

KONYA/SELÇUKLU İLÇESİ KARBON AYAK İZİNİN BELİRLENMESİ

^{1,*}Mehmet Emin ARGUN, ²Refik ERGÜÇ, ³Yunus SARI

^{1,2,3}Konya Teknik Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi,
Çevre Mühendisliği Bölümü, KONYA

¹argun@selcuk.edu.tr, ²refikerguc@gmail.com, ³yunussari5634@gmail.com

(Geliş/Received: 08.02.2018; Kabul/Accepted in Revised Form: 21.11.2018)

ÖZ: Bu çalışmada, bir ürün, hizmet veya etkinlik için karbon ayak izinin göstergesi olarak atmosfere verilen karbondioksit gazının Konya/Selçuklu ilçesi için değerlendirilmesi yapılmıştır. Emisyon hesaplamalarında, Hükümetler Arası İklim Değişikliği Paneli (IPCC) tarafından önerilen ve Tier yaklaşımlarıyla belirlenmiş olan metodoloji kullanılmıştır. Hesaplamalar sonucunda Selçuklu ilçesinin 2015 yılı karbon ayak izi; 0,94 milyon ton CO₂ olarak bulunmuştur. Sanayi kaynaklı emisyonlar hesaplama dahil edilmemiştir. Selçuklu ilçesinin karbon ayak izini oluşturan emisyonlar içerisinde, %56'lık oranla barınmadan kaynaklı emisyonlar başı çekmektedir. Ardından en büyük katkıyı %41 oranla ulaşım amaçlı enerji kullanımı vermektedir. En düşük emisyon kaynağı %3'lük oranla katı atıklardır. İlçede kişi başına 1,55 ton CO₂, birim alan (km²) başına ise 457 ton CO₂ emisyonu düşmektedir. Sonuçlar değerlendirildiğinde ilçenin karbon ayak izinin dünya ve Türkiye ortalamasına göre daha düşük olduğu görülmektedir. Ayrıca, ilçede gerçekleştirilen yoğun ağaçlandırma çalışmalarının yaklaşık olarak 612360 ton CO₂'in tutulmasını sağladığı ve karbon ayak izinin düşmesine önemli katkı sağladığı ortaya çıkmıştır.

Anahtar Kelimeler: Sera Gazı, Karbondioksit, Karbon Ayak İzi, Emisyon, Ulaşım

Carbon Footprint Investigation of Konya/Selçuklu District

ABSTRACT: In this study, the carbon dioxide gas which is known as an indicator of carbon footprint usually associated with a product, service or activity was evaluated. Greenhouse gas emissions are calculated by using the methodologies explained as Tier approaches which are recommended by the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Carbon footprint of the Selçuklu district was calculated as 0.94 million ton of CO₂ in 2015. Industrial contributions were not included in this study. The emissions from domestic use was found as the main factor for increasing footprint with 56%. Then the second contribution is the use of energy for transportation sector with 41%. The lowest emission source is solid wastes with 3%. Key performance indicators of the district were 1.55 tCO₂/capita and 457 tCO₂/km². It was concluded that, the Carbon Footprint of the province is lower than the world and Turkey's average. In addition, it has been found that intensive afforestation work carried out in the district has a significant contribution to the decrease of the carbon footprint by absorbing approximately 612360 tons of CO₂.

Key Words: Greenhouse Gas, Carbon Dioxide, Carbon Footprint, Emission, Transportation

GİRİŞ (INTRODUCTION)

Sanayi devrimi sonrasında artan fosil yakıt kullanımı sebebiyle insan faaliyetlerinden kaynaklı karbondioksit salınımları, okyanusların ve orman alanlarının soğurabileceğinden çok daha hızlı bir

şekilde artmaktadır. Özellikle fosil yakıtların tüketilmesi, arazi kullanımı, ormansızlaşma gibi etkiler sonucunda atmosferdeki sera gazlarının birikimi hızla artmıştır (Can ve Baygüven, 2004). Bu hızlı artış, beraberinde küresel iklim değişikliğini getirmiş ve küresel boyutta, insan hayatını etkileyecek boyutlara gelmiştir. İklim değişikliği, “karşılaştırılabilir zaman dilimlerinde gözlenen doğal iklim değişikliğine ek olarak, doğrudan veya dolaylı olarak küresel atmosferin bileşimini bozan insan faaliyetleri sonucunda iklimde oluşan değişiklikler” olarak tanımlanmaktadır (Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Sözleşmesi, 2002).

