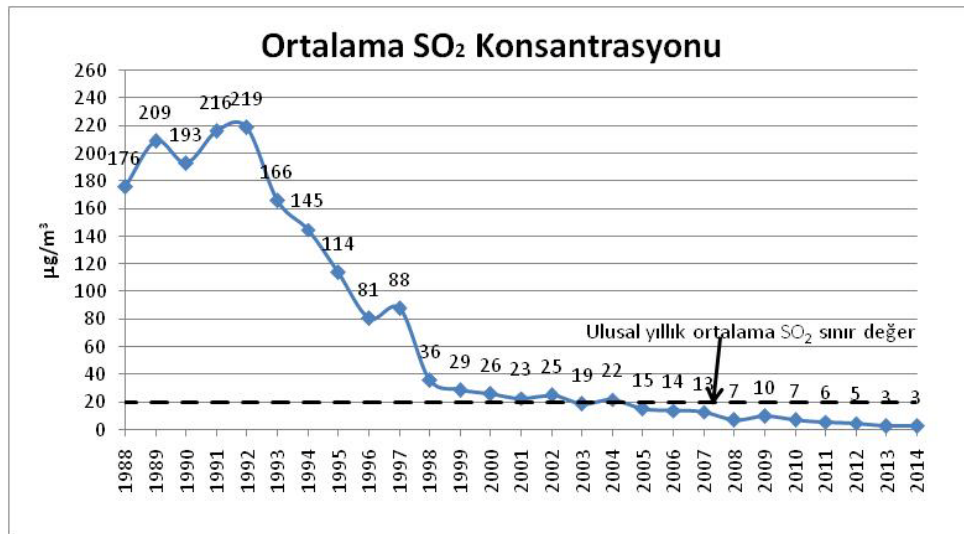
Şehir hava kalitesinin iyileştirilmesi ve sera gazı emisyonunun azaltılması için yerel yönetimler tarafından alınan önlemler bundan sonraki kısımda irdelenmiştir.

2.1. Konutlarda ısınma ve enerji ihtiyacı

İstanbul'un hava kirliliği 1990'lı yıllarda halk sağlığı için kritik bir seviyedeydi (Tayanç, 2000). O tarihlerde şehirde konutların enerji ihtiyacı odun, kömür ve fuel-oil yakarak sağlanıyor. Bunların yakılması sonucu atmosfere sera gazı salınımı olduğu gibi partiküler madde (PM), karbon monoksit, sülfür oksitler, azot oksitler gibi hava kirleticileri maddeler atmosfere verilmekteydi. 1990'lı yılların başlarında düşük kaliteli ve yüksek sülfür içerikli kömür ve fuel oil yanmasından dolayı İstanbul ortam havasında SO₂ konsantrasyon değeri ulusal standart seviyesinin üzerine çıktı (Şekil 1). SO₂ değerinin düşürülmesi için de enerji temininde kullanılan kömür ve fuel oil yerine, doğal gaz kullanımına ağırlık verilerek şehrin ana noktalarına doğal gaz dağıtım ağı kuruldu ve daha sonra tüm şehirde yaygınlaştırıldı. Bu bağlamda doğal gaz kullanımı her geçen yıl artarak Tablo 1'de verildiği gibi son yıllarda en yüksek kullanıcı seviyesine ulaştı. Yüksek SO₂ konsantrasyon sorunu İstanbul'da doğal gaz kullanımının yaygınlaştırılması ile azaldı. 1994'den 2004'e kadar 10 yıllık süreçte SO₂ konsantrasyonu 145'den 22 µg/m³ düşürüldü. 2014 değeri 20 yıl önceki değerden 41 kat düşük olduğu kaydedilmiştir. Şehirde 1990'da 9 milyon ton kömür kullanımı varken (Alp vd.,1990), 2007'de bu miktar 0,7 milyon ton olarak gerçekleşerek 15 kat düşmüş (Kara vd., 2014), doğal gaz kullanımı 14 kez artmıştır. Bunun sonucu olarak, SO₂ konsantrasyonu 29 kez azalmıştır.

Tablo 1. Son 23 yıllık dönemde doğal gaz kullanımı

Yıl	1992	1994	2004	2011	2014
Abone sayısı	39000	300000	2606300	4840599	5660095
Gaz kullanan abone sayısı	10700	215000	2280704	4514732	5357080
Kullanılan gaz miktarı (m ³ /yıl)	8350964	353111160	3025985565	3988816925	4943890773
Birim abone başına kullanılan gaz miktarı (m ³ /abone)	780	1642	1326	883	922



Şekil 1. İstanbul Ortam Havasında Yıllık ortalama 24 saatlik SO₂ konsantrasyon değişimi

