İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ ENERJİ ENSTİTÜSÜ

SERA GAZI SALIM POTANSİYELİNİN BİR PROJE ÜZERİNDE BELİRLENMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Kaan EMİR

Enerji Bilim ve Teknoloji Anabilim Dalı

Enerji Bilim ve Teknoloji Programı

Eylül 2019

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ ENERJİ ENSTİTÜSÜ

SERA GAZI SALIM POTANSİYELİNİN BİR PROJE ÜZERİNDE BELİRLENMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Kaan EMİR
(301151015)

Enerji Bilim ve Teknoloji Anabilim Dalı

Enerji Bilim ve Teknoloji Programı

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Hatice SÖZER

Eylül 2019

İTÜ, Enerji Enstitüsü'nün 301151015 numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi Kaan EMİR, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı "SERA GAZI SALIM POTANSİYELİNİN BİR PROJE ÜZERİNDE BELİRLENMESİ" başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı :	**Doç. Dr. Hatice Sözer** İstanbul Teknik Üniversitesi	**.....**
Jüri Üyeleri:	**Prof. Dr. Ayşegül Ersoy Meriçboyu** İstanbul Teknik Üniversitesi	**.....**
	Prof. Dr. Bestami ÖZKAYA Yıldız Teknik Üniversitesi	**.....**

Teslim Tarihi : 09 Eylül 2019
Savunma Tarihi : 10 Eylül 2019

Canım Aileme,

ÖNSÖZ

Başta tez danışmanım ve benim için değerli bir yol gösterici olan sayın Doç.Dr. Hatice Sözer'e, son 3 yıldır birlikte çalışma fırsatı bulduğum, hem kişisel gelişimimde hem de bu çalışmanın temelinin oluşmasında büyük emeği olan sevgili Demir Enerji ailesine, REMOURBAN proje ekibi ve Eskişehir'deki çeşitli kamu kurumlarından bu çalışmaya destek olan kişilere, hayatta gözü kapalı güvenebileceğim, her ihtiyaç duyduğumda desteklerini hissettiğim "Manyeto" ailesi, İsmail Çelik ve Umut Şenliol kardeşlerime ve diğer arkadaşlarıma, varlıklarıyla bana güç veren, diğer her destekleri bir yana, eğitim hayatımın ilk gününden itibaren benimle birlikte her zorluğu yaşayıp bunları aşmamı sağlayan kıymetli annem, babam, kardeşim ve diğer aile üyelerime, ve tabii ki bu satırları yazma fırsatını bulmam da dahil hayatımın her dönüm noktasında, beni bugünkü ben yapan her güzel şeyde dokunuşu olan, benim için anlamını burada satırlara dökerek bitiremeyeceğim, en yakın arkadaşım, sevgilim, daha iyiye giden yolda yol arkadaşım ve geleceğim olan Ecem Öner'e sonsuz teşekkür ederim.

Eylül 2019

Kaan Emir
Çevre Mühendisi

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ ..... **vii**
İÇİNDEKİLER ..... **ix**
ÇİZELGE LİSTESİ ..... **xi**
ŞEKİL LİSTESİ ..... **xiii**
ÖZET ..... **xv**
SUMMARY ..... **xix**
1. GİRİŞ **1**
1.1. Tezin Amacı ve Kapsamı 2
1.1.1. Amaç 2
1.1.2. Kapsam 2
1.2. Literatür Araştırması 3
1.2.1. Benzer/Örnek Akademik Çalışmalar 3
1.2.2. Standartlar ve Yönetmelikler 12
2. YÖNTEM **25**
2.1. Envanter oluşturma metodunun seçimi ve kaynakların belirlenmesi 25
2.2. İndikatörlerin Belirlenmesi ve Veri Toplama 28
2.3. Hesaplama Yöntemlerinin Belirlenmesi 30
2.3.1. Binalarda Yakıt Ve Elektrik Tüketiminden Kaynaklı Sera Gazı Salımları 30
2.3.2. Ulaşım 31
2.3.3. Endüstriyel Süreçler 32
2.3.4. Tarım ve Hayvancılık 32
2.3.5. Atık ve Atıksu 33
2.4. Envanter Oluşturulması 37
2.5. Envanter Sonuçlarının ve Azaltım Önlemlerinin Değerlendirilmesi 37
3. MEVCUT DURUM ANALİZİ **39**
3.1. Türkiye'de Durum 39
3.2. Eskişehir Salım Kaynaklarını Etkileyen Sektörlerde Mevcut Durum Analizi 46
3.2.1. Eskişehir ili coğrafi durumu 46
3.2.2. Eskişehir ili iklim koşulları 47
3.2.3. Eskişehir ili sosyo-ekonomik yapısı 48
3.2.4. Nüfus ve istihdam 49
3.2.5. Tarım ve hayvancılık 51
3.2.6. Ormancılık 51
3.2.7. Sanayi 52
3.2.8. Enerji sektörü 52
3.2.9. Ulaşım 53
3.3. Uygulama Sahası Mevcut Durum Veri Analizi 54
4. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME **59**

4.1. Eskişehir için Kent Ölçeğinde Sera Gazı Salım Envanteri 59
4.1.1. Yakıt tüketimlerinden kaynaklı (durağan enerji) sera gazı salımları 64
4.1.2. Elektrik tüketimi ve ısı üretimi kaynaklı salımlar 66
4.1.3. Ulaşım'da yakıt tüketimi kaynaklı salımlar 67
4.1.4. Katı atık 67
4.1.5. Atıksu yönetimi 69
4.1.6. Tarım 70
4.1.7. Hayvancılık 70
4.1.8. Arazi kullanım değişikliği ve ormancılık 71
4.2. Sahada Uygulanan Azaltım Yöntemleri ve Modelleme Çıktıları 71
4.2.1. Bina kabuğu çözümleri 74
4.2.2. LED aydınlatma 77
4.2.3. Mekanik havalandırma, ısı geri kazanım ve ısıtma, havalandırma, ve iklimlendirme (hvac) sistemi 77
4.2.4. Binaya entegre ve park fotovoltaik sistemleri 80
4.2.5. Bölgesel ısıtma ve evsel sıcak su çözümleri 81
4.3. Kişi başına sera gazı salımları ve sektörler bazında kıyaslama 84
4.4. Binalarda uygulama senaryosu ve muhtemel azaltım sonuçları 86
5. ÖNERİLER 91
KAYNAKLAR 93
ÖZGEÇMİŞ 97

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 2.1: Kent salım envanteri veri kaynakları 26
Çizelge 2.2: Kapsamlara göre kaynaklar 27
Çizelge 2.3: Sera gazları ve küresel ısınma potansiyelleri 28
Çizelge 2.4: Kent sera gazı salım envanteri için kapsamlara göre sektörler 29
Çizelge 2.5: Atık alanlarının envanterdeki payının belirlenmesinde kullanılan değişkenler 34
Çizelge 2.6: Atıksudan kaynaklı salımların hesaplanmasında kullanılan denklemler 35
Çizelge 3.1: Eskişehir ortalama sıcaklık ve yağış, (mgm.gov.tr, 2019) 48
Çizelge 3.2: Eskişehir ili ilçelere göre nüfus dağılımı, 2018, TÜİK 49
Çizelge 3.3: Eskişehir nüfusunun yaş grupları ve cinsiyet dağılımı 50
Çizelge 3.4: Eskişehir hayvan varlığı, 2018 (TÜİK, 2018) 51
Çizelge 3.5: Eskişehir sanayi türüne göre kıyaslama, % (investineskisehir.gov.tr, 2018) 52
Çizelge 3.6: Eskişehir ili elektrik santrali tipleri 53
Çizelge 3.7: Eskişehir ili motorlu kara taşıt sayıları, 2018, TÜİK 54
Çizelge 3.8: Yaşamköyü binalarının özellikleri 56
Çizelge 3.9: Yaşamköyü binaları U-değerleri 56
Çizelge 3.10: Yaşamköyü binaları enerji ihtiyacı ve CO_2 salımları 57
Çizelge 3.11: Yaşamköyü binaları farklı amaçlara ve aylara göre elektrik tüketimleri (KWh) 57
Çizelge 3.12: Yaşamköyü binaları farklı amaçlar ve aylara göre doğalgaz tüketimi (KWh) 57
Çizelge 4.1: Kapsamlara göre kent sera gazı salımlarının dağılımı, tCO_2e, 2018 59
Çizelge 4.2: Eskişehir kent ölçeğinde kapsamlara göre sera gazı envanteri 60
Çizelge 4.3: Eskişehir kaynaklara göre enerji tüketimi ve sera gazı salımlarının dağılımı 61
Çizelge 4.4: Eskişehir ili sınırları içindeki doğalgaz tüketimi, EPDK, 2018 64
Çizelge 4.5: Eskişehir LPG tüketimi, Sıvılaştırılmış Petrol Gazları Piyasası 2018 Yılı Sektör Raporu, EPDK 65
Çizelge 4.6: Eskişehir ili fuel-oil tüketimi, Petrol Piyasası Sektör Raporu, 2018, EPDK 65
Çizelge 4.7: Eskişehir ili kömür tüketimi, (ÇŞB, 2018) 65
Çizelge 4.8: Eskişehir ili lng/cng tüketimi, Sıvılaştırılmış Petrol Gazları Piyasası 2018 Yılı Sektör Raporu, EPDK 66

Çizelge 4.9: Eskişehir il sınırları içinde elektrik tüketimi, (EPDK, 2018)..... 66
Çizelge 4.10: Eskişehir ili içinde akaryakıt tüketimleri ve salım değerleri 67
Çizelge 4.11: Eskişehir ili atık kompozisyonu, 2017, il çevre durum raporu..... 68
Çizelge 4.12: Atıksu arıtma tesisleri (AAT) ve özellikleri (ESKİ, 2018)..... 69
Çizelge 4.13: Atıksu kaynaklı salımlar 69
Çizelge 4.14: Hayvancılık kaynaklı salımlar 70
Çizelge 4.15: Orman alanları, serveti ve yıllık artış, 2017-2018 71
Çizelge 4.16: Bina bileşenlerinin U-değeri özeti 72
Çizelge 4.17: Yaşamköyü binalarında enerji ihtiyacı ve sera gazı salımları değişimi 74
Çizelge 4.18: Yalıtımlı duvarın katmanları..... 75
Çizelge 4.19: Çatının katmanları..... 76
Çizelge 4.20: Pencere parametreleri..... 76
Çizelge 4.21: LED'le değiştirilecek aydınlatma ünitesi sayıları..... 77
Çizelge 4.22: Bina kabuğu ve aydınlatma çözümleri sonrasında enerji tüketimleri.. 77
Çizelge 4.23: Isıtma ve soğutmadan kaynaklı enerji tüketimi değişimi 80
Çizelge 4.24: Enerji ihtiyacı ve sera gazı salımlarındaki azaltım 83
Çizelge 4.25: 2002-2010 yılları arasında inşa edilen kömür tüketen binaların sayısı ve alanı (TÜİK, Yapı izin istatistikleri, 2019)..... 87
Çizelge 4.27: 2002-2010 yılları arasında inşa edilen kömür tüketen binaların m^2 başına enerji ihtiyacı ve sera gazı salımları 88
Çizelge 4.28: 2002-2010 yılları arasında inşa edilen kömür tüketen binaların yıllık enerji ihtiyacı ve sera gazı salımları 88
Çizelge 4.29: 2002-2010 yılları arasında inşa edilen kömür tüketen binaların yıllık enerji ihtiyacı ve sera gazı salımlarında elde edilebilecek tasarruf miktarı..... 89

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1: Kent sera gazı envanteri kaynakları, kaynakların kapsamları ve eşdeğer CO_2 miktarları 36
Şekil 3.1: Türkiye'nin milyon ton CO_2e cinsinden sera gazı salımları azaltım beyanı 43
Şekil 3.2: Türkiye Elektrik Enerjisi Üretiminin Kaynaklara Göre Dağılımı (EPDK, 2017) 43
Şekil 3.3: Türkiye'de sektörlere göre sera gazı salımlarının değişimi (milyon ton CO_2e), (TÜİK, 2017) 44
Şekil 3.4: Eskişehir ili toplam yağış (mm), (climate-data.org, 2019) 47
Şekil 3.5: Eskişehir ili sıcaklık grafiği, (climate-data.org, 2019) 48
Şekil 3.6: Eskişehir ili istihdamın sektörlere göre dağılımı, ... 50
Şekil 3.7: Uygulama sahası görüntüsü 54
Şekil 3.8: Uygulama sahası yerleşim planı 55
Şekil 3.9: Enerji tüketiminin farklı amaçlara göre aylık dağılımları (KWh) 58
Şekil 4.1: Kapsamlara göre kent sera gazı salımları yüzdelikleri, 2018 59
Şekil 4.2: Temel kaynaklara göre sera gazının dağılımı 61
Şekil 4.3: İndikatörler ile birim tüketim $kgCO_2e$ üzerinden yapılan hesaplama sonuçları 62
Şekil 4.4: Eskişehir kent ölçeğinde sera gazı envanterinin kaynak ve indikatörlere göre dağılımı %, 2018 63
Şekil 4.5: Elektrik enerjisi tüketimi kaynaklı salımın sektörel dağılımı, 2018 66
Şekil 4.6: Binaların "Design Builder" çizimleri 75
Şekil 4.7: Fan-coil örneği 80
Şekil 4.8: Fotovoltaik sistemlerin Yaşamköyü'nde görünümü (REMOURBAN, 2016) 81
Şekil 4.9: Yaşamköyü'nün fotovoltaik sistemler ile görünüşü (REMOURBAN, 2016) 81
Şekil 4.10: Türkiye kişi başına sera gazı salımları değişimi, 1990-2017 (TÜİK, 2019) 84
Şekil 4.11: Bazı il ve ilçelerde kaynaklara göre sera gazı salımları dağılımı 85
Şekil 4.12: Bazı il ve ilçelerde kişi başına sera gazı emisyonları 85
Şekil 4.13: Bazı il ve ilçelerde binalardan kaynaklı kişi başına sera gazı emisyonları 86

SERA GAZI SALIM POTANSİYELİNİN BİR PROJE ÜZERİNDE BELİRLENMESİ

ÖZET

İklim değişikliğinin günden güne artan, bilimsel ve akademik çalışmalarla ortaya koyulan olumsuz etkilerinin temel sebebi, sera etkisine neden olan atmosfere salınan sera gazlarıdır. Bu çalışmada, dünyadaki tüm yaşamı etkileyen bu soruna azaltım için çözümler aranmaktadır. Çalışmaya sera gazı salımlarının yerel yönetimler ölçeğinde kaynakları ortaya konularak başlanılmıştır. Yerel yönetimlerin azaltım mücadelesindeki sürecini hızlandıran ve mücadelenin verimini artıran aksiyonları ön plana alınarak "ölçemediğini azaltamazsın" felsefesiyle kent ölçeğinde sera gazı envanteri hazırlanması bu çalışmanın temel çıktılarından biridir. Bu çalışma kapsamında Eskişehir İli envanteri hazırlanan bölge olarak seçilmiştir. Bölgenin seçiminde, Tepebaşı ilçesi Yaşamköyü bölgesinde yürütülen AB destekli REMOURBAN projesinin bölge sınırları içerisinde yer alarak kentin geri kalanında azaltım ile ilgili aksiyonlara özellikle binalarda enerji verimliliği çalışmalarıyla uygun bir örnek oluşturması önemli bir faktör olmuştur.