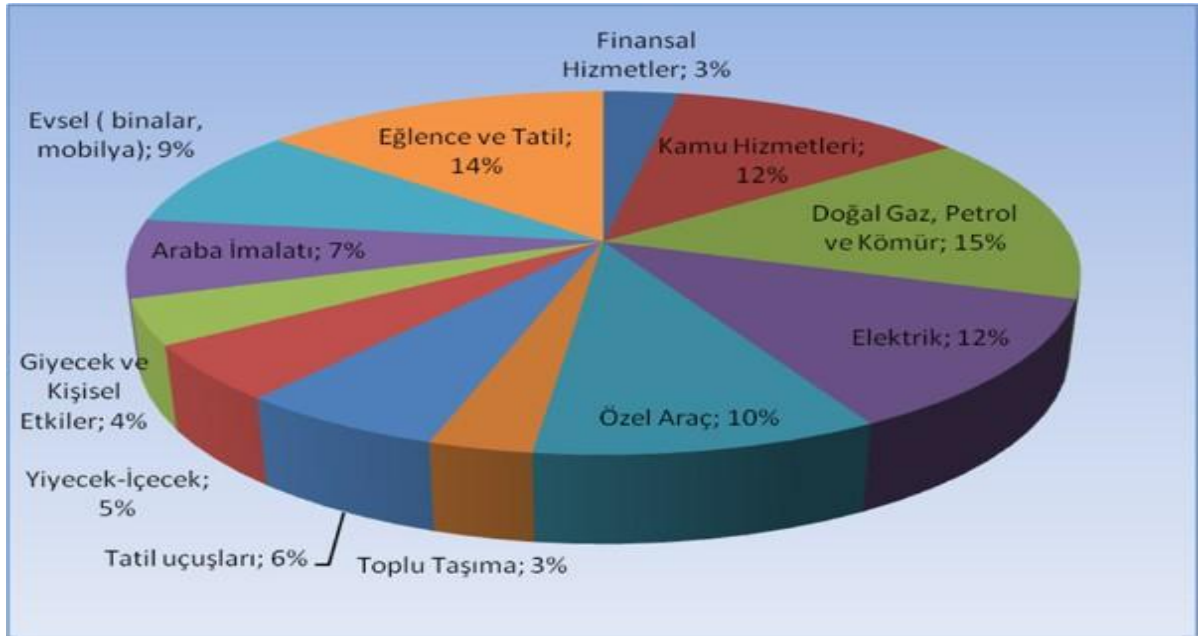
Dolayısıyla insanın tüketim faaliyetleri, doğa üzerinde kalıcı etkiler oluşturmaktadır. Karbon ayak izi de bu kalıcı etkileri ifade etmenin bir yoludur. Karbon ayak izi; alınan her ürün veya gerçekleştirilen her faaliyet için farklı süreçlerde atmosfere salınan karbon gazı toplamı olarak tanımlanabilir. Başka bir deyişle, birim karbondioksit cinsinden ölçülen, kurum veya bireylerin, ulaşım, ısınma, elektrik tüketimi vb. faaliyetlerinden kaynaklanan sera gazı emisyonlarının miktarıdır. Bazı sera gazları doğal yollarla (biyolojik faaliyetler, volkanik faaliyetler, orman yangınları vb.) oluşabilecekleri gibi insan faaliyetleri (fosil yakıtların tüketilmesi, tarım vb.) sonucunda oluşum hızları ve atmosferdeki konsantrasyonları daha da artmaktadır. Bu tür sera gazları; su buharı, karbondioksit, ozon, metan ve nitroz oksitlerdir. Sadece insan faaliyetleri sonucu oluşan sera gazları ise; kloro floro karbonlar (CFCs), hidro kloro floro karbonlar (HCFCs), hidro floro karbonlar (HFCs) ve kükürt hekzaflorür (SF_6) gibi gazlardır (Houghton ve diğ., 2001; Gillenwater ve diğ., 2002).

Su buharının en temel kaynağı okyanuslarda meydana gelen buharlaşma olayıdır. Ozon ise, atmosferdeki reaksiyonlar sonucu meydana gelen sera gazıdır. CFC gazları sentetik gazlardır ve insan faaliyetleri sonucu atmosfere salınırlar. Perflorokarbon gazları ise asal sera gazı denebilecek kadar güçlüdürler ve atmosferdeki ömürleri 1000 yıldan fazladır (Albritton ve diğ., 2001).

Atmosferdeki karbondioksit konsantrasyonu sanayi devrimi öncesinde 275 ppm değerinden 1999 yılında 367 ppm değerine yükselirken (Gillenwater ve diğ., 2002), günümüzde 400 ppm'den daha yüksek değerler görülebilmektedir. Bu ise %43 seviyesinde bir artışı göstermektedir. Bilimsel modeller, karbondioksit konsantrasyonunun 550 ppm'e ulaşmasıyla sıcaklıkların 1,4°C ile 4,5°C arasında artacağını öngörmektedir (Url-1). Bu yüzden atmosfere salınan karbon dioksit gazının bir göstergesi olan karbon ayak izinin belirlenmesi ve azaltmak için önlemler alınması her geçen gün önem kazanmaktadır.

Karbon ayak izi, barınma ve ulaşımında kullanılan enerjinin elde edilmesinden kaynaklanan karbondioksit emisyonlarının ölçüsü olan birincil karbon ayak izi ve hayatımıza giren her bir unsurun yaşam döngüsü boyunca sebep olduğu emisyonun dolaylı göstergesi olan ikincil karbon ayak izi olmak üzere iki farklı kategoride incelenmektedir (IPCC, 2006).

İkincil karbon ayak izinin içinde birincil karbon ayak izini barındırdığını söylemek mümkündür. Yurtdışından ithal edilen gıda veya ürünlerin, tüketiciye ulaşana kadar hava, kara, deniz ve demiryolu ile taşınması sağlanmaktadır. Bu ürünlerde oluşan bozulmadan veya tüketimden kaynaklı atıkların yine aynı ulaşım yollarıyla depolama ve bertaraf alanlarına götürüldüğü göz önüne alınırsa ikincil karbon ayak izi oldukça önemlidir. Bir kişinin ikincil karbon ayak izi, toplam karbon ayak izinin %54'üne eşit olduğu bilinmektedir. Ancak günümüzde, ikincil karbon ayak izinin tam olarak hesabı yapılamamaktadır. Ortalama bir kişinin karbon ayak izini oluşturan unsurlar Şekil 1'de verilmiştir.