2.2. Atık yönetimi

İstanbul'da 2014 yılında günlük ortalama 15.000 ton evsel katı atık (EKA) toplanmakta, bunun sırasıyla 10.000 tonu Avrupa yakasında bulunan Odayeri çöp depolama sahasında, diğer 5.000 tonu Kömürcüda çöp depolama sahasında bertaraf edilmiştir. 1995 yılından bu yana 54 milyon ton ve 26 milyon ton çöp sırasıyla Odayeri ve Kömürcüda depolama alanlarında bertaraf edildi. Yapılan hesaplamalara göre ortam havasına geçen çöp gazı miktarı 1995'den 2009'a kadar yaklaşık 850 Milyon m³ ve 400 Milyon m³ olduğu tahmin edilmektedir. İBB'nin çevre bilinci sayesinde ilk çöp gazından elektrik enerjisi üretimi uygulaması Hasdal düzensiz çöp depolama sahasında 2004 yılında başladı. Buradan elde edilen tecrübe ile Çöp Gazından Enerji Projesi (ÇGEP) iki ana çöp sahalarında 2009 yılında uygulandı. Çöp depolama sahalarında kurulan elektrik santrallerinin üretim yapmasıyla, toplam üretilen elektrik enerjisi 2009-2014 yılına arasında 1.112.756 MWh ulaştı (Tablo 2). Bu projeler, sera gazı emisyon azaltım çalışmaları için ve kullanılmayan metan gazından enerji elde etmek için uygulanmaktadır. Bu sayede, yıllık yaklaşık 110 bin evin elektrik ihtiyacı bu tesislerden sağlanmaktadır. 2013 yılında çöp gazından enerji üretimi sonucu 1281000 ton CO₂ emisyonu azaltımı yapılmıştır.

Diğer önemli sera gazı azaltım uygulaması, EKA depolama sahasına daha az araçla çöp naklini sağlayacak yedi aktarma istasyonunun kullanılmasıdır. Konutlardan çöp kamyonu ile toplanan atıklar, daha sonra atık aktarma istasyonuna getirilmekte ve daha büyük çöp kamyonlarına transfer edilmekte ve sonra da depolama sahalarına gönderilmektedir. Bu uygulama ile hem trafik yükü azaltılmakta hem de daha az yakıt harcanarak sera gazı emisyonu azaltımı sağlanmaktadır. Ayrıca, ambalaj atıkların kaynağında ayrı toplanmasıyla geri kazanım sağlamak ve depolama sahasına bu atıkları göndermeyerek daha az sera gazı oluşumuna katkıda bulunmaktadır.

Tablo 2. Çöp gazından üretilen elektrik enerjisi miktarı (MWh)

Yıl	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Elektrik Üretimi (MWh)	5.938	4.377	3.626	3.225	2.474	70.895	116.960	114.262	183.440	290.652	336.547

2.3. Su kullanımı

Büyük bir nüfusa sahip İstanbul, sürekli kaliteli kullanma ve içme suyuna ihtiyaç duymaktadır (Tablo 3). Şehre 2014 yılı için verilen su miktarı 924 milyon m³'tür. Günlük ortalama verilen su miktarı yaklaşık 2491000 m³ olarak raporlanmıştır. Kullanılan 1.184x10⁶ m³ su, arıtılarak alıcı ortama bırakılmaktadır. Mevsimsel kuraklık nedeniyle zaman zaman su kaynaklarının kapasitesi azalır, bu da sağlanan suyun kalitesine ve miktarına etkileyebilir. İstanbul'da su kaynakları üzerinde iklim değişikliği etkileri görülmüştür (Gain vd., 2012). Su kaynaklarında miktar az olsun veya olmasın, toplumda suyun iktisatlı kullanılmasının yaygınlaştırılması, hem kaynakların ekonomik kullanımına yardımcı olacaktır, hem de kullanıcıya maliyeti daha az olacaktır. Bununla ilgili halkı bilgilendirme ve farkındalık çalışmaları yapılmaktadır. Şehre sağlanacak su miktarını azaltmak için kayıp-kaçak çalışmaları yapılmıştır. 1995'de kayıp kaçak oranı %51,9 iken bu değer 2014'de %24'e kadar düşürülebilmektedir. Su tüketiminin azaltılması için konutlarda iktisatlı su sistemleri ve ev aletleri kullanımı yaygınlaştırılmıştır. Su tüketiminde ve su dağıtım sisteminin iyileştirilmesi ile oluşturulacak farkındalıkla sağlanacak en fazla 5% (46.200.000 m³) yıllık su tüketimindeki azalma, daha az enerji kullanımı ve daha

az atıksu üretimi şeklinde önemli katkıları olacaktır. Buradan elde edilecek sera gazı emisyon azaltımında önemli bir katkısı olacaktır.

Tablo 3. Su ve Atıksu Verileri (İBB faaliyet raporu, 2014)

		2011	2012	2013	2014
Hizmet Verilen Nüfus	Milyon-kişi	13,6	13,9	14,2	14,4
Toplam Hizmet Alanı	km ²	5461	5461	5461	5461
Abone Sayısı	Milyon-adet	5,1	5,4	5,6	5,8
Su Şebeke Uzunluğu	km	17.348	17.424	17.826	18.020
Su İsale Hattı (Ø400 mm ve Yukarısı)	km	1.948	2.217	2.390	2.460
Kanal Şebeke Uzunluğu	km	13.779	14.064	14.349	14.856
Su Kaynaklarının Kapasitesi	m ³ /yıl	1.353x10 ⁶	1.353x10 ⁶	1.353x10 ⁶	1.660 x10 ⁶
Şehre Verilen Yıllık Su Miktar	m ³ /yıl	824x10 ⁶	873x10 ⁶	909x10 ⁶	924 x10 ⁶
Şehre Verilen Ortalama Su Miktarı	m ³ /gün	2.257x10 ³	2.385x10 ³	2.491x10 ³	2.533 x10 ³
İçmesuyu Arıtma Tesisi	adet	17	18	18	18
Atıksu Arıtma Tesis	adet	38	41	55	57
Arıtılan Atıksu Miktarı	m ³ /yıl	1.073x10 ⁶	1.119x10 ⁶	1.162x10 ⁶	1.184 x10 ⁶