Bu tezin amacı Eskişehir ilinin binalar, ulaşım, sanayi, atık ve atıksu, tarım ve hayvancılık faaliyetleri kaynaklı olarak açığa çıkan sera gazı salımlarını ortaya koyarak, mevcut bina stoğundan seçilen belirli bir grup bina için uygulanması muhtemel enerji verimliliği çalışmalarının enerji tüketimi ve salım azaltımına etkisini Yaşamköyü bölgesinde yürütülen projenin çıktılarından faydalanarak öngörmektir.

Çalışma kapsamında tüm Eskişehir'in bina, ulaşım, atık ve atıksu, tarım ve hayvancılık ve sanayi sektörlerinden kaynaklanan sera gazı salımları hesaplanacaktır.

Bu çalışma aşağıdaki adımlar doğrultusunda hazırlanmıştır:

1. Envanter oluşturma metodunun seçimi ve kaynakların belirlenmesi
2. İndikatörlerin seçimi ve veri toplama
3. Hesaplama yöntemlerinin belirlenmesi
4. Envanterin oluşturulması
5. Envanter sonuçlarının ve azaltım önlemlerinin değerlendirilmesi

Çalışmanın başlangıcında sera gazı hesaplama ve kent ölçeğinde azaltım ile ilgili yürütülmüş projelerin akademik çalışmalarla gösterilen sonuçları anlatılmıştır. Kent envanteri oluşturma, binaların kent sera gazı salımlarına etkisi ve binalarda uygulanacak enerji verimliliği çalışmalarının enerji tüketimi ve sera gazı salım azaltımına etkisini inceleyen, Başkanlar Sözleşmesi (Covenant of Mayors) gereksinimlerini yerine getirme amacıyla özellikle Avrupa'da yoğunlaşan çok fazla örnek çalışma bulunmaktadır.

Çalışmanın başlangıcında sera gazı hesaplama ve kent ölçeğinde azaltım ile ilgili yürütülmüş projelerin akademik çalışmalarla gösterilen sonuçları anlatılmıştır. Kent envanteri oluşturma, binaların kent sera gazı salımlarına etkisi ve binalarda uygulanacak enerji verimliliği çalışmalarının enerji tüketimi ve sera gazı salım azaltımına etkisini inceleyen, Başkanlar Sözleşmesi (Covenant of Mayors) gereksinimlerini yerine getirme amacıyla özellikle Avrupa'da yoğunlaşan çok fazla örnek çalışma bulunmaktadır. Ancak bunlarla kıyaslandığında bu çalışma örnek bir uygulama sahasındaki enerji verimliliği yatırımlarını kent ölçeğine taşımasıyla diğerlerinden farklı bir boyuttadır. Akademik çalışmaların yanı sıra aynı şekilde sera gazı envanteri hesaplama ve raporlama ve sera gazı salımlarının kontrolü ve azaltımı ile ilgili mevcut, dünya genelinde, AB'de, Amerika'da ve ülkemizde yürürlükte olan standartlar, yönetmelikler ve envanter oluşturma prosedürlerine literatür özeti başlığında yer verilmiştir. Avrupa genelinde 7.755 şehir Dünya genelinde ise 9.322 şehir tarafından kullanılmakta olan World Resource Institute (WRI) tarafından birçok farklı standart derlenerek hazırlanmış olan Sera Gazı Protokolü (GPC) ön plana çıkmıştır. Ülkemizde kent sera gazı salımları ile ilgili yönetmelik yönünden eksiklik olduğu kanısına varılmış ve ülkemizdeki 17 il ve ilçe belediyesinin de kabul ederek kullanmakta olduğu GPC üzerinden bu çalışmanın ilerletilmesi uygun görülmüştür. Çalışmanın devamında izlenecek envanter hesaplama yöntemi ve Yaşamköyü binalarında uygulanacak önlemlerle azaltım sonuçlarının nasıl ortaya koyulduğu anlatılmıştır. Buna göre öncelikle kent emisyon kaynakları belirlenmiştir. Bunlar, binalar, ulaşım, sanayi, atık ve atıksu ve tarım ve hayvancılık olarak ana başlıklara ayrılmıştır.

Daha sonra her bir başlık altındaki sera gazı salım kaynağı olan indikatörler belirlenmiş ve sera gazı protokolüne uygun olarak bu indikatörler kapsamlara göre sınıflandırılmıştır. Her bir indikatörün birim tüketimi ve/veya uygulaması sonucunda salımı gerçekleşen eşdedğer kg CO_2 miktarı literatürdeki halleriyle belirtilmiştir. Tüm bu detaylar tek bir şema üzerinde gösterilerek yöntem başlığının girişinde görsel bir anlatım hedeflenmiştir. İndikatörlerin mevcut durum değerleri üzerinden teker teker ilgili formüller uygulanarak kentin sera gazı envanteri hesaplamalarına geçilmiştir. Kent envanteri yanı sıra tüm bu hesaplamalardan ilgili olanlar Yaşamköyü için örneklenmiştir. Bu örnek hesaplamalar çalışmanın sonucu olarak bölgedeki benzer tipoloji, yaş ve kullanım amacına sahip belirli binaların seçilerek bu binalar için azaltım seçenekleri ve sonuçlarının ortaya koyulmasına olanak sağlamıştır. Bu aşamaya geçilmeden önce, tüm bu hesaplama ve raporlama kısmının anlaşılabilirliği için, ülkemizde sera gazı salımları alanında hesaplama ve azaltım yönünden mevcut durum, salım envanterini etkileyecek başlıklar altında kentin mevcut durumu ve azaltım seçeneklerini belirlemede göz önünde bulundurulmuş olan Yaşamköyü uygulama sahasının mevcut durumu ortaya koyulmuştur.

Sonuç aşamasına geçildiğinde kent sera gazı salım envanteri kaynaklara göre detaylı şekilde ortaya koyulmuş, çalışmanın temelinde yer alan binalar ve diğer sektörlerin bu envanterdeki payları yüzdesel olarak belirtilmiş ve açıklanmıştır. Buna göre kentin toplam eşdeğer CO_2 salımları 5.713.936 ton olarak bulunmuştur. Binaların tüm envanterdeki payı toplam %26,45 olarak belirlenmiştir.

Envanter detaylı olarak incelendiği takdirde toplamda %33,59 ile en büyük payın sanayi sektörünün proses, elektrik ve yakıt tüketiminden kaynaklandığı gözlemlenebilmektedir. Onu sırasıyla yukarıda da belirtilen binalarda yakıt ve elektrik tüketimi (%26,45) ve ulaşımda yakıt tüketimi (%24,54) takip etmektedir. Tarım hayvancılık faaliyetlerinden kaynaklanan salımlar %10,67, katı atık ve atıksudan kaynaklanan toplam salım ise %3,34 oranındadır. Elektrik üretimi için tüketilen yakıttan kaynaklı emisyon ise envanterin %1,4'üne karşılık gelmektedir.

Tüm sektörler için sonuçlar detaylarıyla paylaşıldıktan sonra Yaşamköyü uygulama sahasında yürütülen proje kapsamında binalarda uygulanan enerji verimliliği önlemlerinin azaltıma etkisi enerji ve sera gazı cinsinden ortaya koyulmuştur. Buna göre, Yaşamköyü'nde AB projesi kapsamında yürütülen yalıtım, bölgesel ısıtmaya geçiş, aydınlatma değişikliği gibi renovasyon çalışmaları sonucunda kentin yapı stoğunun %0,92'sini oluşturan bu seçilmiş binalarda %57,8 enerji tasarrufu ve %67,6 sera gazı salım azaltımı mümkün olduğu gözlemlenmiştir.

Tüm bu sonuçlardan hareketle tüketilen yakıt türü, alan büyüklüğü gibi konularda sağlıklı veri sağlanabilmesi nedeniyle 2002 yılından başlayıp, enerji verimliliği önlemlerinin pozitif etkisinin net şekilde gözlemlenebilmesi amacıyla 2010 yılına kadar olan kısım dahil edilerek bu yıllar arasında Eskişehir'de inşa edilmiş kömür ile ısınan bina grubunda, Yaşamköyü'ndeki projenin çıktılarından faydalanılarak azaltım senaryosu üzerinde durulmuş ve muhtemel sonuçlar açıklanmıştır. Toplamda elde edilecek 143.155,3 ton CO_2e salım azaltımı ile kent yapı stoğunun bu %0,92'lik kesimine uygulanacak enerji verimliliği yatırımlarıyla kent envanterinde %2,47 oranında azaltım mümkün olacağı sonucuna ulaşılmıştır.

Çalışmanın son kısmında ise salım azaltım çalışmalarının geleceği açısından envanter oluşturma, binalarda ve bölgesel enerji verimliliği çalışmaları, farklı sektörlerde uygulanabilecek azaltım önlemleri ve tüm bu çalışmaları teşvik edebilecek karbon piyasaları hakkında özet açıklamalarla öneriler yer almaktadır.

Çalışmanın daha önceki çalışmalardan en önemli farkını oluşturan kısmı azaltım önlemlerini aynı coğrafyada uygulanmakta olan bir projenin çıktılarından yararlanarak binalarda azaltım değerlerini gerçekçi olarak belirleyebilmesi ve bu azaltımın kentin toplam salım envanteri üzerinde etkisini ortaya koyabilmesidir.

DETERMINATION OF GREENHOUSE GAS EMISSION REDUCTION POTENTIAL ON A PROJECT

SUMMARY

The main reason for the negative effects of climate change, which are seen more frequently in daily life by increasing day by day, and explained with scientific and academic studies, is the greenhouse effect and the greenhouse gases released to the atmosphere which cause this effect. In this study, while searching for solutions to this problem affecting all life in the world, the study was started by revealing the sources of greenhouse gas emissions on the scale of local governments.

The study of the preparation of urban scale greenhouse gas inventory was carried out by taking into consideration the functions of the local governments that accelerated the process of mitigation and increased the efficiency of the struggle with the philosophy of "you can not decrease if you can not measure". Within the scope of this study, the selected region is Eskişehir and it is considered that the EU-funded REMOURBAN project carried out in Yaşamköy - Tepebaşı district, which is a sample with energy efficiency studies, is a suitable example for the rest of the city.

In the beginning of the study, the results of the projects conducted related to greenhouse gas calculation and urban scale reduction are presented with the results of academic studies. There are many case studies focusing mainly on Europe in order to meet the requirements of the Covenant of Mayors, which examine urban greenhouse gas inventories, the impact of buildings on urban greenhouse gas emissions and the impact of energy efficiency studies on buildings on energy consumption and reduction of greenhouse gas emissions caused by buildings. However, when compared to these, this study has a difference in terms of scale by investigating energy efficiency investments from the results of a demo-site to urban scale.

Also, the current standards, regulations and inventory building procedures in the present, around the world, in the EU, in the US and in our country, on the calculation and reporting of greenhouse gas inventory and on the control and reduction of greenhouse gas emissions are given in the literature summary.

The Greenhouse Gas Protocol (GPC) published by the World Resource Institute (WRI) and gathered from different standards and regulations on greenhouse gas inventories is being used by 9.322 cities across the globe and 7.755 cities across Europe. In our country, it is considered that there is a deficiency in terms of regulation on urban greenhouse gas emissions and it has been deemed appropriate to advance this study via GPC which is used by 17 provinces and district municipalities in our country.

This study was prepared according to the following steps:

1. Selection of inventory analysis method and determination of greenhouse gas sources
2. Selection of indicators and data collection
4. Determination of calculation methods
5. Establishment of inventory
5. Evaluation inventory results and mitigation measures

Following in the study, the inventory calculation method to be followed and the measures to be implemented in the buildings of Yaşamköyü are explained. According to this, urban emission sources have been determined. They are divided into main headings as buildings, transportation, industry, waste and wastewater and agriculture and livestock. Then, the indicators which are the greenhouse gas emission sources under each heading were determined and these indicators were classified according to the scopes which defined in greenhouse gas protocol. The amount of the equivalent kg of CO_2 that is released as a result of unit consumption and / or application of each indicator is indicated in the literature.

All these details are shown on a single diagram and a visual narration is aimed at the introduction of the method title. By calculating the current state values of the indicators, the relevant formulas were applied and the greenhouse gas inventory of the city was started. The urban inventory as well as the ones related to all these calculations were sampled for Yaşamköyü.

These sample calculations created the opportunity of the selection of buildings with the same typology, age and purpose and reveal the reduction options and results for these buildings from the same region with Yaşamköyü buildings.