Şekil 1. Karbon ayak izini oluşturan unsurlar ve oranları

Figure 1. Elements and Proportions of Carbon Footprint

MATERYAL ve YÖNTEM (MATERIAL AND METHOD)

Çalışma Alanı (Working Area)

Bu çalışmada, nüfus ve gelişmişlik açısından Konya'nın en büyük ilçesi olan Selçuklu ilçesinin ulaşım, barınma, enerji, atıklar ve diğer etkenler dolayısıyla meydana gelen karbon dioksit gazı emisyonlarının saptanması ve Selçuklu ilçesi karbon ayak izinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Karbon ayak izinin belirlenmesi için ilçedeki trafikte bulunan araçların sayısı, konut sayısı ve konutlardaki elektrik, katı yakıt ve doğal gaz tüketimleri, ilçedeki mevcut raylı sistemin elektrik tüketimi ve oluşan katı atık miktarları gibi veriler kullanılmıştır. Bu çalışmada, karbon ayak izi hesaplamalarında Hükümetler Arası İklim Değişikliği Paneli (IPCC) tarafından önerilen yöntemler kullanılmıştır (IPCC, 2006).

Selçuklu ilçesi bölgesel ve ulusal ölçekte, konumu, coğrafyası, sanayisi, tarım alanlarının genişliği, ulaşımı, yatırımları, gelişmişliği vb. pek çok alanda öncü olması sebebiyle cazibe merkezi haline gelmektedir. İlçenin bu özellikleri son yıllarda, ulusal çapta göç almasına sebep olmaktadır. Selçuklu ilçesinin nüfus verileri Tablo 1'de verilmiştir.

Emisyon hesaplama metodları, "Tier" olarak ifade edilen çeşitli bölümlere ayrılmıştır. Burada seviyeyi belirleyen, faaliyet ve teknoloji detaylarıdır. Tier 1 metodu genel olarak daha az veri içeren basit bir yöntem iken, Tier 3 metodu ise daha karmaşık olan ve uzmanlık gerektiren bir yöntemdir. Genel olarak Tier 1 ve diğer Tier yöntemleri şeklinde bir ayırım yapmak mümkündür. Çünkü daha yüksek kademe denilebilen Tier 2 ve Tier 3 yöntemleri, temel olarak aynı mantıkla kullanılmaktadır. Bu çalışmada, elde edilen veriler ışığında doğru hesaplama yapılabilmesi adına Tier 2 yöntemi kullanılmıştır (IPCC, 2006).

Çizelge 1. Selçuklu ilçesi nüfus verileri (TÜİK, 2017)*Table 1. Population of Selçuklu District, Statistical Institute of Turkey, 2017*

Yıllar	Nüfus
2007	466.233
2010	508.102
2013	565.093
2014	584.644
2015	604.706

IPCC Tier Metodu (IPCC Tier Method)

Kara yollarından kaynaklı emisyonların hesabında, resmi kurumlardan ilçedeki mevcut araç sayısı, IPCC 2006 kılavuzundan araçların 100 km'deki ortalama yakıt tüketim verileri, Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı verilerinden araçların yıllık ortalama menzilleri elde edilmiştir. Kara yollarından kaynaklı emisyonların hesabında öncelikle araç türlerine göre yakıt tüketim değerleri elde edilmiştir. Bulunan tüketim değerleri dönüşüm faktörleriyle çarpılarak enerji tüketimi bulunmuştur. Daha sonra, bulunan enerji tüketimi verileriyle karbon emisyon faktörleri çarpılarak karbon içeriği verisi elde edilmiştir. Yakıtların oksitlenme oranıyla, bulunan karbon içeriği verisi çarpılınca karbon emisyonu elde edilmiştir. Karbondioksit emisyonu için stokiyometrik dönüşüm faktörü kullanılmıştır (IPCC, 2006).

Motorlu taşıtlardan kaynaklanan emisyonlar ve bunlardan kaynaklı sera gazları, hava kirliliğinde önemli yer tutmaktadır. Egzoz gazlarından yayılan sera gazları hava kirliliğinin yaklaşık %20'sini oluşturmaktadır. Selçuklu ilçesi trafikteki araç sayıları ve hesaplamada kullanılan ortalama değerler Tablo 2'de verilmiştir. Trafikteki otomobillerin benzin, dizel ve LPG kullananlarının sayısını tam olarak bulmak oldukça zor olmasından ve emisyonu yüksek olan yakıt türünün tüketim miktarı azken, emisyonu az olanın tüketim miktarı yüksek olduğu için birbirini dengelediği düşünülerek bu üç yakıt türünün dönüşüm faktörlerinin ortalaması alınarak hesaplamalarda kullanılmıştır. Araçların yıl boyu kat ettikleri ortalama menzillerinin otomobiller için %70'inin, kamyonetler için %50'sinin ve kamyonlar için %20'sinin ilçe sınırları içerisinde olduğu kabul edilmiştir.

Havayollarından kaynaklı emisyonların hesabında uçakların iniş/kalkış faaliyetleri ve seyir faaliyetleri dikkate alınmaktadır. İniş/kalkış faaliyetleri (Landing/Take Off Cycle; LTO) 914 metre altındaki yolcu indirip bindirme, iniş kalkış gibi tüm faaliyetleri ifade eder. Seyir faaliyetleri ise; 914 metre üstündeki tüm uçuş aktivitelerini içerir. Selçuklu ilçesi sınırlarında bulunan Konya Havalimanı'ndan havalanan veya iniş yapacak olan uçaklar, 914 metre üzerine ilçe sınırları içerisinde yükselmediğinden seyir faktörü, Selçuklu ilçesi için göz ardı edilmiştir.