2.4. Ulaşım

Araç egzoz gazından kaynaklanan kirleticilerin ortam hava kalitesine etkisi önemli bir orana sahiptir (Schauer vd., 1996). Buna ilaveten, araçlardan kaynaklanan sera gazı emisyonu da dikkate alınacak seviyedir (EPA, 2013). Trafikten kaynaklanan sera gazı ve kirletici maddelerin salınımının azaltımı için çalışmalar yapılmıştır. Bunlar; yolların iyileştirilmesi ve genişletilmesi, yeni tünel ve yolların inşası, otobüs ve metro hatlarının uzatılması ve yaygınlaştırılması, otobüs, demiryolu ve denizyolu taşımacılığının entegrasyonun sağlanması şeklinde sıralanabilir. Bu şekilde trafik yoğunluğu azaltılarak seyahat süresi kısalmaktadır, bu sayede hem kirletici hem de sera gazı emisyonu salınımı azalacaktır.

Toplu taşımada kara, demiryolu ve deniz araçlarıyla yolculuk yapanların 2014 yılı için tercih ettikleri araçlara göre sayısı Tablo 4'de özetlenmiştir. Buna göre kara araçları ile yolcu taşımacılığı %83,8 gibi önemli bir orana sahiptir. Raylı sistemin oranı %13,9, deniz ulaşımının oranı ise %2,28'dir. Ancak bu oranların bölgesel olarak değerlendirilmesi gerekir. Ulaşımdan kaynaklanan hava kirliliğinin yönetilmesinde kara taşımacılığında kaynaklanan hava kirliliğinin ve sera gazı emisyonunun azaltılması için, tüm araçlar Avrupa Birliği standartlarına getirilmiştir.

İstanbul'da, nüfusu artışıyla beraber, 2013 yılı içinde trafiğe giren araç sayısı 180.000 civarındadır (Tablo 5). Araç sayısında 2013 yılı için %15,6 lık artış yakıt tüketiminde de %16 lık bir artışa neden olmaktadır ve sera gazı ve hava kirletici emisyonu buna göre artmaktadır.

Table 4. Ortalama günlük taşınan yolcu sayısı ve kullandığı araç tipi (IETT, 2015).

	Yolcu Sayısı	Oran (%)
KARA ARAÇLARI		
Metrobüs	800.000	8,27
Otobüs	927.546	9,59
Belediye Özel Otobüs	1.441.334	14,9
Otobüs-Özel İşletme	795.504	8,22
Minibüs	2.100.000	21,71
Minibüs taksi	110.000	1,14
Taksi	1.100.000	11,37
Servis Otobüsü (kayıtlı)	2.400.000	24,81
TOPLAM	9.674.384	100
DEMİRYOLU		
Metro	613.062	8,27
Hafif Raylı Tren	308.420	9,59
Tranvay	497.230	14,9
Feniküler	48.837	8,22
Tarihi Tranvay	1.983	21,71
Teleferik	5.966	1,14
Marmaray	129.895	11,37
TOPLAM	1.605.393	100
DENİZ TAŞIMACILIĞI		
Deniz Otobüsü	20.610	7,8
Arabalı Vapur	106.357	40,2
Özel Tekneler	137.285	52
TOPLAM	264.252	100

Hızlı Otobüs Taşımacılığı (Metrobüs). Hızlı Otobüs Taşımacılığı (Metrobüs) Kadıköy-Söğütluçeşme ile Avcılar-Gürpınar (TÜYAP) arasında ana trafik arterleri güzergâhı üzerinde halka hızlı ve rahat bir ulaşım sağlamak amacıyla hayata geçirilen bir toplu ulaşım projesidir. Ana yolda iki şerit otobüs yolu olarak ayrılmıştır. Otobüsler 40 km/saat ortalama hızla kendi yollarında gitmektedir. İleri teknoloji ile özel tasarımı otobüsler dizel, elektrik veya doğalgaz ile çalışabilir Euro-4 hibrid motorlar ile donatılmıştır. Metrobüs projesi hem hızlı yolculuk hemde sera gazı ve hava kirlenici emisyonlarının azaltılmasını sağlayan bir ulaşım projesidir. Metrobüs ile benzinli orta boy araba arasındaki CO₂ emisyon karşılaştırması Tablo 6'da gösterilmiştir. Metrobüs benzinli orta boy arabadan 19 kat daha az gCO₂-eq üretmektedir.

Table 5. İstanbul’da yakıt türlerine göre araç sayısı.