Before moving to this stage, current situation of greenhouse gas emissions and reduction options in our country, current situation of the city under the headings affecting the emission inventory, and the current situation of the application area of Yaşamköyü which considered in determining the other buildings to be selected for reduction calculations have been explained.

When the final phase was reached, the urban emission inventory was presented in detail according to the sources, and the share of buildings which are at the base of the study and other sectors in this inventory was stated and explained as percentage. Accordingly, the city's total equivalent CO2 emissions were found to be 5.713.936 tons. The share of the buildings in the entire inventory is determined as 26.45%. When the inventory is examined in detail, it is observed that the biggest share is 33.59%, resulting from industry, process, electricity and fuel consumptions. Fuel and electricity consumption in buildings (26.45%) and fuel consumption in transportation (24.54%) are following industry. The emissions from Agriculture and Livestock activities are 10.67% and the total emissions from solid waste and wastewater is 3.34%. Emissions from fuel consumed for electricity generation account for 1.4% of the inventory.

After the results are shared with the details for all sectors, the effect of the energy efficiency measures applied in the buildings within the scope of the project carried out in the application area of Yaşamköyü, are shown in terms of energy and greenhouse gas. According to this, possibility of 57.8% energy saving and 67.6% greenhouse gas emission reduction were observed in these selected buildings, which constitute 0.92% of the city's building stock, as a result of renovation works such as insulation transition to district heating and lighting change in the scope of the EU project in the Yaşamköyü.

In Yaşamköyü, first, the change in coefficient of heat transmission of building envelope elements (u-values) are determined and shown in a table with the values before the interventions and after the interventions. Changing the windows, application of rock wool on the roof and external walls cause the change in u-values as follows;

- For external walls; decreased from 0,617 W/(m^2K) to 0,204 W/(m^2K)
- For the roof; decreased from 0,356 W/(m^2K) to 0,128 W/(m^2K)
- For the windows; decreased from 3,2 W/(m^2K) to 1,2 W/(m^2K)

Then the calculations are made with the “design builder” programme in terms of energy efficiency and greenhouse gas emission reduction after the implementation of HVAC system, district heating, solar collectors, PV integration and change in lighting equipments.

With all these interventions the results in terms of energy efficiency and greenhouse gas emissions are given as follows;

- For heating the energy demand; decreased from 130,20 (kWh/m^2yr) to 38,50 (kWh/m^2yr) and for heating based CO_2e; decreased from 25,83 (kgCO_2e/m2yr) to 1,03 (kgCO_2e/m2yr).
- For cooling energy demand; decreased from 79,70 (kWh/m^2yr) to 20,10 (kWh/m^2yr) and for cooling based CO_2e; decreased from 15,72 (kgCO_2e/m2yr) to 2,44 (kgCO_2e/m2yr).
- For lighting energy demand; decreased from 35,40 (kWh/m^2yr) to 14,20 (kWh/m^2yr) and for lighting based CO_2e; decreased from 17,45 (kgCO_2e/m2yr) to 7,00 (kgCO_2e/m2yr).
- For domestic hot water energy demand; increased from 11,00 (kWh/m^2yr) to 18,00 (kWh/m^2yr) because of heat loss in the pipeline of district heating system. For domestic hot water based CO_2e; decreased from 2,18 (kgCO_2e/m2yr) to 0,36 (kgCO_2e/m2yr) because of clean energy system.
- For the other appliances; increased from 9,10 (kWh/m^2yr) to 21,10 (kWh/m^2yr) because of electricity need of new applied equipments are higher than the previous equipments. For domestic hot water based CO_2e; increased from 4,49 (kgCO_2e/m2yr) to 10,40 (kgCO_2e/m2yr) because of increase in electricity consumption.

In total, there is 153,50 (kWh/m^2yr) and 44,43 (kgCO_2e/m2yr) reduction in terms of energy demand and greenhouse gas emissions relatively.

As a result of all these examples, the buildings constructed between 2002 and 2010 and using coal as the energy source are selected to explain possible mitigation results, because 2002 was the first year with the healthy data on the type of fuel consumed and the size of the area of buildings and 2010 was the latest year that the positive effects of the energy efficiency activities can be clearly observed.

With the information gathered for the buildings and sample calculations from Yaşamköyü demo-site it is found that it is possible to decrease the energy demand and greenhouse gas emissions 293.147,5 (kWh/m^2yr) and 143.155,3 ($kgCO_2e/m2yr$) relatively in those buildings which represents 0,92% of all building stock in the city while they are causing 3,17% of greenhouse gas emissions of the whole city greenhouse gas inventory. Final result shows that it is possible to decrease greenhouse gas emissions of the city up to 2,47% with the interventions on those buildings.

In the last part of the study, for the future of emission reduction studies, recommendations on inventory creation, buildings and regional energy efficiency, mitigation measures that can be applied in different sectors and explanations about carbon markets that can encourage all these studies are included.

1. GİRİŞ

Ülkemizde ve dünyada küresel iklim değişikliğinin gözle görülür etkileri günden güne artmaktadır. Küresel iklim değişikliği ile mücadele her ülkenin başlıca gündemlerinden biri haline gelmiştir. Sera gazları olarak tanımlanan ve sera etkisine yol açarak iklim değişikliğine sebep olan başta karbondioksit olmak üzere 6 temel gaz çeşidi vardır. Bu gazların salım kaynakları incelendiğinde binalardan kaynaklanan salım oranının ülkemizde %36 ve dünyada %40 olarak ciddi bir orana sahip olduğu görülmektedir (WGBC, 2018). Yukarıda bahsedilen küresel iklim değişikliği ile mücadele kapsamında binalarda enerji verimliliği yatırımlarıyla sera gazı salımlarının azaltımı arasında doğru orantılı bir ilişki vardır.

Fosil yakıtların yanmasından kaynaklanan karbondioksit ve diğer sera gazları sebebiyle küresel ısınmanın gerçekleştiği iklim biliminin yeni yüzyıl itibariyle kesin olarak söyleyebildiği bir gerçektir. İnsanoğlunun tüketim alışkanlıklarını değiştrimemesi sonucu iklim değişikliğiyle birlikte gelen aşırı hava olaylarının, büyük çevresel yıkımlara ve toplumsal sağlık sorunları ve kitlesel ölümler gibi felaketlerle sonuçlanadığı görülmekte ve bu felaketlerin sayı ve şiddet olarak artış göstereceği öngörülmektedir.

Sanayi devrimiyle birlikte ivme kazanan karbondioksit salımlarının, azaltımı mümkün kılan ve atmosferdeki sera gazı seviyesini azaltarak dengeleyebilen orman ve okyanus alanlarının soğurması mümkün olan seviyeden fazlasıyla süratli şekilde artış gösterdiği ispatlanmıştır.

Hükümetlerarası iklim değişikliği görüşmeleri iklim değişikliğinin olumsuz etkilerinin hızına kıyasla oldukça yavaş ilerlemektedir. İnsanların sağlık ve yaşam kalitesini yakinen ilgilendiren iklim değişikliği sorununa yerel yönetimler, toplumla ve yerel sorunlar ile daha yakın temasta olma avantajını da kullanarak, gün geçtikçe daha fazla müdahale etmektedirler.

Yerel yönetimlerin bu sorun başlığında bir araya geldikleri koalisyonlar özellikle 21. Yüzyıl itibariyle iklim değişikliği ile mücadelede önemli roller almaktadırlar. Kendi hükümetlerinden daha ileri iklim hedefleri koyarak, iklim müzakerelerinde önemi ve ağırlığı artan bir yapı haline gelmiştirler (CoM, 2017).

Dünyada enerji üretim ve tüketiminden kaynaklı karbondioksit salımlarının yüzde 70'inden fazlasından sorumlu kentler, iklim değişikliği ile mücadele etmek için de en büyük fırsattır. Kentlerin potansiyellerini gerçekleştirmenin ilk adımı, salım kaynağını tespit etmek ve ölçmektir. Çünkü saymadığınız şeyleri azaltamazsınız felsefesi bu alanda en canlı örneği oluşturmaktadır.

Bu çalışmada Eskişehir Tepebaşı'nda Avrupa Birliği Ufuk 2020 programı kapsamında devam etmekte olan REMOURBAN projesi kapsamında ulaşım, bilişim ve Yaşamköyü bölgesinde binalarda enerji verimliliği yatırımları ile kentte sağlanması hedeflenen, bu hedef kapsamında modellenen enerji verimliliği çalışmaları salım azaltım miktarlarının, Eskişehir'de katı yakıt tüketen benzer bina tiplerinde uygulandığı taktirde sonuçlarının etkisi incelenecektir. Çalışmada Eskişehir ili 2018 yılı sera gazı salım verileri World Resource Institute (WRI) tarafından yayımlanan ve Avrupa genelinde ve dünyada birçok kentte kabul görerek uygulanan kent sera gazı salım kılavuzunda yer alan alanlarda incelenerek temel olarak kullanılacak ve REMOURBAN projesi kapsamında hazırlanan modelleme çalışmaları ile desteklenerek kent ölçeğinde mümkün olabilecek salım azaltım oranı ortaya koyulacaktır.

1.1. Tezin Amacı ve Kapsamı

1.1.1. Amaç

Bu tezin amacı Eskişehir ilinin binalar, ulaşım, sanayi, atık ve atıksu, tarım ve hayvancılık faaliyetleri kaynaklı olarak açığa çıkan sera gazı salımlarını ortaya koyarak, mevcut bina stoğundan seçilen belirli bir grup bina için uygulanması muhtemel enerji verimliliği çalışmalarının enerji tüketimi ve salım azaltımına etkisini Yaşamköyü bölgesinde yürütülen projenin çıktılarından faydalanarak öngörmektir.

1.1.2. Kapsam

Çalışma kapsamında tüm Eskişehir'in bina, ulaşım, atık ve atıksu, tarım ve hayvancılık ve sanayi sektörlerinden kaynaklanan sera gazı salımları hesaplanacaktır. Mevcut yapı

stoğu içerisinden örnek bir grup seçilerek Yaşam Köyü için uygulanan enerji verimliliği ve sera gazı azaltım yatırımlarının etkisi bu bina grubu özelinde incelenmiştir. Tüketilen yakıt türü, alan büyüklüğü gibi konularda sağlıklı veri sağlanabilmesi nedeniyle 2002 yılından başlayıp, enerji verimliliği önlemlerinin pozitif etkisinin net şekilde gözlemlenebilmesi amacıyla 2010 yılına kadar olan kısım dahil edilerek bu yıllar arasında Eskişehir'de inşa edilmiş kömür ile ısınan bina grubunda azaltım önlemlerinin etkisi araştırılmıştır.

1.2. Literatür Araştırması

1.2.1. Benzer/Örnek Akademik Çalışmalar

Aşağıda bu çalışmaya benzer örnek çalışmalar literatür taraması sonucunda ortaya koyulmuştur. Bu çalışmanın diğer örneklerden temel farkı bir uygulama projesi baz alınarak gerçek mevcut veriler üzerinden değerlendirme sonucunda kent ölçeğinde bir azaltım planı ortaya koymasıdır. Benzer konularda yapılan bazı araştırma ve modellemeler sonucunda yazılan akademik çalışmalar aşağıda detaylı şekilde açıklanmış ve bu çalışmayla benzerlikleri ve farklılıkları ortaya koyulmuştur.

Dünya genelinden örnek çalışmalar

Automatic generation and simulation of urban building energy models based on city datasets for city-scale building retrofit analysis

Şehir ölçeğinde bina güçlendirme analizi için şehir enerji tüketim verilerine dayalı kentsel bina enerji modellerinin otomatik üretimi ve simülasyonu çalışmasının anlatıldığı bu çalışmada bina enerji verimliliğinin arttırılmasının sürdürülebilir kentleşmede neden kilit stratejilerden biri olduğu vurgulanmaktadır. Şehir bina verilerine ve kullanıcı tarafından seçilen enerji koruma önlemlerine (ECM) dayalı olarak EnergyPlus uygulaması kullanılarak kentsel bina enerji modellerini (UBEM) otomatik olarak üretmek ve simüle etmek için City Building Energy Saver'ın (CityBES) güçlendirme analizi özelliğinden yararlanılmıştır. CityBES, şehir ölçekli bina enerji verimliliği stratejik planlarını ve programlarını destekleyen yeni bir açık web tabanlı araçtır. İş akışı, temel varsayımlar ve büyük veritabanları dahil olmak üzere UBEM üretimi ve simülasyonu için CityBES kullanmanın teknik ayrıntıları çalışmada yer almaktadır. Ayrıca, San Francisco, Amerika Birleşik Devletleri'nin kuzeydoğusundaki altı şehir bölgesindeki 940 ofis ve perakende bina için beş ayrı

ECM'nin potansiyel güçlendirme enerji kullanımını ve enerji maliyet tasarrufunu analiz eden bir örnek çalışma sunulmuştur. Sonuçlar şunları göstermektedir: (1) enerji verimliliği için adı geçen beş önlemin tümü, bina başına enerji tüketimini % 23-38 oranları arasında azaltabilir; (2) aydınlatmayı ışık yayan diyot lambalarla(LED) değiştirmek ve mevcut ısıtma, havalandırma ve iklimlendirme (HVAC) sistemlerine hava ekonomizörlerini eklemek sırasıyla 2,0 ve 4,3 yıl ortalama geri ödeme ile en uygun maliyetli önlemlerdir; ve (3) şehrin ılıman iklimi ve minimum soğutma ve ısıtma yükleri nedeniyle HVAC sistemlerini yükseltmek veya San Francisco'daki pencereleri değiştirmek ekonomik değildir. CityBES güçlendirme analizi özelliği, kullanıcıların bina enerji modellerinin üretilmesi ve simülasyonu için bina sistemleri veya teknolojileri hakkında derinlemesine bilgi sahibi olmasını gerektirmez, bu da şehir yöneticileri ve danışmanlarının UBEM'i benimsemeleri için büyük teknik engellerin aşılmasına yardımcı olur. Bu çalışmanın tezde yer alan çalışmayla ele aldığı enerji verimliliği önlemeleri açısından benzerlik gösterdiği ancak uygulamaya geçildiği bir alan olmaması sebebiyle temel bir fark bulunduğu söylenebilir. (Chen, Hong, & Piette, 2017)