Çizelge 2. Selçuklu ilçesi taşıt sayıları, ortalama menzilleri ve yakıt tüketimleri (Konya İl Emniyet Müdürlüğü, 2015)*Table 2. Vehicle quantity, average distances and fuel consumption of Selçuklu District, 2015*

Araç Türü	Taşıt Sayısı	Ortalama Menzil (km/yıl)	Yakıt Tüketimi (L/100 km)	Şehir içi Kullanım Oranı
Motosiklet	50.841	50841	4	1.0
Otomobil	218.864	14283	9	0.7
Minibüs	3.472	24750	10.9	1.0
Kamyonet	74.138	18400	10.9	0.5
Kamyon	6.147	19000	29.9	0.2

Havayollarından kaynaklı emisyonların belirlenebilmesi için öncelikle Konya Havalimanı'na iniş/kalkış faaliyeti gerçekleştiren uçakların türleri ve bunların LTO sayıları tespit edilmiştir (DHMI, 2015). Daha sonra bu uçak türlerine göre IPCC 2006 kılavuzunda verilmiş olan LTO başına yakıt tüketim değerleri ve emisyon faktörlerinden faydalanılmıştır.

Hafif Raylı Sistemlerden kaynaklı emisyonlar, Konya Büyükşehir Belediyesi Raylı Sistemler Ulaştırma Daire Başkanlığı'ndan elde edilen elektrik tüketim verilerinin (11542534 kWh/yıl) Tablo 4'de verilen dönüşüm faktörüyle çarpılması ile elde edilmiştir.

Barınmadan kaynaklanan karbondioksit emisyonlarının hesabında, Selçuklu ilçesinde hanelerin elektrik, kömür ve doğal gaz kullanım verileri dikkate alınmıştır. Selçuklu ilçesindeki konutların elektrik tüketim verileri Meram Elektrik Perakende Satış A.Ş'nin paylaştığı olduğu verilerden elde edilmiştir. Doğalgaz ve katı yakıt kullanım verileri, çalışma bölgesindeki hanelerin ortalama tüketimleri baz alınarak hesaplanmıştır. Tablo 3'de her bir emisyon kaynağı için ilçedeki hane sayıları ve hesaplamada dikkate alınan ortalama tüketim değerleri verilmiştir.

Çizelge 3. Selçuklu ilçesi barınma kaynaklı emisyon hesabı için kullanılan veriler

Table 3. The data using for the calculation of domestic emission s in Selçuklu District

Emisyon Kaynağı	Kullanan Hane Sayısı	Ortalama Kullanım (ton-m ³ -kWh/hane)
Kömür	112506	2,5 ton/hane
Doğalgaz-Yaz		24m ³ /hane
Doğalgaz-Sonbahar	25608	120m ³ /hane
Doğalgaz-Kış		341m ³ /hane
Doğalgaz-ilkbahar		45m ³ /hane
Elektrik	134114	752kWh/hane

Katı atıklardan oluşabilecek emisyonların hesabında kullanılan Selçuklu ilçesinin katı atık miktarları, Konya Büyükşehir Belediyesi'nden temin edilmiştir. Elde edilen bu veriler, Kiriş ve Saltabaş (2011)'in yaptıkları çalışmada belirtilen depolama sahasının ömrü boyunca yaklaşık olarak 170 m³ gaz/ton atık oluşacağı, bunun %60'ının ilk 10 sene içinde oluşacağı ve %60 CH₄, %40 CO₂ içerdiği bilgileri kullanarak hacimsel olarak hesaplanmıştır. Daha sonra ideal şartlar için gaz yasası kullanılarak tCO₂/t atık olarak dönüştürülmüştür. Konya katı atık depolama sahasında oluşan gazlar toplanıp kojenerasyon ünitelerinde yakılarak elektriğe dönüştürüldüğü için oluşan metan gazının yanması ile oluşacak karbondioksit miktarı hesaplanmıştır. Elde edilen bütün veriler emisyon faktörleri kullanılarak karbondioksit türüne dönüştürülmüştür (Tablo 4).

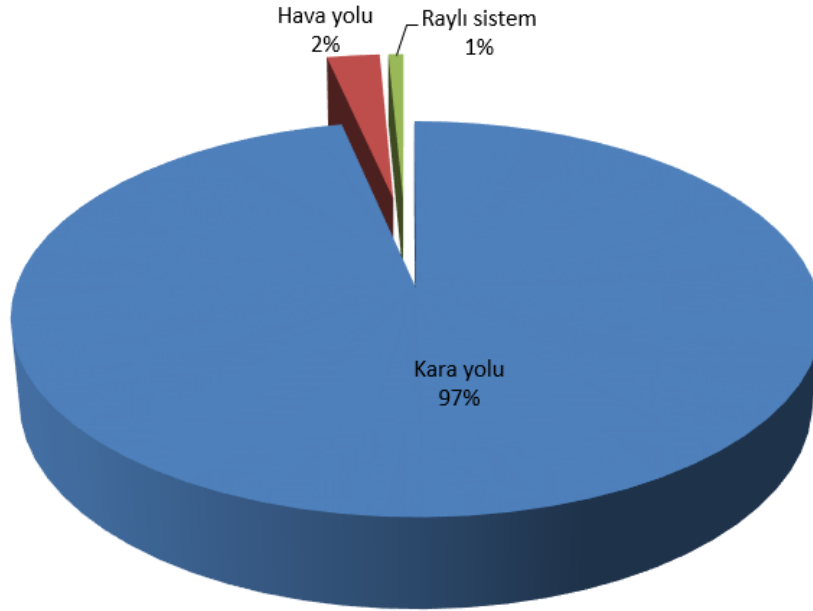
Son olarak Selçuklu ilçesi içerisinde gerçekleştirilmiş olan ağaçlandırma faaliyetlerinin ilçenin karbon ayak izini azaltmadaki etkisinin ne boyutta olduğunu belirlemek için ilçedeki mevcut dikili ağaç sayısı, Konya Orman Bölge Müdürlüğü ve Konya Büyükşehir Belediyesi Park Bahçeler Müdürlüğünden temin edilmiştir. Ağaçların yıllık ortalama 12 kg CO₂ tuttuğu bilgisinden yola çıkarak ilçedeki ağaçlandırma faaliyetlerinin Selçuklu ilçesi karbon ayak izine etkisi belirlenmiştir (Türe, 2014).