Araç tipi	2010	2011	2012	2013
Benzin	1.171.541	1.129.963	1.109.418	1.104.694
Dizel	1.280.598	1.446.154	1.593.030	1.751.855
LPG	259.032	275.992	294.150	309.528
Bilinmiyor	83.065	75.541	68.867	64.831
Total	2.794.236	2.927.650	3.065.465	3.230.908
Tüketilen toplam yakıt miktarı (Benzin, Dizel, LPG) (ton/yıl)	3.029.790	3.247.384	3.328.825	3.514.513

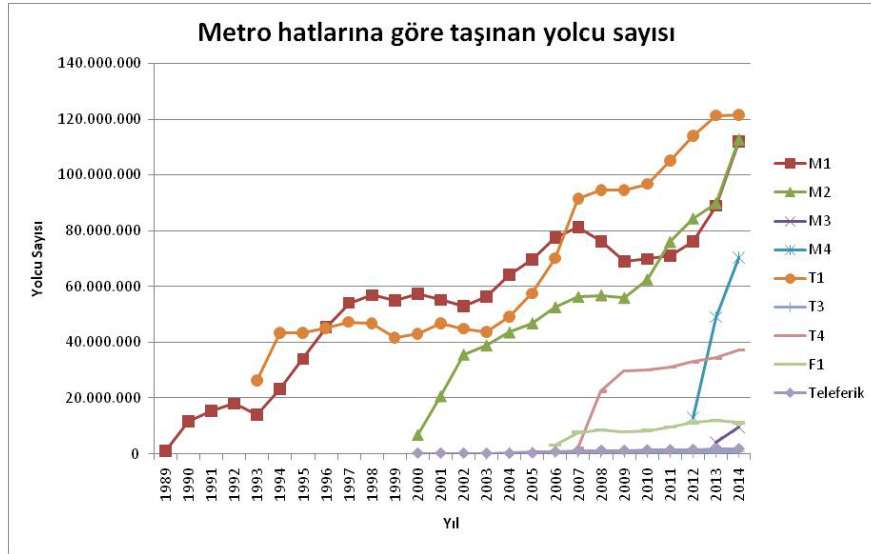
Tablo 6. Metrobüs ile orta ölçekli benzinli arabanın sera gazı emisyonunun karşılaştırılması.

Başlama	Varış	Mesafe (km)	Metrobüs (gCO ₂ -eq)	Orta sınıf araba (Benzin) (gCO ₂ -eq)
Söğütlüçeşme	Cevizlibağ	20	830	5720
Cevizlibağ	Tuyap (Beylikduzu)	26	1076	7439
Toplam		46	1906	13159

Metro. Modern hafif raylı sistem ilk İstanbul'da 1990 Sirkeci-Aksaray-Topkapı güzergahında inşa edildi. Ardından, yeni metro ve hafif raylı sistemler buna bağlanarak genişletildi (Şekil 2). Bugün itibariyle 149 km metro ve hafif metro hattı mevcuttur. Raylı sistemlerin kişi başına sera gazı ve kirletici emisyonun azalmasında önemli katkısı vardır. En yüksek teknolojik raylı sistem Marmaray projesidir. Proje 13,4 km'lik Kadıköy-Kazlıçeşme arasında yer almaktadır. Günlük 216 sefer yapmakta ve her seferde 1650 yolcu kapasitesine sahiptir. Marmaray projesi ile önemli sera gazı azaltımı sağlanmaktadır. Sera gazı emisyonu 115.000 ton/yıl (315 ton/gün) olarak hesaplanmıştır. Tablo 7’de Raylı sistemde 2014 yılında taşınan yolcu sayısı ve hatların toplam taşınan yolcu sayısına göre yüzde oranları verilmiştir. Buna göre yüzde olarak en yüksek orana sahip olan hatlar en fazla insan yoğunluğunun olduğu hatları göstermektedir. Kara taşımacılığın yoğun olduğu bölgelere yapılacak raylı sistemler kara taşımacılığının yükünü alacaktır. Bu şekilde kara taşımacılığından kaynaklanan hava kirliliği ve sera gazı emisyonu da azaltılacaktır.

Otobüsler. Otobüsler İstanbul'da yıllardır kullanılan en yaygın toplu taşıma aracıdır. 2014 yılına kadar İstanbul'da eski teknolojiye sahip yüksek sera gazı emisyonu salan, daha az rahat ve yüksek yakıt tüketimi olan araçlar kullanıldı. Son yıllarda, toplu taşıma otobüslerinin teknik kriterleri belediye ve özel halk otobüsleri için değiştirildi. Bu nedenle, İETT yeni teknik standartlara dayalı otobüs filosu oluşturdu. Şimdi, Avrupa Taşımacılık Standardına uyumlu yüksek konforlu, yakıt tüketimi düşük ve kombine yakıt kullanabilen araçlar kullanılmaktadır. Toplu taşıma için trafikteki toplam otobüs sayısı 6135 adettir.

6. Ulusal Hava Kirliliği ve Kontrolü Sempozyumu-2015 7-9 Ekim 2015, İZMİR



M1: Yenikapı-Havalimanı-Kirazlı (24.7 km), M2: Yenikapı-Hacıosman (23.5 km), M3: Başakşehir-Olimpiyatköy (15.9 km), M4: Kadıköy-Kartal (21.7 km), T1: Kabataş-Bağcılar (18.5 km), T3: Kadıköy-Moda (2.6 km), T4: Topkapı-Habibler (15.6 km), F1: Taksim-Kabataş (594 m).