A study of city-level building energy efficiency benchmarking system for China

Bu çalışmada şehir ölçeğinde bina enerji verimliliği kıyaslamaları için Çin'den Pekin bölgesinde büyük ölçekli binaların özellikleri incelemiş ve büyük ölçekli ofis binaları için veri araştırma ve doğrulama ile kamu binaları enerji verimliliği kıyaslama sisteminin kurulması sürecinin ayrıntılı açıklamasını verilmiştir. Kullanım Yoğunluğu (EUI) hesaplaması, bağımlı ve bağımsız değişkenlerin belirlenmesi, kıyaslama modelinin geliştirilmesi ve test edilmesi ve kıyaslama değerlendirme tablosunun türetilmesi ile, Çin'deki ilk şehir düzeyinde kamu binası bina enerji verimliliği kıyaslama sistemi, Pekin'deki 88 büyük ölçekli ofis binası verilerine dayanarak ortaya koyulmuştur. Sonuçlar, modelin performans endeksi ve verim değerlerini göstermiştir. Çalışmada anlatılan süreç Çin'deki diğer şehirler için ve hatta ulusal bir enerji tüketimi değerlendirme sistemi için bile güçlü bir potansiyel oluşturmuştur. Bu çalışma örnek binaları ele almasıyla tezdeki çalışma ile benzerlik göstermekle beraber seçilen binaların ticari binalarla kısıtlı olması tezdeki kullanım amacı yönünden bina çeşitliliği ile bağdaşmamakta ve kent projeksiyonu için uygun örnek oluşturmamaktadır. (Wei, ve diğerleri, 2018)

Effects of energy conservation and emission reduction on energy efficiency retrofit for existing residence: A case from China

Bu çalışmada yaygın olan enerji verimliliğinin salım azaltımına etkisi yerine salım azaltım önlemlerinin enerji verimliliğine etkisi araştırılmıştır. Temel amaç çalışmada, Çin'in kuzey ısıtma bölgelerinde var olan konutlar için enerji tasarrufu ve salım azaltımının (ECER) enerji verimliliği iyileştirme (EER) üzerindeki etkilerini incelemek olarak özetlenmiştir. Yenileme öncesi ve sonrasında ısıtma döneminde bina enerji tüketimi (BEC) test verilerine dayanarak, BEC'nin teorik olarak hesaplanmasıyla birlikte ECER etkileri, mevcut bir konut iyileştirme durumu ile analiz edilmiştir. Bunun yanı sıra, yenilenen binalar ile mevcut binalar arasındaki konut elektrik tüketimi de karşılaştırılmıştır. Vaka çalışması sonuçları şunu göstermektedir: (1) EER'in gerçek ECER etkileri, teorik hesaplama ile analiz edilenlerden açıkça farklıdır; (2) mevcut yerleşim EER'lerinin ECER üzerinde önemli etkileri olacaktır; (3) bina dış duvarının iyileştirilmesi, yüksek enerji tüketen binada ECER'e her zaman en büyük katkıyı sağlar, ardından dış pencere iyileştirme; (4) bina zarflarının güçlendirilmesi, iç mekan ısıtma sistemi iyileştirme, ısı ölçümü ve şarj sistemi ile birlikte yapılmalıdır; (5) kuzey ısıtma bölgelerinde mevcut binanın EER değeri sadece kış aylarında BEC'in belirgin bir şekilde azalmasına neden olmakla kalmayacak, aynı zamanda yazın tasarruf edilen elektrik tüketimi de gözlemlenecektir. (Yuming & Weijia, 2013)

The role of nearly-zero energy buildings in the transition towards Post-Carbon Cities

Bu çalışma, kentlerin karbondan arındırılması yolunda, fosil yakıtlardan kaynaklı enerji tüketimi neredeyse sıfır olan binaların rolünü anlatmaktadır. "Karbon Sonrası Şehir" (PCC) kavramı yapı sektörüne etki eden temel faktörlerden biri olma yolundadır ve yeni kapsamlı yaklaşımların önünü açan kentsel gelişim alanlarındaki yatırımları yeniden düşünmek için ilham verir. Bu yeni vizyonda, mevcut binaların enerji ve maliyet etkinliği, hem tasarruf potansiyeli hem de salım azaltma açısından neredeyse sıfıra yakın enerji bina hedefi (nZEB) hedefi olarak kilit rol oynamaktadır. Çalışmada bina yenileme işlemleri tamamlanıp devreye alındıktan sonra ev sahibi davranışının gerçek enerji performansı üzerinde güçlü bir etkiye sahip olduğu ve etkisinin en aza indirilmesi gerektiği de vurgulanmıştır. Çalışmaya göre, sadece bina

sektörünü değil, tüm enerji sistemini de ilgilendiren niceliksel enerji talep tahmin araçlarıyla gerçekleştirilen çeşitli orta / uzun vadeli senaryo analizleri, enerji odaklı bir şehir planlaması için endikasyonları geliştirmek için tek fırsattır. Çalışma tez çalışmasından farklı olarak enerji verimliliği önlemlerinin etkisinden çok kullanıcı davranışının etkisini değerlendirme amacına sahiptir. (Becchio, Corgnati, Delmastro, Fabi, & Lombardi, 2016)

Carbon Footprint and Carbon Emission Reduction of Urban Buildings: A Case in Xiamen City, China

Kentsel binalarda karbon ayakizi ve karbon salımının azaltılması alanında bir durum analizi yapısında ortaya koyulan bu çalışma Çin'in Xiamen şehrindeki araştırma sonuçlarını göstermektedir. Bu çalışmada yapı sektörünün, kentsel alanlarda sera gazı salımına en büyük katkılardan biri olduğu ve karbon salınımının azaltılması ve sürdürülebilir mimari planlama konusundaki araştırma ve politika tartışmalarını ilerletmek için kentsel binaların karbon ayakizi nicel değerlendirmesine ihtiyaç olduğu savunulmaktadır. Bu çalışma, Xiamen'i vaka çalışması olarak alarak kentsel yapıların karbon ayakizi muhasebesi için bir hesaplama metodolojisi geliştirmiştir. Ayrıca, salım azaltma potansiyelini incelemek için bir senaryo analizi yapılmıştır. Kentsel binaların karbon ayakizinin Xiamen'de 2005 yılında 8,95 milyon tondan 2009'da 13,57 milyon tona yükseldiği ve yıllık ortalama %12,87'lik bir artış gösterdiği görülmüştür. Yapı malzemesi üretiminden ve bina enerjisi kullanımından kaynaklanan karbon salımları, sırasıyla bina karbon ayakizinin %45 ve %40'ına karşılık gelmiştir. Yeni binalar için artan enerji verimliliği tasarımı ve mevcut binalar için enerji tasarrufu sağlama gibi bina sektöründe düşük karbonlu stratejilerin uygulanmasıyla, karbon salımının azaltılmasında önemli bir etki olacağı öne sürülmektedir. Çalışmadaki düşük karbonlu gelişme senaryosunda, kentsel binalardan kaynaklanan enerji tüketimindeki artış, 2020 yılına kadar %2,98 azaltım ve 1,66 milyon ton enerji tasarrufu ve 3,15 milyon ton CO_2 değerinde bir karbon salımı azalması ile sonuçlanacaktır. Bu çalışmanın tezde yer alan çalışmayla ele aldığı enerji verimliliği önlemleri açısından benzerlik gösterdiği gözlemlenmektedir. Ancak bu önlemlerin uygulamasının yapıldığı bir alan olmaması temel bir fark oluşturmaktadır. (Huanga, Li, Cui, Huang, & Lin, 2017)

Avrupa'dan örnek çalışmalar

A renewable energy system for a nearly zero greenhouse city: Case study of a small city in southern Italy

Yenilenebilir enerji sistemleri ile Güney İtalya'da bölge ölçeğinde bir alanda sıfıra yakın sera gazı salımı hedefleyen çalışmayı anlatan bu makalede bu hedefi 2030 yılına kadar gerçekleştirmek için kurulacak yenilenebilir enerji sistemlerinin enerji ve finansal fizibilite analizini, sunmaktadır. Önerilen enerji altyapısı; rüzgar türbini, fotovoltaik paneller ve elektrik enerjisi üretmek için biyogaz kojenerasyon tesisleri ve kentin termal enerji talebini karşılamak için termal güneş panelleri, kojenerasyon ve ısı pompaları gibi farklı teknolojiler kullanmaktadır. Ulaşım sektöründe elektrik enerjisi kullanımı da çalışma kapsamında dikkate alınmaktadır. Tüm bölgenin enerji sistemini farklı sektörler arasındaki potansiyel akış kombinasyonlarını göz önüne alarak değerlendirmek için EnergyPLAN yazılımından yararlanılmıştır. Sistem davranışı günlük, haftalık ve yıllık olarak farklı zaman dilimleri dikkate alınarak analiz edilmiştir. EnergyPLAN çıktıları, tüm modellenmiş enerji dönüşüm sistemlerinin toplam üretim ve taleplerinin yanı sıra Altavilla Silentina'yı neredeyse sıfır karbon şehri yapmak için alınacak önlemleri tanımlamak için gerekecek izleme değerlerini içerir. Elektrik ve termal enerji maliyetlerini değerlendirmek için ekonomik analiz yapılmıştır. Bu çalışmada enerji verimliliği önlemleri ile azaltım amacından ziyade mevcut enerji üretim kaynaklarının dönüşümünün etkilerini araştırma hedeflenmiştir. (Luca, Fabozzi, Massarotti, & Vanoli, 2017)

Energy and environmental benefits in public buildings as a result of retrofit actions

Kamu binalarında yenileme çalışmaları sonucunda enerji ve çevre alanlarında kazanımları ortaya koymayı hedefleyen bu çalışmada, ‘‘BRITA in PuBs’’ (Bringing Retrofit Innovation to Application in Public Buildings – (TREN/04/FP6EN/S07.31038/503135) AB fon destekli proje kapsamında uygulanan bir dizi yenileme eyleminin enerji ve çevresel değerlendirmesinin sonuçlarını içermektedir. Sonuçlar, aşağıdaki konulara odaklanan bir yaşam döngüsü yaklaşımından kaynaklanmaktadır: (i) güçlendirme sırasında kullanılan inşaat malzemeleri ve bileşenleri; (ii) geleneksel ve yenilenebilir enerji sistemlerinin ana bileşenleri; (iii) farklı yapılar ve tüm bina için bina inşaatıyla ilgili etkiler. Sonuçlar,

Çevresel Ürün Deklarasyonunun veri formatına göre sunulmaktadır. Enerji geri ödeme süreleri ve enerji geri dönüş oranı gibi endeksler, eylemlerin enerji ve çevresel performanslarını daha iyi yansıtmak için göz önüne alınmıştır. Proje, yenileme çalışmalarının tasarımı ve uygulanması sırasında en etkin seçeneklerin seçilmesinde yaşam döngüsü yaklaşımının rolünü vurgulamaktadır. Bu çalışmada ise yine tezdeki çalışmadan farklı olarak daha dar bir kapsamda sadece tek bina çeşidine yönelme ve kullanılan malzemenin çevresel etkilerine odaklanılması gibi farklar bu tez çalışmasından ayrışmasına neden olmaktadır. (Ardente, Beccali, Cellura, & Marina, 2010)

City-level energy planning aimed at emission reduction in residential sector with the use of decision support model and geodata

Coğrafi verileri kullanarak şehir ölçeğinde konut sektöründe enerji verimlilği ve salım azaltımı hedefini eesas alan bu çalışmada Genel Cebirsel Modelleme Sistemi (GAMS) kullanılarak bir model geliştirilmiştir. Binaları tanımlayan coğrafi tarama referanslı veri setlerini kullanan coğrafi bilgi sistemi (GIS) tabanlı araçla birleştirilmiş bir modeldir. Bu veri kümeleri, bina sınırlarını, kullanım türlerini, yerini, kat sayısını içerir. İlk başta, alan ısıtma için bir enerji talebi bina düzeyinde tahmin yapılmıştır. Daha sonra, model Karma Tamsayılı Programlama (MIP) metoduyla aşağıdaki önlemleri değerlendirmeye alarak çalıştırılmıştır: (i) arz tarafında ve (ii) talep tarafında modelin uygulanabilirliği, Polonya'da bir kasaba için yapılan bir vaka çalışmasında gösterilmiştir. Salımları azaltma stratejilerini ve ilgili uygulama maliyetlerini göstermek için çeşitli senaryolar göz önünde bulundurulmuştur. Sonuçlar, enerji yoğun binaların ısıtma yönünden modernizasyonunda yatırımlar sayesinde negatif maliyetlerle salım azaltımının sağlanabileceğini göstermiştir. Bu çalışma enerji verimliliği önlemlerinin modellenmesi ve sonrasında uygulanması ile tez çalışmasında yer alan örneğe benzerlik göstermekle birlikte, seçilen bina grubu ve enerji verimliliğim önlemlerinin çeşitliliği bu tez çalışmasında yer alan örneklerden kapsam olarak daha kısıtlı bir alana odaklanmıştır. (Wyrwa, 2019)

Overcoming the inertia of building energy retrofit at municipal level: The Italian challenge