Çizelge 4. Tier 2 yöntemine göre emisyon hesaplarında kullanılan dönüşüm faktörleri*Table 4. The conversion factors for calculating emissions by using Tier 2 method*

Bileşen	Birimi	Dönüşüm Faktörü	Kaynak
Karayolu Araçları	tCO ₂ /10 ³ L benzin	2.30	DEFRA, 2016; IPCC, 2006
Karayolu Araçları	tCO ₂ /10 ³ L dizel	2.68	DEFRA, 2016; IPCC, 2006
Karayolu Araçları	tCO ₂ /10 ³ L LPG	1.51	DEFRA, 2016
Uçak iniş-kalkışı	tCO ₂ /LTO	2.31-2.78	IPCC, 2006
Raylı sistem	tCO ₂ /kWh _e	4.12x10 ⁻⁴	DEFRA, 2016
Kömür yakıtı	tCO ₂ /t kömür	2.89	DEFRA, 2016
Doğalgaz	tCO ₂ /m ³	2.03x10 ⁻³	DEFRA, 2016
Elektrik	tCO ₂ /kWh _e	4.12x10 ⁻⁴	DEFRA, 2016
Katı atık	tCO ₂ /t atık	0.19	Kiriş ve Saltabaş, 2011

BULGULAR (RESULTS)**Ulaştırma Kaynaklı Emisyonlar (Emissions from Transport)**

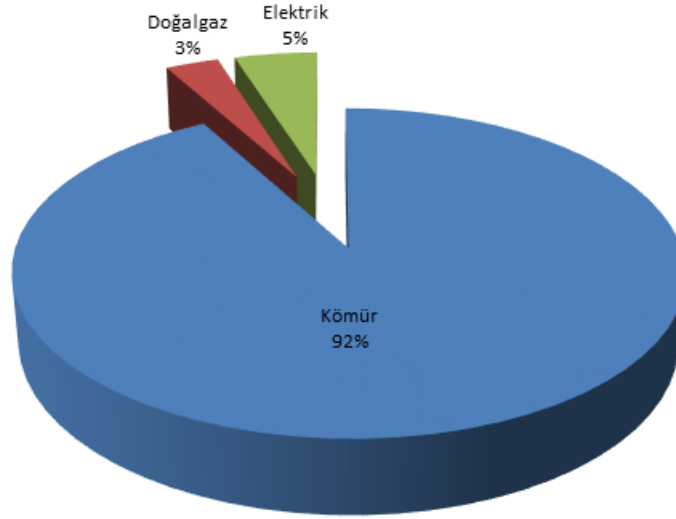
Selçuklu ilçesi ulaştırma kaynaklı emisyonlar toplam 638743 ton CO₂'dir. Bu miktar içerisinde, karayolu taşımacılığı en büyük paya sahip olup yaklaşık 617246 ton CO₂ emisyonuna sebep olmaktadır. Ulaştırma kaynaklı emisyonlar içerisinde havayollarının katkısı 16472 ton CO₂'dir. En düşük paya sahip ulaştırma sektörü ise 4756 ton CO₂ ile hafif raylı sistemlerdir. Şekil 2'de ulaştırma kaynaklı emisyonların karşılaştırılabilmesi açısından grafik gösterimi verilmiştir.

**Şekil 2.** Selçuklu ilçesi ulaştırma kaynaklı CO₂ emisyonları (ton CO₂ olarak)*Figure 2. Emissions from transportation for Selçuklu district, ton CO₂***Barınmadan Kaynaklı Emisyonlar (Emissions from Housing)**

Selçuklu ilçesi barınmadan kaynaklı emisyonlar hesaplanırken, katı yakıt tüketim verileri, doğalgaz tüketim verileri ve elektrik tüketim verileri kullanılmıştır. Selçuklu ilçesinde 112506 hane katı yakıt (kömür) kullanmakta ve toplamda yıllık 281265 ton kömür tüketilmektedir. İlçede 25608 adet konut ise

doğalgaz kullanmakta ve toplamda 1131233 metreküp doğalgaz tüketilmektedir. Selçuklu ilçesinin 2015 yılı konutlarda elektrik tüketim verisi ise 1169685 kWh'tır.

Elde edilen tüketim faktörleriyle, Tablo 4'de verilen dönüşüm faktörleri çarpılarak Selçuklu ilçesinin barınmadan kaynaklı emisyonları elde edilmiştir. Kömür kullanımından kaynaklı emisyonlar; 812855 ton CO₂, doğalgaz kullanımından kaynaklı emisyonlar; 27535 ton CO₂ ve elektrik kullanımından kaynaklı emisyonlar ise; 42814 ton CO₂'dir. Şekil 3'de barınmadan kaynaklı emisyonların oranları verilmiştir.