Şekil 2. Hatlara göre raylı sistemle taşınan yolcu sayıları

Tablo 7. Raylı sistemde hatların 2014 yılı taşınan yolcu sayısı ve yüzde oranları

Hatlar	Hat Uzunluğu (km)	2014 Taşınan Yolcu Sayısı	Taşımacılıkta katılım oranı (%)
M1	24,7	112.046.120	21,50
M2	23,5	112.636.936	21,61
M3	15,9	9.766.614	1,87
M4	21,7	70.421.482	13,51
T1	18,5	121.490.005	23,31
T3	2,6	731.891	0,14
T4	15,6	37.308.177	7,16
F1	0,594	11.165.625	2,14
Marmaray	13,6	43.651.135	8,38
Teleferik	0,347	1.935.522	0,37

Akıllı ulaşım ve sinyalizasyon sistemleri. İstanbul Trafik Kontrol Merkezi'nin (İTKM) temel misyonu her zaman güvenli ve erişilebilir trafik için yolcular, yayalar ve sürücüler için trafiği gözlemlemektir. Trafik akışını izleyerek her bir ana arterde trafik yoğunluğunu azaltmak için gerekli müdahaleler yapılır. Trafikte bekleme süresini azaltmak için, kavşaklarda akıllı trafik sinyalizasyon sistemi uygulanır. Aracın trafikte daha az beklemesi, daha az sera gazı ve hava kirlenici emisyonlarının salınımı demektir. En optimum seyahat güzergahı ve ulaşım zamanını belirlemek için yardımcı bilgisayar programları yapılmıştır. İBB tarafından yapılan Online Trafik Yoğunluk Haritası bulardan bir tanesidir. Yolcular bu programları kullanarak kendileri için en kısa ve açık yolları kullanarak gidecekleri yerleri ulaşmaktadır.

2.5. Yeşil alan kullanımı

Yeşil alan çalışmaları kişi başına düşen yeşil alan miktarının artırılması ve mevcut yeşil alanların korunması ve bakımını içermektedir. 2014 yılı için kişi başına düşen yeşil alan 5,62 m²'dir. Bakımı yapılan yeşil alanların toplamı 2014 yılı için 50.994 km² ve 2010 yılından itibaren beş yıl içinde %6,63 oranında artırılmıştır. 106.983 adet yetişkin ağaç dikilmiş, 2010-2014 yılları arasında şehrin çeşitli yerlerinde dikilmiş ağaç sayısı 523.126 adet olarak gerçekleşmiştir. İstanbul İl sınırları içinde 2424,2 km² orman alanı vardır. Ormanlar atmosferden ekolojik karbon döngüsü içinde karbonu alır ve kullanır (Baccini vd., 2012). Yoğun kent bölgesinde yapılan peyzaj ve ağaçlandırma çalışmaları şehirde artan CO₂ emisyonunu almada önemli görev düşmektedir. yapılan araştırmalarda havadaki partiküllerin ve kirleticilerin çökme alanı olarak yeşil alanlar tespit edilmiştir (Önder ve Dursun, 2006).

2.6. Enerji kullanımı

Enerji tasarrufu sera gazı emisyonun azaltımında önemli bir yeri vardır. İstanbul'da Büyükşehir Belediyesi'nin tüm sorumlu bölgelerinde kentin gece manzara ve sokak aydınlatmasında enerji tasarrufu aydınlatma armatürleri kullanılmıştır. Tüm trafik ışıklarında enerji tasarrufu sinyal lambaları kullanılmıştır. Ayrıca, yeni yapılan binalarda ızalasyon mecburi olduğu gibi, eski binalarda bina dışına yalıtım uygulanarak enerji tasarrufuna sahip bina sayısı artırılmıştır. Bina yalıtımı enerjiyi kaçırmasını azaltarak, ısınma amaçlı yakıt tüketiminin azalmasına vesile olmaktadır.

2.7. Sera gazı ve hava kirleticileri emisyonu azaltım çalışmaları

İstanbul'da sera gazı emisyon miktarı ilk defa 2010 verileri kullanılarak hesaplanmıştır (GTE, 2013). Tablo 8'de sabit, hareketli ve atık sistemlerinden salınan sera gazı emisyon miktarları ve bunların toplamı içindeki yüzdeleri ve alınan tedbirler ve azaltım çalışmaları Tablo 8'de sunulmuştur. Kaynaklar incelendiğinde sabit ve hareketli kaynaklar sadece sera gazı değil aynı zamanda önemli hava kirleticileride atmosfere salmaktadır. Bu durumda sera gazı azaltım çalışmaları aynı zamanda bu kirleticilerin azaltılmasında da etkili olacaktır.