Yerel yönetimler ölçeğinde bina enerji iyileştirme alanındaki çalışmalarda durgunluk yaşanmasına neden olan etkenlerin üstesinden gelme yöntemlerini İtalya özelinde

inceleyen bu çalışmada küçük ve orta ölçekli İtalyan belediyelerinin bina stoklarının temel özellikleri ve yerel enerji verimliliği yenileme çalışmalarını özel olarak yavaşlatan veya engelleyen en önemli engeller incelenmiştir. Çalışmadaki yaklaşım, bu belediyelere örnek anketler gönderilerek de kontrol edilmiştir. Veri toplama için yeni bir "Belediye Enerji Modeli" önerilmiş ve etkili enerji planlarının ilk aşamalarına ilişkin engellerin nasıl aşılacağı özetlenmiştir. Ayrıca, yapılı çevreyle ilgili enerji konularında teknik yeterliliği artırmak için belediye teknik ofislerinde ve ekiplerin yapısında reform önerileri çalışmada yer almıştır. Veri kullanılabilirliği ve yeterli farkındalığın, gelecek vaat eden yenileme projelerini ve uygulanan önlemleri izlemede yeni bir araç geliştirmenin temeli olduğu sonucuna ulaşılmıştır. (Caputo & Pasetti, 2015)

Greenhouse gas emission accounting at urban level: A case study of the city of Wroclaw, Poland

Bu çalışmada kentlerin azaltım çabalarını daha güçlü bir şekilde yönetmelerini ve salım azaltımı için gerçekçi hedefler koymalarını sağlamayı amaçlayan bir sera gazı salım envanterinin yapım süreci analiz edilmektedir. Çalışma, sera gazı salımı tahmin araçlarının ve bu salımların kilit kaynaklarının yerel düzeyde tahmin edilmesinde kullanılan yaklaşımların belirlenmesini içermektedir. Asıl amaç, bu salım kaynaklarının temel özelliklerini içeren ana sera gazı salım sektörlerinin yerel düzeyde belirlenmesi ve Polonya'nın Wroclaw kent bölgesinde salım azaltımı için hedeflerin belirlenmesidir. Seçilen kentsel alandaki sektörel sera gazı salımı eğilimleri ile karbondioksit (CO_2) salım seviyesinin ulusal envanter verileriyle karşılaştırılması da çalışmada sunulmuştur. 2013 yılında Wroclaw belediyesinden yapılan toplam sera gazı salımlarının, 1990'a göre yüzde 7,2 daha düşük olduğu gözlemlenmiştir. Enerji tüketimi, elektrik ve bölge tüketimi ile şehir genelinde CO_2'nin% 63'ünden sorumlu olan ve kömür ve doğal gaz enerji kaynaklarını kullanan bireysel ısıtmadan kaynaklanan salımlarının payı ön plana çıkmaktadır. Kentin kentsel karbon azaltımında ilerlemesini belirlemek için, salımların 2020 yılına kadar %25 ve 2050 yılına kadar %80 oranında azaltılması ve ayrıca hiçbir müdahale olmasa nasıl bir sonuçla karşılaşılacağını gösteren "böyle gelmiş böyle gider" nihai enerji tüketimi ve salım senaryoları verilmektedir. Bu çalışmada kullanılan envanter oluşturma yöntemi ve envanter sonuçlarının değerlendirilme şekli tezde yer alan çalışmayla benzeşmektedir. Ancak azaltım önlemleri ile ilgili ek bir çalışmanın ve uygulama

projesinin eksikliği tez çalışmasında yer alan örneği kapsam genişliği açısından öne çıkartmaktadır. (Sówka & Bezyk, 2017)

Türkiye'den örnek çalışmalar

Assessment of residential building performances for the different climate zones of Turkey in terms of life cycle energy and cost efficiency

Bu çalışmanın başlığı Türkiye'nin farklı iklim bölgelerine yönelik konut bina performanslarının yaşam döngüsü enerjisi ve maliyet verimliliği açısından değerlendirilmesi olup, çalışmada ülke kaynaklarının farklı iklim bölgeleri için optimum kullanımını sağlamayı amaçlayan konut enerji performansının iyileştirilmesinde etkili önlemlerin alınması için karar vericilere bir rehber olması amaçlanmıştır. Konutlarda, kıt ve tükenebilir, yenilenemeyen kaynakların kullanımı, kaynak kullanımının çevre üzerindeki olumsuz etkileri ve yüksek enerji maliyetleri, konut enerji performansının yaşam döngüsü bazında değerlendirilmesini gerekliliği vurgulanmıştır. İyileştirme önlemlerinin yaşam döngüsü enerji tüketimi, CO_2 salımları ve maliyetler üzerindeki etkileri "yaşam döngüsü değerlendirmesi" (LCA) ve "yaşam döngüsü maliyeti" (LCC) çerçevesinde değerlendirilmiştir. (Dilara & Koc, 2016)

Methodology to define cost-optimal level of architectural measuresfor energy efficient retrofits of existing detached residential buildings in Turkey

Bu çalışma, Türkiye'de mevcut müstakil konutların enerji verimli iyileştirmelerine yönelik uygun maliyetli mimari önlemlerin belirlenmesi için metodoloji oluşturmayı amaçlamıştır. Çalışmaya göre, yapı stoğu, her toplumun enerji politikasında önemli bir rol oynamaktadır. Kullanıcı davranışlarındaki belirsizlikler, konut binalarında uygun bir varsayım yapılmasını zorlaştırmaktadır. Enerji verimliliği uygulamadan önce daha kesin sonuçların elde edilmesi ve herhangi bir güçlendirme eyleminin farklı yönlerinin dikkate alınması gerekir.

Yıllık güçlendirme oranını arttırmak için mal sahipleri, bu tür müzakerelere katkıda bulunmalıdır, aksi takdirde yalnızca devlet katkısı miktarına dayanan finansörler güçsüzlük oranına yol açacaktır, bu nedenle büyük enerji tüketiminin dezavantajları yıkım olmayacaktır. Bu çalışma uygun bir şekilde tanımlamak için yeni bir metodoloji sunmaya çalışmaktadır.

Yine bu çalışmaya göre bina sahipleri hevesli olduğu güçlendirme önlemleri için projelerde finansör olarak yer almaya teşvik edilmelidir.

Bu şekilde, örnek üç aynı geometriye sahip binaları incelemekle birlikte, Türkiye'nin farklı iklim özellikleri gösteren üç bölgesinde farklı bina kabuğu özellikleri analiz etmek üzere tanımlanmıştır. Kabul edilen bir metodoloji, herhangi bir güçlendirme senaryosunda sahipler tarafından ödenmesi gereken miktarlara odaklanmaktadır.

Yapı sahiplerinin ödemeyi kabul ettiği tutar, ödenmesi planlanan tutara göre daha fazla olduğunda, aşamalı işlem olasılığı tartışılır. Sonuçlar, optimum önlemlerin sahiplerin memnuniyetine göre kabul edilebilir olması için en az iki aşamada uygulanması gerektiğini ortaya koymaktadır. (Ashrafiana, Yilmaz, Corgnati, & Nazanin, 2016)

Tapping the Potential for Energy Savings in Turkey (Türkiye'deki Enerji Tasarrufu Potansiyelinden Yararlanma)

Bu çalışma, Türkiye'deki enerji sektörü reformu konusundaki Hükümet stratejisini desteklemek için başlatılan Dünya Bankası (DB) programının bir parçasıdır. Çalışmadan önceki on yıl boyunca, Dünya Bankası, bir dizi teknik yardım (TA) programı ve temel altyapı yatırımları yoluyla, reform programının tasarım ve uygulamasında Türkiye'ye bu alanda destek olmuştur.

Bu çabanın bir parçası olarak, Dünya Bankası, enerji arz güvenliğini korumak ve enerji verimliliği önlemlerini iyileştirmek için Hükümet stratejisinin güncellenmesine yardımcı olmak için girdiler sağlamayı amaçlayan Elektrik Reformu Strateji Desteğini başlatmıştır.

Çalışma, ÇED, ETKB, diğer devlet kurumları, kamu ve özel sektör kuruluşları, sivil toplum kuruluşları (STK'lar) tarafından hazırlanan kamuya açık alandaki çalışma ve raporların incelenmesinden elde edilen bilgilere dayanarak enerji verimliliğini arttırmaya yönelik potansiyel Hükümet stratejileri hakkında öneride öneriler sunmaktadır.

Ayrıca, enerji yoğunluğu ve tüketim düzeyleri için seçilen dört sanayi alt sektörü, çelik, kağıt, çimento ve tekstil arasında kısa bir anket yapılmış ve ankete katılan on dokuz firma her sektörün enerji verimliliği potansiyeli hakkında değerli bir veri tabanı oluşturmuştur. (ECSSD, 2010) (WRI, 2014)

1.2.2. Standartlar ve Yönetmelikler

Dünya

Global Protocol for Community-Scale Greenhouse Gas Emission Inventories(An Accounting and Reporting Standard for Cities)

Topluluk Ölçekli Sera Gazı Salım Envanterleri Küresel Protokolü; şehirler için bir envanter ve raporlama standardı olarak açıklanabilecek olan bu protokol Dünya genelinde en çok kabul gören, yaygınlaşan ve uygulanan sera gazı salımları hesaplama standardıdır. Bu çalışmanın temel aldığı hesaplama metodları da bu protokol ile geliştirilmiştir. **(WRI, 2014)**

Belediye Başkanları Sözleşmesine olan bağlılıklarıyla, Avrupa genelinde 7.755 şehir Dünya genelinde ise 9.322 şehir, bu protokolü şehirler için kullanmayı taahhüt etmiştir ve kullanmaktadır. Bu şehirlerde yaşayan 814.769.607 kişi ile Dünya nüfusunun %10,67'lik kısmının yaşadığı şehirler bu protokol ile sera gazı hesaplama ve raporlamalarını yürütmektedir. Ayrıca, Sera Gazı Protokolü temel alınarak ulusal sera gazı salım programları geliştirmek için farklı kıtalardaki kilit ülkelerdeki ortaklarla birlikte çalışmalar yürütülmektedir.

Aynı zamanda şirketlere de hesaplama yöntemleri sunan bu protokol ile 2016 yılında Fortune 500 şirketlerinin %92'si sera gazı hesaplamalarını gerçekleştirmiştir.

Bu protokol, şehirlere salımlarını ölçmek, daha etkili salım azaltma stratejileri oluşturmak, ölçülebilir ve daha iddialı salım azaltma hedefleri belirlemek ve ilerlemelerini daha doğru ve kapsamlı bir şekilde izlemek için ihtiyaç duydukları standartları ve araçları sağlamaktadır.

Dünya Kaynakları Enstitüsü (WRI), C40 Şehirler İklim Liderliği Grubu ve Sürdürülebilirlik için Yerel Yönetimler (ICLEI), Topluluk Ölçekli Sera Gazı Salım Envanterleri Küresel Protokolü (GPC) olarak bilinen bu şehirler için Sera Gazı Protokolü standardını oluşturmak için ortaklık kurmuştur.

GPC, şehir genelindeki sera gazı salımlarının envanterinin oluşturulması ve raporlanması için sağlam bir çerçeve sunmaktadır. Amaçları:

- İklim eylemleri planlamasını desteklemek için şehirlerin kapsamlı ve sağlam bir sera gazı envanteri geliştirmesine yardımcı olmak
- Şehirlere seçilecek temel bir yıl için salım envanteri oluşturma, azaltma hedefleri belirleme ve performanslarını takip etmek
- Uluslararası kabul görmüş sera gazı muhasebesi ve raporlama ilkelerinin ardından şehirler arasında sera gazı salımlarının tutarlı ve şeffaf bir şekilde ölçülmesini ve raporlanmasını sağlamak
- Şehir envanterlerinin ulusal ve uluslararası düzeyde toplanmasını sağlamak
- Şehirlerin iklim değişikliği ile mücadelede oynadıkları önemli rolü göstermek ve karşılaştırılabilir verilerin kıyaslama - ve toplama - yoluyla iç görü kazandırmak

olarak sıralanabilir.

GPC, 2013'teki test aşamasından gelen geri bildirimleri ve 2012 ve 2014'teki genel kamuoyu yorumlarını dikkate alarak düzenlenen en yeni ve tam sera gazı salımları hesaplama yayınıdır. GPC önceki tüm taslak versiyonlarının yerine geçmiştir ve 2009'da ICLEI tarafından yayınlanan Uluslararası Yerel Hükümet Sera Gazı Emisyonları Protokolü'nü ve Dünya Bankası, Birleşmiş Milletler Çevre Birimi tarafından yayınlanan Şehirler için Sera Gazı Emisyonlarını Belirleme Uluslararası Standardının yerini almaktadır.

Burada bahsedilen temel alınan diğer standart ve protokoller ise 2006'da IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change tarafından yayınlanan Ulusal Sera Gazı Envanterleri İçin Rehber İlkeler ile ortak çalışan raporlardır.

GPC, 2006 IPCC (İklim Değişikliği Hükümetler Arası Panel) Kuralları olarak anılan Ulusal Sera Gazı Envanterleri uyumlu bir şekilde, kent ölçeğinde sera gazı salımlarının hesaplanması ve raporlanması için gereklilikleri belirlemekte ve bu konuda rehberlik etmektedir.

Daha önceden mevcut sera gazı envanter ve raporlama standartlarının temel özellikleri GPC'de özetlenir ve bu özellikleri yeni protokol ile karşılaştırır. GPC kapsamından sık kullanılan veya referans alınan standartların bazıları şunları içerir:

- 1996/2006 IPCC Ulusal Sera Gazı Envanter Rehberi (IPCC Kuralları)

- Uluslararası Yerel Yönetim Sera Gazı Emisyon Analizi Protokolü (IEAP)
- Şehirler için Sera Gazı Emisyonlarını Belirleme Uluslararası Standartı (ISDGC)
- Temel Emisyon Envanteri / Emisyonların İzlenmesi Envanter metodolojisi (BEI / MEI)
- Sera Gazı Emisyonlarının Muhasebeleştirilmesi ve Raporlanması için ABD Topluluk Protokolü (ABD Topluluk Protokolü)
- PAS 2070: Bir şehrin sera gazı emisyonlarının değerlendirilmesi için şartname
- Sera Gazı Protokolü Kurumsal Standart

Uluslararası Yerel Yönetimler Sera Gazı Salımlarının Analizi Protokolü (IEAP):

Orijinal adı International Local Government Greenhouse Gas Emissions Analysis Protocol (IEAP) olan bu döküman da yukarıda detaylı açıklanan GPC için temel oluşturan dökümanlardan biridir.