Şekil 3. Selçuklu ilçesi barınmadan kaynaklı emisyon oranları

Figure 3. Emissions rates from Housing to Selçuklu district

Katı Atıklardan Kaynaklı Emisyonlar (Solid Waste Emissions)

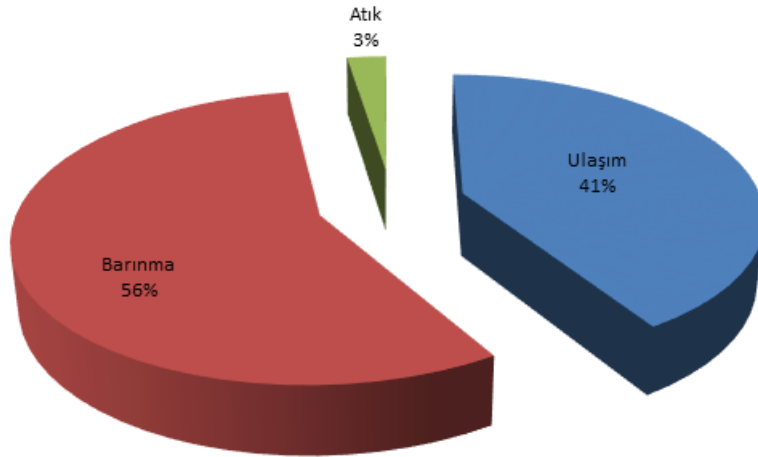
Selçuklu ilçesinin 2015 yılı katı atık miktarı 203830 ton'dur. Konya kentinde katı atıklar düzenli depolama sahasında depolanmakta ve burada organik atıklar anaerobik koşullarda karbondioksit ve metan gazına dönüşmektedir. Oluşan metan gazı yakılarak enerji elde edilmekte ve yanma sonucu yine karbondioksit gazı oluşmaktadır. Bu yüzden, depolanan katı atıklar içerisindeki organik madde içeriğinden kaynaklanacak CO₂ emisyonu literatür verileri dikkate alınarak Çizelge 4'te verilen dönüşüm faktörü ile hesaplanmıştır. (Kiriş ve Saltabaş, 2011). Buradan hareketle Selçuklu ilçesi katı atıklardan kaynaklı karbondioksit emisyonu 38789 ton olarak belirlenmiştir.

Selçuklu ilçesinin karbon ayak izini oluşturan temel faktörlerden ulaşımdan kaynaklı 638743 ton CO₂, barınmadan kaynaklı 883205 ton CO₂, ve katı atıklardan kaynaklı 38789 ton CO₂ olmak üzere toplamda 1560737 ton CO₂ emisyonu meydana geldiği hesaplanmıştır (Çizelge 5, Şekil 4).

Çizelge 5. Selçuklu ilçesi karbon ayak izi (2015)

Table 5. Carbon footprint of Selçuklu district

Kaynak	CO ₂ Emisyonları (ton CO ₂)
Ulaşım (Karayolu, Havayolu ve Hafif Raylı Sistem)	638743
Barınma (Kömür, Doğalgaz, Elektrik)	883205
Katı Atıklar	38789
TOPLAM	1560737



Şekil 4. Kaynaklara göre karbon ayak izi oranları
Figure 4. Carbon footprint ratios by sources

Ağaçlandırmanın Selçuklu Karbon Ayak İzine Etkisi (The Effect of Afforestation on the Selçuklu Carbon Footprint)

İlçedeki mevcut ağaç sayısı 2015 yılı itibariyle yaklaşık 51030000 adet olarak tespit edilmiştir. Bir ağacın fotosentez için yılda ortalama 12 kg CO₂ tutarak dönüştürdüğü kabul edilerek ilçedeki ağaçların karbon ayak izine etkisi aşağıdaki şekilde hesaplanmıştır;

$$\text{Tutulan CO}_2 \text{ Miktarı (ton CO}_2\text{)} = \text{Ağaç Sayısı} \times \text{Bir ağacın yılda tuttuğu CO}_2\text{(ton CO}_2\text{)}$$

$$\text{Tutulan CO}_2 \text{ Miktarı} = 51030000 \times 0,012 \text{ ton CO}_2$$

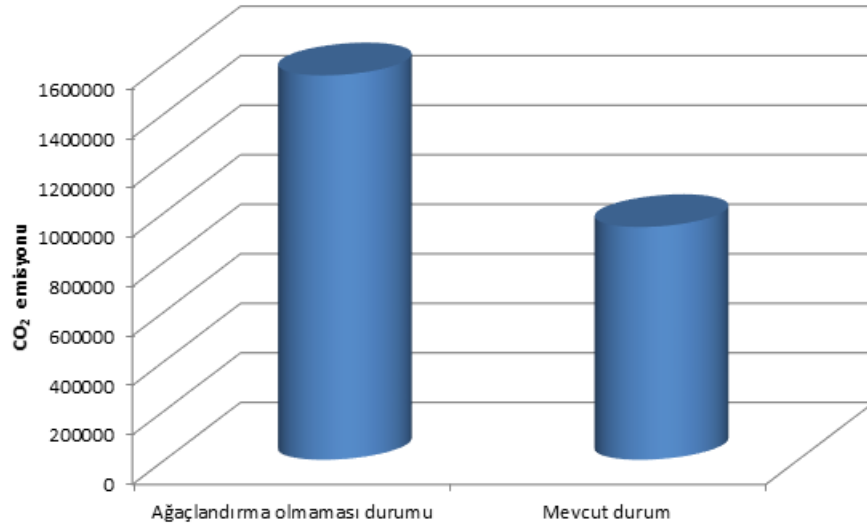
$$\text{Tutulan CO}_2 \text{ Miktarı} = 612360 \text{ ton CO}_2$$