2.8. İnsan Sağlığına Olan Etkileri

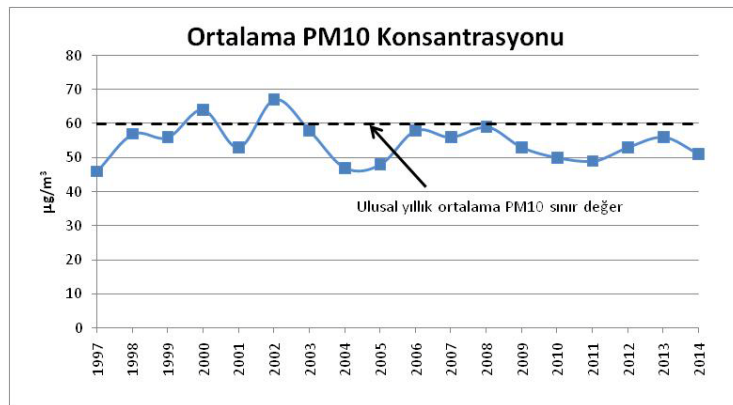
Yapılan araştırmalarda partikül maddelerin, özellikle 1 mikrondan daha küçük parçacıkların, solunum sisteminde birikme potansiyeli yüksektir (Cupr vd., 2013). İstanbul ortam havasında PM₁₀ konsantrasyonunun yıllara göre değişimi Şekil 3'te verilmiştir. Halk sağlığı çalışmalarında bildirilen İskemik Kalp Hastalığı (İHD) ile PM arasında bir bağlantı vardır. Kış aylarında PM_{2.5} in 10 µg m⁻³'lük yükselmesi 1.02 ile 1.05 arasında İHD riskini artırmaktadır (Talbot vd., 2014). Bu etki, İstanbul'da 1994-1998 yılları arasında hava kirliliği düzeyleri ile ölüm oranı arasındaki ilişki incelenmiştir. Hava kirliliği parametreleri olarak günlük SO₂ ve TAP (Toplam Asılı Partikül) temel alınmış ve meteorolojik etmenler ve diğer etmenler (tatil günleri, mevsimler) kontrol edilerek incelenmiştir. Yapılan çoklu regresyon analizinde TAP ve günlük ölüm oranı verileri arasında anlamlı korelasyon saptanmıştır (t = 3,16; p<0,01). TAP ile olan ilişki, ölçümün yapıldığı günü takiben 3. ve 5. günün ölüm değerleri incelendiğinde daha da güçlenmiş ve regresyon katsayıları yükselmiştir (t = 4,76; p < 0,001; t = 4,57; p< 0,001). TAP düzeylerinin 5. ve 95. yüzdeleri arasında 58 ölüm sayılarında anlamlı bir fark bulunmuştur (p < 0,001) ve bu yüzdeler 5 günlük ölüm sayıları oranındaki artış 1,21 olarak hesaplanmıştır (Şahin, 2000). Diğer bir çalışmada, 1991-1994 yılları arasında hava kirliliğinin 0-2 yaş grubunda solunum sistemi enfeksiyonlarından kaynaklanan ölümler üzerindeki etkisi incelenmiştir. Günlük SO₂ ve TAP düzeyleri ile İstanbul'daki 8 hastanede 0-2 yaş grubu çocukların solunum sistemi hastalıklarından dolayı

6. Ulusal Hava Kirliliği ve Kontrolü Sempozyumu-2015 7-9 Ekim 2015, İZMİR

hastaneye yatırılma sayısı ve bu çocuklarda mortalite arasındaki ilişkiye bakılmıştır. Hava kirliliğinin yoğun yaşandığı kış mevsimlerinde 0-2 yaş grubundaki çocuklarda solunum sistemi hastalıklarındaki mortalitede %8'lik bir artış olduğu sonucuna varılmıştır (Olgun, 1996).

Tablo 8. 2010 yılı için sera gazı salınım miktarı, kaynakları ve başlıca alınan azaltım uygulamaları

Sera gazı Emisyon Kaynakları	2010 Yılı Sera gazı Emisyonu	Toplam Emisyondaki Oranı	Hava Kirliliğinin ve Sera gazı Emisyonunun Azaltımı İçin Yapılanlar
	tCO _{2e}	%	
Sabit Kaynaklar			Kömür, odun ve fuel oil kullanımının azaltılması, doğal gazlanımının yaygınlaştırılması. Konutlarda akıllı merkezi ısıtma sisteminin yaygınlaştırılması. Konutlarda dış ızalasyonun yapılması. Enerji tasarruflu ekipmanların kullanımı.
Konutlar	15.282.654	37,6	
Ticari işyerleri	4.872.008	12,0	
Endüstriyel enerji	6.626.962	16,3	
Hareketli kaynaklar		0,0	Metrobus Sistemi, Raylı sistemin artması. Yeni yol ve tüneller bağlantılarının yapılması. Akıllı trafik sistemleri ile ulaşım yoğunluğunun azaltılması.
Kara araçları	10.008.732	24,6	
Raylı sistemler	76.248	0,2	
Denizyolu araçları	63.518	0,2	
Atık		0,0	Çöp gazının direk atmosfere salınımının durdurulması ve enerji eldesi. Atıksu arıtma sistemlerinde metan emisyonunun kontrolü. Hava kalitesi kontrol sistemlerinin uygunlanması. Su dağıtım sisteminde kaçakların azaltılması.
Katı atık depolama	1.598.736	3,9	
Yakma sistemleri	4.357	0,0	
Atıksu arıtma ve deşarj	768.283	1,9	
Proses emisyonları	1.363.741	3,4	
Toplam	40.665.239	100	



Şekil 3. Yıllara göre İstanbul ortam havasında PM₁₀ değişimi (İÇDR, 2013)

4. SONUÇ DEĞERLENDİRME

Dünyada en büyük çevresel sorunlarından biri küresel ısınmadır. Buna karşılık, temiz, yenilenebilir ve çevre dostu enerji yatırımları sadece sera gazı emisyonlarının azalmasına vesile olmakla beraber, hava kirleticilerin salınımının azalmasına neden olmaktadır. Bu nedenle, İstanbul Büyükşehir Belediyesi, çevre yatırımlarıyla sera gazı emisyonlarının azaltılması için önemli projelere desteklemekte ve uygulamaktadır.

İstanbul Büyükşehir Alanı karbon ayak izi 2010 yılı için hesaplandı. Buna göre, sera gazı emisyonunun %35'i kullanılan elektrik, %23 araç eksozlarından, %18 doğal gaz, %13 diğer yakma sistemlerinden kaynaklanmaktadır. Endüstriyel işlemlerden (F gazları hariç) ve katı atıktan kaynaklanan sera gazı emisyonu oranları sırasıyla % 3 ve % 6 şeklindedir.