ICLEI (Sürdürülebilir Kentler Birliği), yerel yönetimlerin hem kendi bünyelerindeki faaliyetlerin hem de jeopolitik sınırları dâhilindeki bölge halkının oluşturduğu sera gazı salımlarının sayısallaştırılmasına olanak sağlamak için kolay uygulanabilir kılavuzlar sağlamak amacıyla Uluslararası Yerel Yönetimler Sera Gazı Salımlarının Analizi Protokolü'nü geliştirmiştir.

Bu yayının Türkçe versiyonunun basımı yararlanıcısının Çevre ve Şehircilik Bakanlığı ve sözleşme biriminin Merkezi Finans ve İhale Birimi olduğu "Çevre Alanında Kapasite Geliştirme" projesi kapsamında REC Türkiye tarafından Avrupa Komisyonu'nun mali desteği ile 2011 yılında gerçekleştirilmiştir.

Türkçe olarak sera gazı salım envanter ve raporlamanın amacı, kapsamı, ilgili standartları, envanter için gerekli başlıkları, salım kaynaklarını, hesaplama yöntemlerini açıklayan kapsamlı dökümanlardan biri olup GPC ile birlikte geliştirilmiştir.

Guide to Climate Change Adaptation in Cities (WB, 2011)

Dünya Bankası tarafından hazırlanmış olan bu döküman iklim değişikliğine uyum kapsamında kentlere bir kılavuz olma niteliğini taşımaktadır. Bu bağlamda sera gazı

salımları ile ilgili hesaplama ve azaltım yönünde önemli bir arka plan bilgisi sunmaktadır.

Dökümanda:

Bölüm 2, iklim değişikliğinin dünyadaki şehirleri nasıl etkileyeceği konusunda, gelişmekte olan ülkelerdeki şehirler üzerindeki orantısız etkiler örneklenerek ilgili kısa bir geçmiş bilgisi sunulmaktadır.

3. Bölüm, uyum kavramını, şehirlerin yüzleşmeyi bekledikleri belirli etkiler için hazırladıkları süreci tanıtmaktadır. Özellikle; şehirlerin aktif bir şekilde bir uyum sürecini üstlenmeleri için nedenler sunar, belediye başkanları ve yerel liderler uyum eylemlerini açıklarken materyal olarak kullanabilecekleri nedenleri sıralar. Dayanıklılık, uyum ve tehlikeler, risk, maruz kalma, duyarlılık ve güvenlik açığı dahil ilgili "yapı taşı" kavramlarını tanımlar. Uyumun afet riskinin azaltılması ve yoksulluğun azaltılması ile de ilgili olduğunu gösterir ve uyum sürecini yönlendiren ilkeleri paylaşır. Uyuma dahil olması gereken farklı paydaşları ve kurumsal aktörleri ve bir uyum çabasını örgütleme mekanizmalarını açıklar. Bu bölüm farklı paydaşların hem resmi hem de gayrı resmi olarak nasıl uyum sağladıkları hakkında bilgiler içermektedir.

Daha sonra 4. Bölüm, yerel bölgelerin uyum için yol haritalarını nasıl geliştirebileceğini ve iklim değişikliği uyumunun şehirlerin çalışma şeklini nasıl değiştirebileceğini göstermektedir. Özellikle şehirlerin iklim değişikliği risklerini ve etkilerini daha iyi anlamalarına yardımcı olmak için temel güvenlik açığı ve risk değerlendirmeleri (hem teknik hem de katılımcı) dahil olmak üzere çeşitli ipuçları ve araçlar sunar. Gerçek iklim planları ve göz önünde bulundurulabilecek politika örnekleri de dahil olmak üzere, şehirlerin iklim değişikliğine cevap vermek için yapabilecekleri resmi eylemlerine genel bir bakış sunar. Yeni bilgiler ışığında mevcut politikaların etkinliğini değerlendirmek ve esnekliği oluşturmak için yeni yanıtlar geliştirmek de dahil olmak üzere şehirlerin planlamadan eyleme nasıl geçebileceğini açıklar. Bu, uyarlanabilir eylemleri değerlendirmeyi, farklı senaryolardaki politikaların sağlamlığını anlama ve zaman içindeki ilerlemeyi ölçmek için göstergeler belirlemeyi içerir.

Bölüm 5, kayıt dışı yerleşim yerlerinin, kentsel yoksulların ve diğer hassas grupların dayanıklılığını artırmak için şehirlerin neler yapabileceğine odaklanmaktadır.

6. Bölüm, arazi kullanımı, barınma, su ve sanitasyon, halk sağlığı, ulaşım, gıda ve tarım, enerji ve katı atık alanlarındaki şehir düzeyinde uyum örneklerini analiz eder ve örnekler.

Bölüm 7, bu uyum yanıtlarını finanse etmek için şehirlere sunulan finansman mekanizmalarına basit bir genel bakış sunmaktadır.

Dökümanın ekinde ise iklim değişikliği biliminin temelleri hakkında bilgiler yer almaktadır.

Amerika Standartları

Yukarıda yer alan dünya genelinde kabul görmüş standartlar dışında çoğu hava kirliliği ile ilgili olarak azaltım politikasıyla yola çıkmış ancak daha sonra sera gazı azaltımı için de kaynak olmuş bazı ABD'ye özgü yönetmelikler mevcuttur. ABD şehirleri bina ve diğer sektörler için dünya genelinde uygulanan protokolleri kabul etmiş olsa da kendine has yatay mimarisi ve yoğun araç kullanımı nedeniyle ulaşımda ayrı yönetmelikler hazırlamak ve uygulamak ihtiyacı duymuştur. Bu sera gazı yönetmeliklerinin bazıları

- Hafif hizmet binek otomobilleri ve kamyonları
- Ticari kamyonlar ve otobüsler
- Uçaklar
- Federal araç filoları

için yayınlanmıştır.

Avrupa

Başkanlar sözleşmesi ve tüm dünya geneli sandartların çıkış noktası olan AB kentleri yukarıda Dünya başlığı altında anlatılan GPC standartlarının uygulamasında da lokomotif konumundadır. Tek bir standart takip edilerek AB topluluğunda yer alan kentlerin tamamını ortak bir paydada buluşturmak, kıyaslamalarını yapabilmek ve azaltım tedbirlerini doğru kentlere yönlendirmek amacını taşımaktadırlar. Bu salım envanteri ve azaltım protokolü dışında kendilerine has bazı komisyon ve bunların yürütmeye soktuğu yönetmelikler ile de sera gazı salımlarını belirli üst sınırların altında kontrol etmektedirler. Bu komisyon ve yönetmeliklerden bazıları:

- Avrupa Birliği adına, Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi'nin Kyoto Protokolü'nün kabul edilmesine ve bununla ilgili taahhütlerin müştereken yerine getirilmesine ilişkin 25 Nisan 2002 tarih ve 2002/358 / EC sayılı Konsey Kararı

- Kyoto Protokolü uyarınca Hırvatistan Cumhuriyeti'ne tahsis edilen emisyon seviyesini içerecek 2006/944 / EC sayılı Kararı değiştiren Karar Uygulama Komisyonu

- Topluluk seviyesi sera gazı emisyonlarının izlenmesi ve Kyoto Protokolünün uygulanması için bir mekanizma ile ilgili 11 Şubat 2004 tarih ve 280/2004 / EC sayılı Avrupa Parlamentosu ve Konsey Kararı

- Avrupa Parlamentosu ve Konseyinin 280/2004 / EC Sayılı Kararının uygulanmasına ve Topluluk sera gazı emisyonlarının izlenmesine ve Kyoto Protokolünün uygulanmasına ilişkin bir mekanizmaya ilişkin kuralların belirlenmesi için 10 Şubat 2005 tarih ve 2005/166 / EC sayılı Komisyon Kararı

- 2002/358 / Avrupa Parlementosu Konsey Kararı uyarınca Topluluğa ve Üye Devletlerinin her birine Kyoto Protokolü kapsamında tahsis edilen emisyon seviyelerini belirleyen 14 Aralık 2006 tarihli Komisyon Kararı

- 2010/778 / AB: 2002/358 / Avrupa Parlementosu Konsey Kararı uyarınca Kyoto Protokolü kapsamında Topluluğa ve Üye Devletlerinin her birine tahsis edilen emisyon seviyelerini belirleyen 2006/944 / EC sayılı Kararı değiştiren 15 Aralık 2010 tarihli Komisyon Kararı

- Avrupa Parlamentosu ve Konseyinin 525/2013 sayılı (AB) tüzüğü, sera gazı emisyonlarını izlemek ve raporlamak ve iklim değişikliğine ilişkin ulusal ve Birlik düzeyinde diğer bilgileri rapor etmek için bir mekanizma hakkında yönetmelik

şeklinde listelenebilecek olup, Paris Anlaşması'ndan sonra bu karar ve yönetmelikler baz alınarak yeni yönetmelikler tasarlanmıştır.

Türkiye'de Yasal Düzenlemeler

Son yıllarda ülkemizde, enerji alanında ulusal ölçekte bir çok yasal ve kurumsal düzenleme devreye alınmıştır. Bu kapsamda; Yenilenebilir Enerji Kanunu, "Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanun" ve "Enerji Verimliliği Kanunu" yürürlüğe sokulmuştur. Aynı zamanda Enerji Piyasası Düzenleme Kurulu ile birlikte, "Enerji Verimliliği Koordinasyon Kurulu" ve "Ulusal Enerji Tasarruf Merkezi" gibi kurumlar kurulmuş ve yoğun faaliyetlere başlamıştır.

Enerji konusunda da kısa, orta ve uzun vadeli hedefler 2010'da Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından hazırlanan Ulusal İklim Değişikliği Strateji Belgesi'nde (UİDSB) iklim değişikliğine ilişkin konular arasında yer alarak ortaya koyulmuştur. UİDSB yer alan sonuçlardan yola çıkılarak kısa ve orta vadede; Kojenerasyon ve bölgesel ısı üretiminin, yerli enerji kaynaklarından üretimin (özellikle hidroelektrik ve rüzgâr enerjisi), binalarda enerji verimliliği potansiyelinin açığa çıkarılmasının, sıfır salım teknolojilere (yenilenebilir ve nükleer) önceliklendirmenin desteklenmesi gibi önlemler ön plana çıkmaktadır. O dönemde 2020 sonrası olarak belirtilen uzun vade hedeflerinde ise; enerji yoğunluğunun 2004 seviyelerine inmesi, yenilenebilir katkısının elektrik enerjisi üretiminde %25'e çıkarılması, sanayide enerji verimliliğinde belirlenen potansiyelin değerlendirilmesi ve CO_2 salımlarının %7 azaltılması hedeflenmiştir.

Enerjiyi daha verimli kullanmak sürdürülebilir enerji politikalarını geçekleştirme amacında Türkiye'nin önündeki en önemli seçeneklerden biridir. Enerji yoğunluğu enerji verimliliğinde önemli bir göstergedir ve TÜİK verilerine göre "Türkiye'de AB ülkelerinin yaklaşık 2.5 katı, OECD ülkelerinin ise yaklaşık 2 katıdır". Enerji yoğunluğu Türkiye için özellikle 2007 yılına kadar artmıştır. Sonrasında küçük bir gerileme gösterse de genel görünüm artış yönündedir. UİDSB'ye göre "Ülkede gözlemlenen yüksek enerji yoğunluğu değerleri enerji verimliliğinin düşük olduğunu göstermekle birlikte, alınacak tedbirlerle verimliliğin arttırılabilmesi yönünde önemli bir gömülü potansiyel olduğunun da göstergesidir".

Görev ve sorumluluklar açısından ekonominin tüm sektörlerinin yanı sıra, yerel, bölgesel ve ulusal seviyede tüm kişi ve kuruluşları da kapsamasıyla ön plana çıkan "Enerji Verimliliği Kanunu (ENVER)" düzenelemeleri kaspamında, sanayide, binalarda, ulaşım sektöründe ülke pratiklerine uygun yükümlülük, destek ve etkinlikler

içermektedir. ENVER gelişmiş ülkelerdeki uygulamalar ışığında hazırlanmıştır. Aynı zamanda AB'nin ilgili direktifleriyle uyum içindedir ve birçok sektör için önlemler öngörerek ve yaygınlaştırma çalışmaları için de bir kapsam belirlemiştir.

"Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği (BEP Yönetmeliği)" de ENVER kapsamında yürürlüğe alınmıştır. Binalar için Enerji Kimlik Belgesi düzenlemesi bu yönetmelikle zorunlu hale gelmiştir. Ayrıca "**Enerji Kaynaklarının ve Enerjinin Kullanımında Verimliliğin Arttırılması Yönetmeliği**" aynı kanun kapsamında içeriğinde "kurumların yetkilendirilmesi ve eğitim, etüt-projeler ile sanayide ve binalarda enerji yöneticisi görevlendirilmesi" gibi uygulamaya yönelik önlemlerle yürürlüğe girmiştir. Enerji yoğunluğunu düşürmeyi gönüllü olarak taahüt eden kurumlar için çeşitli teşvikler enerji verimliliği önelmleriyle birlikte bu yönetmelik kapsamına dahil edilmiştir.

Daha sonra **"Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimim Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanun** (YEK Kanunu)" ucuz, ve iklim değişikliğinin olumsuz etkilerine katkısı asgari düzeyde olan, yenilenebilir enerji kaynaklarının elektrik enerjisi üretimi amaçlı kullanımının desteklenmesi amacıyla çıkarılmıştır. Bu kanun kapsamında

- yenilenebilir enerji kaynaklarının elektrik enerjisi üretimi amaçlı kullanımının yaygınlaştırılması,
- bu kaynakların güvenilir, ekonomik ve kaliteli biçimde ekonomiye kazandırılması,
- kaynak çeşitliliğinin artırılması,
- sera gazı salımlarının azaltılması,
- atıkların değerlendirilmesi,
- çevrenin korunması ve
- bu alanlarda hizmet ve ürün sağlayan imalat sektörünün geliştirilmesini

hedeflemektedir. Elektrik üretiminde yenilenebilir kaynakları kullanan elektrik üretim tesisleri için kanunda 2012 yılında yapılan düzenlemelerle, satın alma teşvikleri de devreye alınmıştır.