$$\text{Düzeltilmiş Emisyon (ton CO}_2\text{)} = \text{Toplam CO}_2 \text{ emisyonu} - \text{Ağaçlar Tarafından Tutulan CO}_2$$

$$\text{Düzeltilmiş Emisyon (ton CO}_2\text{)} = 1560737 - 612360$$

$$\text{Düzeltilmiş Emisyon (ton CO}_2\text{)} = 948377 \text{ ton CO}_2$$

Selçuklu ilçesindeki ağaçlandırma uygulamaları sayesinde ilçenin karbon ayak izi %39 oranında azaltılmıştır. İlçedeki ağaçlandırma uygulamalarının yapılmaması durumu ve mevcut durum arasındaki farklar, yani ağaçlandırma uygulamalarının etkisi Şekil 5’de gösterilmiştir.



Şekil 5. Ağaçlandırmanın Selçuklu ilçesi karbon ayak izine etkisi

Figure 5. The Effect of Afforestation on the Selçuklu Carbon Footprint

Anahtar Performans Göstergesi (Key Performance Indicator, KPI)

Anahtar performans göstergesi (KPI) endüstriyel alanda, performans ölçüğü anlamında kullanılan bir terimdir. Bu terim karbon ayak izi ölçümlerinde "öznelleştirme", yani kişiyi veya bir bölgeyi baz alarak ölçüm yapmada kullanılmaktadır. Selçuklu ilçesinin KPI değerleri Tablo 6'da ve bazı ülke ve şehirler ile karşılaştırılması Tablo 7'de verilmiştir. Bahsedilen çalışmalarla kıyaslandığında Selçuklu ilçesinin karbondioksit emisyonu eşdeğerinin ortalamasının daha altında olduğu görülmektedir. Genel KPI verilerinde ağaçlandırmanın etkisi dikkate alınarak hesaplama yapılmış, ancak konut ve ulaşım için verilen değerlerde ağaçlandırmanın etkisi göz ardı edilmiştir. Selçuklu ilçesinin nüfusu ve sosyo-ekonomik durumu göz önüne alınarak Türkiye'deki birçok ilden daha büyük olduğu düşünüldüğünde, ortaya çıkan sonuç örnek teşkil etmesi bakımından önemlidir. Bununla birlikte, bu çalışmada sanayi kaynaklı emisyonlar hesaplanmadığı için Konya sanayisinin önemli bir kısmını barındıran ilçede emisyon değerlerinin daha yüksek olacağı söylenebilir.

TÜİK'in Hükümetler Arası İklim Değişikliği Paneli (IPCC) metodolojisi ile hazırladığı 2014 Ulusal Sera Gazı Emisyon Envanteri'ne göre Türkiye'nin tüm sera gazı emisyonlarının CO₂ eşdeğeri cinsinden yaklaşık olarak 468 milyon ton CO₂ olduğu bilinmektedir (TÜİK, 2017). Selçuklu ilçesinin 2015 yılına ait CO₂ emisyonu ise 0,94 milyon ton olarak hesaplanmıştır. Bu durumda ilçenin ulusal CO₂ emisyonu içerisindeki payının yaklaşık %0,2 olduğu söylenebilir.

Çizelge 6. Selçuklu ilçesi KPI verileri

Table 6. KPI data of Selçuklu district

Parametre	Veriler	Bireysel CO ₂ Miktarı (tCO ₂ /kişi)	Alansal CO ₂ Miktarı (tCO ₂ /km ²)
Toplam CO ₂ Miktarı (ton CO ₂)	948377		
Kişi Sayısı	604706	1.57	461
Yüzölçümü (km ²)	2056		

Çizelge 7. Ülkelerin ve bazı şehirlerin KPI (tCO₂/kişi) açısından karşılaştırılması
Table 7. The comparison of countries and some cities according to KPI (tCO₂/person)

Ülke	tCO ₂ /kişi	Sanayi	Konut	Ulaşım	Kaynak
Dünya ortalaması	4.29	-	-	-	Türe, 2014
OECD ortalaması	9.83	-	-	-	Türe, 2014
Türkiye ortalaması	6.08	-	-	-	TÜİK, 2017
Türkiye	4.52	3.11	1.59	2.93	Atabey, 2013
Almanya	4.80	3.28	1.79	3.01	Atabey, 2013
İspanya	4.70	3.23	1.23	3.47	Atabey, 2013
Yunanistan	5.98	4.10	1.74	4.24	Atabey, 2013
Danimarka	4.48	2.48	0.84	3.64	Atabey, 2013
İsveç	3.66	1.19	0.26	3.40	Atabey, 2013
Hollanda	8.32	2.57	1.74	6.58	Atabey, 2013
Eskişehir	6.70	-	-	-	Türe, 2014
İstanbul	3.10	-	-	-	Türe, 2014
İzmir	4.86	-	-	-	Anonim, 2016
Antalya	4.20	-	-	-	Türe, 2014
Kadıköy/İstanbul	3.06	-	-	-	Anonim, 2014a
Tepebaşı/Eskişehir	2.75	-	-	-	Anonim, 2014b
Bornova/İzmir	2.50	-	-	-	Anonim, 2013
Maltepe/İstanbul	2.94	-	-	-	Anonim, 2015
Selçuklu/Konya	1.57	-	1.46	1.06	Bu çalışma