Son 25 yılda toplu taşıma için inşa edilmiş 149 km raylı sistem yatırımları daha az karbon emisyonu oluşumuna katkı sağladığı gibi, trafik sıkışıklığının azalmasına ve daha konforlu yolculuk imkanı vermiştir. Enerji tasarruflu ekipmanlar daha az enerji kullanıma katkı sağladığı gibi, sera gazı emisyonunun azalmasına da katkıda bulunmuştur.

Hava kirleticisi parametre değerlerinde 20 yıl içindeki yapılan iyileştirme çalışmaları sonucu azalma görülmektedir. 1990'da SO₂ ve Toplam Askıda Partikül konsantrasyon değerleri sırası ile 200 µg/m³ ve 110 µg/m³ (İncecik, 1996) 2010'da ise 8 µg/m³ ve PM₁₀ 50 µg/m³ (Ünal vd., 2011) olarak yıllık ortalama değerler olarak kaydedilmiştir. Günlük değişimler kirlilik yükü ve meteorolojik ve mevsimsel şartlara göre kat kat fazla olabilmektedir. Burada hava kalitesi parametrelerinden SO₂ azaltılması için doğal gaz kullanımı yaygınlaştırılmış, kömür tüketiminin azaltılması için gerekli önlemler ve bilgilendirmeler halka yapılmıştır. İstanbul'da kömür tüketiminin azaltılması ile SO₂ konsantrasyonunda 29 kat azalma görülmüştür. NO₂ ise 2005'de 43 µg/m³ 2010'da ise 70 µg/m³ olarak ölçülmüştür (Ünal vd., 2011). Dizel yakıt ve doğal gaz kullanımının artması NO₂ artışında etkilidir. Bununla ilgili gerekli tedbirlerin alınması gerekmektedir.

5. TARTIŞMA VE ÖNERİLER

Yapılan hava kalitesi ölçümlerine göre ilave yapılması gerekenler şu şekilde sıralanabilir.

Hava kirleticisi kaynaklar ile sera gazı emisyon kaynakları benzer kaynaklardır. Son zamanlarda iklim değişikliği konularını çalışan araştırmacılar sera gazı emisyonu azaltım çalışmalarına yoğunlaşmışlardır. Ancak, sera gazı emisyonu olan CO₂ ve metan, ortam havasında ölçülen hava kirleticisi parametrelerden değildir. Buna karşı, havada bulunan kirleticisi parametrelerin sınır veya yüksek değerde olması, bunların insan sağlığına olumsuz etkisinin olacağı aşikardır. Bu durumda ortama salınan sera gazı emisyonlarının belirlenmesi yanında, ortamda hava kirleticilerinin konsantrasyonları ölçülmeli ve hava kalitesi indeksi belirlenmelidir. Sera gazı azaltım çalışmaları yanında hava kalitesi parametrelerinin de sınır değerlerde veya daha düşük seviyelere çekilmesi çalışmaları birlikte yürütülmelidir.

Ortama partikül salınımında etkili olan inşaat çalışmaları, partikül kontrolü sağlanarak devam edilmelidir. İstanbul trafiğinde 5000 civarında aktif olarak bulunan hafriyat kamyonu, şehirdeki inşaat çalışmalarının büyüklüğünü göstermektedir. Bundan dolayı bu kamyonlar hafriyat toprağı taşıırken gerekli önlemleri alarak trafiğe çıkmalıdırlar.

Binalarda ısınma sistemlerine yenilebilir enerji kaynağının entegrasyonu sağlanmalı, böylece daha ekonomik ve daha düşük sera gazı ve kirletici emisyonu veren sistemler yaygınlaştırılmalıdır. Enerji tasarrufu sağlamak için binalarda yalıtım uygulanmasına devam edilmeli, eski binalarda da yalıtım işlemleri yapılmalı ve teşvik sağlanmalıdır.

Son zamanlarda, yakıtlara başka yanıcı maddeler ilave edilerek düşük kalitede yakıtlar araçlarda kullanılmaktadır. Bunun için şehir içinde egzoz gazı ölçüm uygulamaları artırılmalı ve kullanıcılara caydırıcı cezai müeyyideler uygulanmalıdır.

KAYNAKLAR

Alp, K., Eroglu, V., Borat, O., 1993. "İstanbul'da Hava Kirliliğinin Değerlendirilmesi", s. 8-18, *İTÜ I.Hava Kirliliği Kontrolü Ulusal Sempozyumu '93*, 01.01.1993. İstanbul, Türkiye.

Altug, H., Gaga, E.O., Döğeroğlu, T., Brunekreef, B., Hoek, G., Doorn, W. V. 2014. Effects of ambient air pollution on respiratory tract complaints and airway inflammation in primary school children. *Science of The Total Environment* 479-480, 201-209.

Baccini, A., Goetz, S.J., Walker, W.S., Laporte, N.T., Sun, M., Sulla-Menashe, D., Hackler, J., Beck, P.S.A., Dubayah, R., Friedl, M.A., 2012. Estimated carbon dioxide emissions from tropical deforestation improved by carbon-density maps. *Nature Climate Change* 2, 182-185.
Cupr, P., Flegrová, Z., Francú, J., Landlová, L., Klánová, J., 2013. Mineralogical, chemical and toxicological characterization of urban air particles. *Environment International* 54, 26-34.