Türkiye, enerjinin üretiminden nihai tüketimine kadar bütün süreçlerde verimliliğin artırılmasını, misyon olarak enerji ve doğal kaynaklarını verimli ve çevreye duyarlı şekilde değerlendirilmesi ülke refahına en yüksek katkıyı sağlaması ve vizyon olarak enerji ve doğal kaynaklarda güvenli bir geleceği göz önüne alarak hedeflemektedir.

Bu kapsamda, yeni dönüşüm süreci 2007 yılında yürürlüğe giren Enerji Verimliliği Kanunu ile başlamış, Enerji Verimliliği Strateji Belgesi'nin 2012 yılında yayımlanması ve bununla 2023 yılı enerji verimliliği hedefleri oluşturulmasıyla devam etmiştir. Bu sürecin etkin olarak uygulamaya geçmesi ve izlenmesi Ulusal Enerji Verimliliği Eylem Planı hazırlanmasıyla öngörülmüştür.

Bina ve hizmetler, enerji, ulaştırma, sanayi ve teknoloji, tarım ve yatay konular olmak üzere toplam 6 kategoride tanımlanan 55 eylem aracılığıyla 2017'de uygulamaya giren ve 2023'e kadar devam edecek Ulusal Enerji Verimliliği Eylem Planı kapsamında, ülkemizin birincil enerji tüketiminin %14 azaltılması 2023 yılı için hedeflenmektedir. 2023'e kadar toplam 10,9 milyar ABD Doları yatırım yapılması ve 23,9 MTEP tasarruf sağlanması hedeflenmektedir. Geri ödeme süresi ortalama 7 yıl olan ve 2017 fiyatları ile 2033 yılına kadar 30,2 milyar ABD Doları tasarruf sağlaması planlanan eylemlerin tasarruf etkisi 2040 yılına kadar devam edecektir.

ISO 14064:2018

Sera gazlarının yönetimi ile ilgili uluslararası standartlar ISO 14064 Standartları' dır. Sera gazı envanterleri ve sera gazı salımlarını azaltan projelerin doğrulama onaylama standartları olan bu standartlar birçok diğer standartta olduğu gibi bir belge olarak ISO 14064 belgesi şeklinde alınmamaktadır.

Belge konusunda doğru bir yaklaşım olarak ISO 14064-1 standardına göre Doğrulanmış Sera Gazı Envanteri veya ISO 14064-2 standardına göre Doğrulanmış Sera Gazı Projeleri deyimleri ISO 14064 belgesi yerine kullanılmalıdır.

ISO 14064 Standart ailesinde 3 adet standart yer almaktadır. Bu standartlar aşağıdaki gibidir.

TS ISO 14064-1 Sera Gazları – Bölüm 1: Sera Gazı Emisyonlarının Ve Uzaklaştırmalarının Kuruluş Seviyesinde Hesaplanmasına Ve Rapor Edilmesine Dair Kılavuz Ve Özellikler

TS ISO 14064-2 Sera Gazları - Bölüm 2: Sera Gazı Emisyon Azaltmalarının Veya Uzaklaştırma İyileştirmelerinin Proje Seviyesinde Hesaplanmasına, İzlenmesine Ve Rapor Edilmesine Dair Kılavuz Ve Özellikler

TS ISO 14064-3 Sera Gazları – Bölüm 3: Sera Gazı Beyanlarının Doğrulanmasına Ve Onaylanmasına Dair Kılavuz Ve Özellikler

Sera gazı envanterlerinin kuruluş veya şirket seviyesinde tasarlanma, geliştirilme, yönetilme ve raporlanma için ISO 14064-1 Standardı, ilkeler ve şartlar hakkında detaylı bilgi içermektedir. Sera gazı salım sınırlarının belirlenmesi, bir kuruluşun sera gazı salımlarının ve uzaklaştırılmalarının hesaplanması ve şirketin özel tedbirlerinin veya faaliyetlerinin tanımlanması için gerekler sera gazı yönetimini iyileştirmek amacıyla bu standartta yer almaktadır. Ayrıca bu standart, doğrulama faaliyetleri için envanter kalite yönetimi, rapor etme, iç tetkik ve kuruluşun sorumluluklarına ilişkin şartları ve kılavuzu içerir.

Özel olarak sera gazı salımlarını azaltmak veya sera gazı uzaklaştırılmalarını artırmak için tasarımlanmış sera gazı projeleri veya projeye dayalı faaliyetlere ISO 14064-2 standardı odaklanmaktadır. Projelerin temel senaryolarını belirleme ve bu temel senaryolara göre projenin performansını izleme, değerlendirme ve rapor etme için ilkeleri ve şartları içeren ISO 14064-2 aynı zamanda geçerli kılınacak ve doğrulanacak sera gazı projeleri için bir temel oluşturmaktadır.

Sera gazı envanterlerini doğrulama ve sera gazı projelerini geçerli kılma veya doğrulama için ilkelere ve gereklere dair ayrıntılı bilgi ISO 14064-3 Standardı'nda yer almaktadır.

ISO 14064-3 Standardı, sera gazına ilişkin geçerli kılma veya doğrulama sürecini tarif etmekte, geçerli kılma veya doğrulama planlaması, değerlendirme işlemleri ve kuruluşun veya projenin sera gazı beyanlarının değerlendirmesi gibi bileşenleri belirmektedir.

Sera Gazı Emiyonlarının İzlenmesi, Raporlanması ve Doğrulanması Konusunda Kapasite Geliştirme Projesi - izleme ve raporlama tebliği/izleme planı kılavuzu

Bu kılavuz International Climate Initiative - Çevre ve Şehircilik Bakanlığı İklim Değişikliği Dairesi tarafından ortak bir çalışmayla hazırlanmıştır. (IKI & BMUB, 2015)

"Sera gazı emisyonlarının takibi hakkında yönetmelik ve Yönetmelik kapsamını detaylandıran Sera Gazı Emisyonlarının İzlemesi ve Raporlanması Hakkında Tebliğ" baz alınarak, yönetmelikte yer alan kaynaklar için açıklayıcı bir döküman konumundadır.

Bu çalışma tesislerin salım hesaplamaları için üretilmiştir. Diğer başlıklar olan yakıt tüketimi, arazi kullanımı, tarım, ulaşım, atık gibi konularda bu dökümanda olduğu gibi Türkiye'de genel olarak yaklaşımda eksiklik bulunmaktadır.

Bu kılavuz 6 bölümden oluşmaktadır. İlk bölümde kılavuzun genel çerçevesinin yanı sıra, kılavuzun nasıl kullanılacağı, içeriği ve raporlamanın nasıl yapılacağına ilişkin genel bilgilere de yer verilmiştir. Sonraki bölümlerde, raporlama ile ilgili farklı konular detaylı şekilde ele alınmıştır. 2. Bölümde hesaplama temelli yöntem, 3. Bölümde ölçüm temelli yöntem, 4. Bölümde asgari yöntem ve 5. Bölümde PFC salımlarının belirlenmesi raporlamaya yönelik olarak incelenmiştir. Son olarak, 6. Bölümde de veri kayıpları incelenmiştir.

Her ne kadar tesislerin salım envanterleri için üretilmiş olsa da kent hesaplamaları için fikir edindirebilecek hesaplama ve ölçüm temelli yöntemler gibi yöntem açıklamaları yönünden kentler açısında da değerli bir çalışmadır.

Türkiye iklim değişikliği 6. ulusal bildirimi

Ulusal CO_2 salımı olan 475,1 milyon ton CO_2e'nin %72'si 2015 yılı Sera Gazı Ulusal Envanterine göre enerji sektörü kaynaklıdır. BAU - 'Business as Usual' veya Türkçesi ile "Böyle Gelmiş Böyle Gider" mevcut durum senaryosuna göre, 28,3 milyon TEP olan bina sektörü enerji tüketiminin 2030 yılına kadar 47,5 milyon ton eşdeğer petrole (TEP) ulaşacağı öngörülmekte ve, bu durum CO_2 salımının iki katına çıkacağını göstermektedir. Bir diğer açıdan, maliyet etkin salım ve enerji tasarrufu potansiyeli yönünden bina sektörü, ciddi bir potansiyel oluşturmaktadır. Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi (UNFCCC) gereklilikeri ile değerlendirilerek oluşturulan Birinci Ulusal Bildirim altında hükümetin salım azaltımı için enerji verimliliği yatırımlarının, maliyet etkinliği yönünden yenilenebilir enerji kullanımından daha önde olduğu vurgulanmıştır.

Hızlı kentleşme ve buna paralel ani nüfus artışı büyük şehirler başta olmak üzere konut ihtiyacında artışa neden olmaktadır. TÜİK tarafından yayınlanan 2000 yılı bina sayımında, 1984 yılında 4,3 milyon olan bina sayısı, 2000 yılında 7,8 milyona çıkarak %78 artış göstermiş, ve yine 2000 yılı verilerine göre konut sayısı %129 artış göstererek 16,2 milyon sayısına çıkmıştır. Bu bina sayımının alan verilerine göre, yaklaşık 400 milyon m^2'sinin ısıtıldığı konut, ticari ve kamu binalarının toplam alanı 913 milyon m^2'dir. 2000 sonrası inşa edilen binaların istatistikleri yıllık olarak

yayınlanmış ve doğalgaz penetrasyon oranının ve izolasyon kullanıcılarının yıldan yıla artmasıyla bina başına enerji tüketimleri azalış trendine geçmiştir.

Bina stoğu verileri detaylarında Türkiye'de 2000 yılı öncesi yapılmış binalar sadece dönemin inşaat standartlarıyla değerlendirildiğinde bile bugünkü mevzuata kıyasla en az iki kat daha fazla enerji tüketmektedir. Eski Elektrik İşleri Etüt İdaresi-EİE şimdiki adıyla Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü, 2023 yılına kadar 10 milyon konuta yapılacak ısı yalıtımı ile soğutma için 2400 GWh elektrik enerjisi, ve ısınma için 2,3 milyon TEP yakıt tasarrufu sağlanabileceğini ve binalardaki enerji verimliliği toplam potansiyelini %35 olarak öngörmektedir.

GPC - Türkiye

Türkiye'de doğrudan Türkçe olarak yayınlanmamış olsa da yukarıda detaylı şekilde açıklanmış olan GPC protokolü yaygın olarak kullanılmakta ve sera gazı salım envanteri ve raporlaması çalışması yapmış olan kentlerde uygulanmaktadır. 2019 Haziran Ayı ititbariyle il ve ilçe belediyelerimizden toplam 17 tanesi Başkanlar Sözleşmesi aracılığıyla bu protokolü uygulamış ya da uygulamaktadır. Bu belediyeler ve sözleşmeye dahil oldukları yıllar aşağıdaki gibidir:

- Antalya Büyükşehir Belediyesi, 2013
- Bayındır Belediyesi, 2017
- Bağcılar Belediyesi, 2016
- Bornova Belediyesi, 2011
- Bursa Büyükşehir Belediyesi, 2016
- Tepebaşı Belediyesi, 2013
- Gaziantep Büyükşehir Belediyesi, 2017
- Kadıköy Belediyesi, 2012
- Karşıyaka Belediyesi, 2011
- Maltepe Belediyesi, 2014
- Nilüfer Belediyesi, 2014

- Pendik Belediyesi, 2017
- Seferihisar Belediyesi, 2011
- Çankaya Belediyesi, 2015
- İzmir Büyükşehir Belediyesi, 2015
- Şişli Belediyesi, 2017

Ülkemizde yerel yönetimlerin sera gazı envanteri hesaplama ve raporlama çalışmalarında yararlanacağı herhangi bir resmi döküman bulunmamaktadır. Yukarıda belirtilen yönetmelik ve standartlar göz önüne alındığında çalışmaların verimi ve doğruluğu açısından bu döküman eksikliği göze çarpmaktadır. Buna istinaden bu çalışma kapsamında da GPC temel döküman olarak kabul edilmiştir.

2. YÖNTEM

Bu başlık altında kent sera gazı salım envanteri oluşturma yöntemleri detaylı şekilde anlatılmıştır. Kapsamlar olarak ifade edilen ve sera gazı kaynaklarını sınıflandırmaya yarayan sistemler açıklanmış, kaynaklar ve kent özelinde envantere dahil edilen kaynak türleri detaylarıyla anlatılmıştır. Son olarak elektrik ve yakıt tüketimi, tarım ve hayvancılık faaliyetleri, atık ve atıksu proseslerinden kaynaklanan salımların hesaplanmasında kullanılan birim tüketim ya da kaynağa göre değişkenlik gösteren diğer proseslerin birim başına sera gazı salım eşdeğerini gösteren ve hesaplamalarda kullanılan formüllere yerleştirilen rakamlar bu görsel üzerinde açıklanmıştır.

Tüm bu bileşenleri gösteren ve çalışmanın metodolojisini görsel olarak ortaya koyan Şekil 2.1 aşağıda yer almaktadır.

Yöntem tablosunda kaynaklar olarak kent sera gazı envanterinde yer alan kaynaklar olarak belirtilen ana başlıklar Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi'nde yer alan sektörler olarak seçilmiş ve Çizelge 2.4'te alt sektörlerle birlikte detaylı olarak aktarılmıştır.

Tablonun ikinci ana başlığı olan kapsamlar; Çizelge 2.2'de özetlenmiş ve bu çizelge öncesinde detaylı bir biçimde neyi ifade ettikleri açıklanmıştır.