SONUÇLAR (DISCUSSIONS)

Selçuklu ilçesi için karbondioksit emisyonu açısından öne çıkan hususlar aşağıda özetlenmiştir;

- Ulaştırma kaynaklı emisyonlar içerisinde en yüksek emisyon kaynağı karayolu ulaşımıdır. Bunun başlıca sebebi ilçedeki araç sayısının fazlalığı ve bireylerin toplu taşıma yerine kişisel araçları tercih etmeleridir. Ulaşımdan kaynaklı emisyonu düşürmek için hafif raylı sistemin yaygınlaştırılması önemli bir etki sağlayacaktır.

- Selçuklu ilçesinin barınmadan kaynaklı emisyonları içerisinde %54 oranıyla en büyük pay kömür kullanımına aittir. Çalışmanın yapıldığı tarihte ilçede kömür kullanan hane sayısının fazla olmasının bunda etkisi büyük olmuştur. Bu sonuç, kömür kullanımının sera gazı emisyonlarını ne kadar fazla artırdığını göstermektedir. Doğalgaz kullanımı, kömür kullanımına nazaran daha düşük etkiler göstermektedir.

- Selçuklu ilçesinin 2015 yılı karbon ayak izi içerisinde en düşük paya sahip olan kaynak katı atıklardır.

Bu değerlendirmeler ışığında aşağıdaki önerilerin uygulanması ile emisyon miktarını ve karbon ayak izini daha aşağı seviyelere çekmek mümkün olabilecektir;

- Ağaçlandırmanın kent kültürü haline getirilerek yaygınlaştırılması, insanların duyarlılığının artırılması,
- Binalarda ve sanayide enerji verimliliğinin artırılması,
- Yakın mesafelere yaya ulaşımının özendirilmesi, toplu taşımanın özendirilmesi ve bisiklet kullanımının artırılması,
- Doğalgaz kullanımının ilçede daha fazla yaygınlaşması.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

Albritton, D. L., Cicerone, R. J., Barron, E. J., Dickinson, R. E., Fung, I. Y., Hansen, J. E and Karl, T. R., 2001. ClimateChangeScience: An Analysis of SomeKeyQuestions, pages: 9-14, Committee on Science of ClimateChange, National Academy Press, Washington, D.C.

- Anonim, 2016. İzmir Büyükşehir Belediyesi, Sürdürülebilir Enerji Eylem Planı, Çevre Koruma ve Kontrol Dairesi Başkanlığı Sağlıklı Kentler ve Temiz Enerji Şube Müdürlüğü.
- Anonim, 2013. Bornova Belediyesi, Sürdürülebilir Enerji Eylem Planı, Çevre Koruma ve Kontrol Müdürlüğü.
- Anonim, 2014a. Kadıköy Belediyesi, Sürdürülebilir Enerji Eylem Planı.
- Anonim, 2014b. Tepebaşı Belediyesi, Sürdürülebilir Enerji Eylem Planı.
- Anonim, 2015. Maltepe Belediyesi, Sürdürülebilir Enerji Eylem Planı.
- Atabey, T., 2013. Karbon Ayak İzinin Hesaplanması: Diyarbakır Örneği, Yüksek Lisans Tezi, Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ, Türkiye.
- Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi, Ekim 2002
- Can, A. ve Baygüven, B., 2004. Sera Gazları Emisyon Envanteri Çalışma Grubu Taslak Raporu, TÜİK, Çevre İstatistikleri Şubesi, Ankara.
- DHMİ Hava Trafik Raporları, Konya Devlet Hava Meydanları İşletmesi, 2015
- DEFRA (Department for Environment, Food & Rural Affairs), 2016, UK Government GHG Conversion Factors for Company Reporting, UK.
- Gillenwater, M., Van Pelt, M. M. ve Peterson, K., 2002. Greenhouse Gases and Global Warming Potential Values, Excerpt From The Inventory of US Greenhouse Emissions and Sinks: 1990-2000, pages: 4-9, US Environmental Protection Agency, USA.
- Houghton, J.T., Ding, Y., Griggs, D.J., Noguer, M., van der Linden, P.J., Dai, X., Maskell, K., Johnson, C.A., 2001, Climate Change 2001: The Scientific Basis, Cambridge University Press, 40 West 20th Street, New York, NY 10011-4211, USA.
- IPCC/UNEP/OECD/IEA, 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories Volume II, Energy, Mobile Combustion; pages: 8-73
- Kiriş, A., Saltabaş, F., 2011. The Landfill Gas Management at Sanitary Landfill Site and Istanbul Case Study, *Journal of Engineering and Natural Sciences*, Sigma 3, 209-218.
- TÜİK, Seragazi Emisyon Envanteri Raporu, Sayı: 21582, 18 Nisan 2016, <http://www.tuik.gov.tr/PreHaberBultenleri.do?id=21582>, Erişim Tarihi: 31.01.2017
- Türe, C., Şehirlerin İtibarı İçin Küçük Karbon Ayak İzi, 2014
- URL-1: <https://www.climate.gov/news-features/climate-qa/how-much-will-earth-warm-if-carbon-dioxide-doubles-pre-industrial-levels>