Derbez, M., Berthineau, B., Cochet, V., Pignon, C., Ribéron, J., Wyart, G., Mandin, C., Kirchner, S., 2014. A 3-year follow-up of indoor air quality and comfort in two energy-efficient houses. *Building and Environment* 82, 288-299.

EL Dib, G., 2011. Impacts of atmospheric pollution on climate change – laboratory studies. *Energy Procedia* 6, 600-609.

Environmental Protection Agency, 2013. Washington DCO of T and AQ. Fast facts, U.S. Transportation Sector Greenhouse Gas Emissions 1990-2011. Washington DC.

Gain, A.K., Giupponi, C., Renaud, F.G., 2012. Climate Change Adaptation and Vulnerability Assessment of Water Resources Systems in Developing Countries: A Generalized Framework and a Feasibility Study in Bangladesh. *Water* 4, 345-366.

GTE CARBON & ENVIRONMENTAL RESOURCES MANAGEMENT, 2013. GHG Inventory of Istanbul Metropolitan Area – 2010. İstanbul, Türkiye. Sf.59.

Incecik, S., 1996. Investigation of atmospheric conditions in Istanbul leading to air pollution episodes, *Atmospheric Environment* 30, 2739-2749.

İl Çevre Durum Raporu (İÇDR), İstanbul İl Çevre ve Şehircilik Müdürlüğü Çevresel Etki Değerlendirme Şube Müdürlüğü, 2013. İstanbul, Türkiye. Sf.226

İstanbul Büyükşehir Belediyesi Faaliyet Raporu 2014. İstanbul, Türkiye. Sf.237

İstanbul Elektrik Tranvay ve Tünel (İETT), 2015.
<http://www.iETT.gov.tr/tr/main/pages/istanbulda-toplu-tasima/95>

Johnson, J.M.-F., Franzluebbers, A.J., Weyers, S.L., Reicosky, D.C., 2007. Agricultural opportunities to mitigate greenhouse gas emissions. *Environmental Pollution* 150, 107-124.

Kara, M., Mangir, N., Bayram, A., Elbir, T., 2014. A Spatially High Resolution and Activity Based Emissions Inventory for the Metropolitan Area of Istanbul, Turkey. *Aerosol and Air Quality Research* 14, 10–20.

Karaca, M., Tayanç, M., Toros, H., 1995. Effects of urbanization on climate of İstanbul and Ankara, *Atmospheric Environment*, 29, 3411-3421.

Lowe, J.A, Gregory, J.M., Flather, R.A., 2001. Changes in the occurrence of storm surges around the United Kingdom under a future climate scenario using a dynamic storm surge model driven by the Hadley Centre climate models. *Climate. Dynamics* 18, 179–188.

Olgun, Ç., 1996. *Hava Kirliliğinin 0-2 Yaş Grubunda Solunum Sistemi Enfeksiyonlarında Mortalite ve Morbidite Yönünden Etkisi (Tez) İstanbul*. Sağlık Bakanlığı Şişli Etfal Hastanesi, İstanbul, Türkiye.

Onder, S.; Dursun, S., 2006. Air borne heavy metal pollution of Cedrus libani (A. Rich.) in city center of Konya (Turkey). *Atmospheric Environment* 40, 1122-1133.

Oreskes, N., 2004. The Scientific Consensus on Climate Change, *Science* 3, 1686.

Unal, Y.S., Deniz, A., Toros, H., Incecik, S., 2011. Influence of meteorological factors and emission sources on spatial and temporal variations of PM10 concentrations in Istanbul metropolitan area. *Atmospheric Environment* 45,5504- 5513.

Şahin, Ü., 2000. *İstanbul'da 1994-1998 Hava Kirliliği Düzeyleri ile Mortalite Arasındaki İlişki*, İstanbul Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, İstanbul.

Schauer, J.J., Rogge, W.F., Hildemann, L.M., Mazurek, M.A., Cass, G.R., Simoneit, B.R.T. 1996. Source apportionment of airborne particulate matter using organic compounds as tracers. *Atmospheric Environment* 30, 3837-3855.

Şen, Z., 1978. Rainfall intensity-frequency relationships for monthly extremes - A comment. *Journal of Hydrology* 38, 387-389.

Shepherd, A., Wingham, D., 2007. Recent sea-level contributions of the Antarctic and Greenland ice sheets, *Science* 315, 1529-1532.

Talbott, E.O., Rager, J.R., Benson, S., Brink, L.A., Bilonick, R.A., Wu, C., 2014. A case-crossover analysis of the impact of PM2.5 on cardiovascular disease hospitalizations for selected CDC tracking states. *Environmental Reserach* 134, 455-465.



6. Ulusal Hava Kirliliği ve Kontrolü Sempozyumu-2015
7-9 Ekim 2015, İZMİR

Tayanç, M., 2000. An assessment of spatial and temporal variation of sulfur dioxide levels over Istanbul, Turkey. *Environmental Pollution* 107, 61-69.

Thomas, C.D., Cameron, A., Green, R.E., Bakkenes, M., Beaumont, L.J., Collingham, Y.C., Erasmus, B.F.N., de Siqueira, M.F., Grainger, A., Hannah, L., Hughes, L., Huntley, B., van Jaarsveld, A.S., Midgley, G.F., Miles, L., Ortega Huerta, M.A., Peterson, A.T., Phillips, O.L., Williams, S.E., 2004. Extinction risk from climate change. *Nature* 427, 145-148.