Tablonun son kısmında yer alan kentte tüketilen yakıtlar ve elektrik için birim tüketim eşdeğeri olan CO_2 salımları ve bunların yanı sıra tarım hayvancılık ve atık atıksu sektörleri gibi özel sektörlerden kaynaklanan salımlarda birim faaliyet başına CO_2 değerleri hakkında bilgi verilmiştir.

2.1. Envanter oluşturma metodunun seçimi ve kaynakların belirlenmesi

Sera gazı salımına yol açan kaynakların belirlenmesi yerel yönetimler ölçeğinde kurumlar ölçeğine ve ulusal salım envanteri ölçeğine göre daha zor bir süreç olduğundan yerel yönetimlerin salım kaynaklarının belirlenmesinde ve salım hesaplamalarında farklı bir yaklaşım sergilemenmeli ve ayrı bir metodoloji takip edilmelidir. IPCC kapsamında yani GPC standardında salım envanteri oluşturulmasında, verilerin ayrıntısı, kırılımı,

doğruluğunun ve güvenilirliğinin seviyesi göz önüne alınarak, TIER 1-2-3 (Seviye 1-2-3) olarak adlandırılan yaklaşımlar arasında seçim yapmak gereklidir". (IPCC, 2018) Çalışma kapsamında değerlendirilen Eskişehir sınırları içerisinde sera gazı salım hesaplamalarında IPCC, Seviye-1 ve Seviye-2 (TIER-1 ve TIER-2) metodolojisi temel alınmaktadır. Buna göre, değerlendirmede dahil edilecek sera gazı kaynakları için Kapsam-1, Kapsam-2 ve Kapsam-3 sera gazı kaynaklarının türlerine göre hesaplamalarda kullanılacak değişkenler ve formüller aşağıdaki gibidir:

$$\text{SalımSG}_{,\text{yakıt}} = \text{Salım}_{CO2,\text{yakıt}} + \text{Salım}_{CH4,\text{yakıt}} + \text{Salım}_{N2O,\text{yakıt}} + \ldots \quad (2.1)$$

$$\text{Salım}_{CO2,\text{yakıt}} = \text{Tüketim Miktarı}_{\text{yakıt}} \times \text{Salım Faktörü}_{CO2,\text{yakıt}} \quad (2.2)$$

Bu genel formüllerin hesaplamalarda nasıl uygulandığı Hesaplama Yöntemlerinin Belirlenmesi başlığı altındaki alt başlıklarda ilgili bölümlerde örnek hesaplamalar ile açıklanmıştır.

Veri kaynakları Çizelge 2.1'de özetlenmiştir. Kaynaklarla ilgili detaylar takip eden başlıklarda yer almaktadır.

Çizelge 2.1: Kent salım envanteri veri kaynakları

Konu	Veri Türü	İlgili Birim
Bina yakıt tüketimleri	doğalgaz, LNG, fuel-oil, katı yakıtlar (Konut, ticari ve sanayi detayında)	EPDK
Bina elektrik tüketimi	elektrik tüketimleri (Konut, ticari ve sanayi detayında)	TUİK
Sokak, park bahçe aydınlatma, trafik	elektrik tüketim verileri ve abone numaraları (Aylık kırılımlı)	TUİK
Bina Stoğu	nitelik, kullanım amacı, kapalı alan, enerji kimlik bilgileri Sahiplik, işletme, kişi sayısı	TUIK
Ulaşım	Ulaşım kaynaklı sera gazı salımları (araç türü, kullanım amacı ve alışkanlığı, yakıt tüketim verileri)	TUİK, EPDK
Atık sahaları ve atıksu tesisleri	atık sahasının durumu, Atık sahası ve atıksu arıtma tesislerinde kullanılan teknoloji,	Belediye, Sular İdaresi, Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü
Tarım, Orman ve Hayvancılık	Eskişehir tarım alanları, kullanılan kimyasal gübre miktarı, hayvan varlığı ve orman alanı	Tarım İl Müdürlüğü, Orman Bölge Müdürlüğü, TUİK

"Sera Gazı Protokolü'ne (GPC) göre salım kategorileri aşağıdaki gibi sınıflandırılmıştır." (WRI, 2014):

Kapsam 1 – Doğrudan sera gazı salımları: Kurum (kent) tarafından kontrol edilebilen tüm salım kaynaklarıdır. Durağan veya hareketli salım kaynakları farketmeksizin kentin sahip olduğu veya kontrol ettiği tüm kaynaklardan yapılan salımlar dahil edilmelidir. Sahip olunan kaynakların yanı sıra, kiralanmış veya teşere edilmiş varlıklar ve işletmelerden kaynaklanan salımlar da bu kaynaklara dâhildir.

Kapsam 2 – Dolaylı enerji sera gazı salımları: Kurum (kent) faaliyetler kapsamında tüketmek üzere dışarıdan alınan enerjiden kaynaklanan salımlar bu kapsamda yer alır. Ulusal şebekeden kullanılan elektriği ve/veya ısıtma / soğutma amacıyla kullanılabilecek diğer enerji çeşitleri de kapsam 2 altındaki hesaplamalarda yer almalıdır.

Kapsam 3 – **Diğer dolaylı sera gazı salımları:** Kapsam 1 ve 2'de yer alan doğrudan veya dolaylı salımlar dışında kalan tüm faaliyetlerden kaynaklanan salımlar kapsam 3 altında değerlendirilecektir. Yan etkinlikler, çalışan seyahatleri, nakliye ve alt-yüklenicinin sebep olduğu salımlar kapsam 3 salımlarına örnek oluşturabilir.

Çizelge 2.2: Kapsamlara göre kaynaklar

Kapsam	Salımlar
Kapsam 1	Doğrudan Salımlar (örn. kentteki araçlardan kaynaklanan salımlar, binaların yakıt tüketimleri)
Kapsam 2	Dolaylı Salımlar (örn. kentte tüketilen ancak ulusal şebekeden satın alınan elektrikten kaynaklanan salımlar)
Kapsam 3	Tüketim Tabanlı Salımlar (örn. kentte tüketilen ürün ve hizmetlerin üretimi ve nakliyesi nedeniyle ortaya çıkan salımlar

Kent ölçeğinde sera gazı salım envanteri, bir takvim yılı süresinde, kent ölçeğindeki salımların, kaynakların birbirinden ayrı analizleriyle oluşturulur. Uluslararası sera gazı salımları sınıflandırma standartları, bu ayrı analiz için kent sera gazı salım envanterinin kendi içinde, alt sektörlere ayrılmasında kullanılmaktadır.

2.2. İndikatörlerin Belirlenmesi ve Veri Toplama

Kent ölçeğinde sera gazı envanteri içerisinde yer alan farklı kaynakların hesaplanmasında kullanılan ve kaynağa göre çeşitlilik gösteren formül ve değişkenler ilerleyen bölümde ilgili başlıklar altında açıklanmıştır. Bu aşamadan önce temel kavramlardan ikisi olan küresel ısınma potansiyelleri ve karbondioksit eşdeğeri kavramları aşağıda açıklanmıştır. Kyoto Protokolünde belirtilen "sera gazı envanterlerine katılması gereken sera gazları" için "küresel ısınma potansiyelleri" ise Çizelge 2.3'teki gibidir.

"KIP (Küresel Isınma Potansiyeli): Belirli bir zaman aralığında, belirli bir sera gazının eşdeğer karbondioksit cinsinden kuvvet etkisini tanımlama faktörü" (GWP-Global Warming Potantial). (WRI, 2014)

"CO_2e (Karbondioksit eşdeğer): Bir sera gazının ışıma kuvvetinin karbondioksit ile karşılaştırılmasında kullanılan birim."

Çizelge 2.3: Sera gazları ve küresel ısınma potansiyelleri

Sera Gazları	Kimyasal Formül	Atmosferde kalma süresi (Yıl)	Küresel Isınma Etkisi* (CO_2e)
Karbon dioksit	CO_2	5-200	1
Metan	CH_4	12	28
Diazot monoksit	N_2O	114	265
Perflorokarbonlar	PFCs	50 000**	6 500-9 200
Hidro florokarbonlar	HFCs	226**	140-11 700
Kükürt heksaflorür	SF_6	3 200	23 500

*: Zaman bağımlıdır.

**: Bu sera gazlarında zaman aralığı değil belirlenen en yüksek değerlerdir.

Çizelge 2.4'deki gibi, yerel yönetimlerde politika belirlemede kullandıkları yöntemlerde örnek olarak yer alan şekilde alt sektörlere ayrılmak, azaltım seçeneklerini belirlerken alıncak kara süreçlerini büyük kolaylaştıracaktır. (UNFCCC, 1994).

Çizelge 2.4: Kent sera gazı salım envanteri için kapsamlara göre sektörler

Makro sektörler (BMİDÇS)		Faaliyet Sektörleri (ICLEI)	Kapsam 1	Kapsam 2	Kapsam 3
Enerji	Durağan Enerji	Konut	Konut yakıt tüketimi	Konut Elektrik tüketimi	
		Ticari	Ticari yakıt tüketimi		
		Sanayi	Sanayi yakıt tüketimi	Ticari Elektrik tüketimi	
			Enerji üretimi		
				Sanayi, Elektrik tüketimi.	
	Ulaşım	Taşımacılık	Araçların egzoz salımları	Şehirdeki elektrikli araç tüketimleri	Otogar Araçları Havalimanı kaynaklı salımlar
Atık	Katı atık bertarafı		Tesiste bugüne kadar biriktirilen atıkların, yıl içinde düzenli depolama yakma ve kompost salımları		
	Atıkların biyolojik arıtımı				
	Atık yakma ve açık alanda çöp yakımı		Geçmişteki atıkların gelecekteki salımları		
	Atık su arıtma ve tahliyesi		Yerleşke içinde bulunan bugüne kadar biriken atıksulardan kaynaklanan salımlar		
			Bunların gelecekteki salımları		
Endüstriyel Süreçler			Merkezi olmayan süreç salımları		
Tarım ve Hayvancılık			Yerleşkedeki tarım alanlarından ve hayvanlardan kaynaklanan salımlar		Gübre ve tarım ilaçları üretim/tüketim salımları

2.3. Hesaplama Yöntemlerinin Belirlenmesi

2.3.1. Binalarda Yakıt Ve Elektrik Tüketiminden Kaynaklı Sera Gazı Salımları

Durağan Enerji (Kapsam 1 ve 2)

Eskişehir envanterinde, konut, ticari ve sanayi sektörleri için yakıtlardan kaynaklanan sera gazı salım miktarları ölçülmektedir.

Araştırma sonucuna göre bu sektörlerdeki salımlar, Kapsam 1 - doğrudan tüketilen yakıt ve Kapsam 2 - dolaylı olarak elektrik sonucunda oluşmaktadır.

Yakıt tüketiminden kaynaklanan yerel yönetim sınırları dâhilindeki doğrudan salımlar:

Yerel yönetim sınırları dâhilinde kullanılan merkezi dağıtım şebekesinden gelen doğalgaz vb. ve kömür, LPG, LNG, fuel oil, vb. diğer yakıtlar kullanılmaktadır ve bu kaynaklar **Kapsam 1** sınıfında dahil edilmektedir. Yerel yönetim sınırları dahilinde elektrik üretimi ya da merkezi ısıtma veya soğutma (örn; buhar) üretimi amacıyla tüketilen yakıtın ayrıca takip edilmesi ve raporlamaya dahil edilmesi gerekmektedir.

Kent sınırları içerisinde yer alan elektrik ya da ısı enerjisi tüketimine bağlı dolaylı salımlar:

Yerel yönetimin sınırları dâhilinde dağıtım şebekesi ya da herhangi bir üretim tesisinin sağladığı elektrik ve bunun yanı sıra merkezi ısıtma veya soğutma amacıyla kullanılan salım kaynakları **Kapsam 2** altında değerlendirilir.

Durağan enerji salımları hesaplamaları için aşağıda bir örnek hesaplama verilmiştir.

Konut doğalgaz tüketimi: 254.420.873 m^3

Doğalgaz enerji dönüşüm faktörü: 1,9383 $kgCO_2e/m^3$ (DEFRA, 2018)

Konut doğalgaz tüketimi kaynaklı salımlar: 254.420.873m^3 * 1,9383 $kgCO_2e/m^3$ = 493.132.463 $kgCO_2e$

Elektrik veya ısı üretim amacıyla tesislerinde tüketilen yakıt (kapsam 1)

Kent sınırları dahilinde yakıtın ülke şebekesi için elektrik ürettiği durumlarda santrallerin tüketiği yakıtlar salım faktörü hesaplanırken dikkate alındığından yerel envanterde yeralmaz. Bilgi amaçlı hesaplanarak raporlanır.

Ancak merkezi ısıtma veya soğutmada kullanılması halinde salımlar yerel envanter de dahil edilmelidir. Bu salımlar **Kapsam 1** altında değerlendirilir.

Örnek hesaplama:

Konut elektrik tüketimi: 552.501 MWh

Elektrik enerji dönüşüm faktörü: 0,5109 $kgCO_2e$/KWh (ulusal elektrik üretimi için yakıt tüketimi verilerinden yararlanılarak hesaplanmıştır. (TEİAŞ, 2018))

Konut elektrik tüketimi kaynaklı salımlar: 552.501MWh * 1000 KWh/ MWh * 0,5109 $kgCO_2e$/KWh = 282.292.601 $kgCO_2e$

2.3.2. Ulaşım

Eskişehir için, karayolu, arazi taşıtları, su demiryolu ve hava taşıtlarında kullanılan yakıtın yanması sonucunda oluşan salım miktarlarını ölçülmüştür.

Taşıtlarda yakıtın doğrudan kullanımıyla ya da yanan yakıtla üretilen elektriğin kullanımı sonucunda dolaylı olarak bu kaynaklardaki salım açığa çıkabilir.

Örnek hesaplama:

Kent araçları dizel tüketimi: 367.209.477 litre (EPDK, 2018)

Dizel yakıt dönüşüm faktörü: 2.6694 $kgCO_2e$/litre (IPCC, 2018)

Ulaşımda dizel tüketimi kaynaklı salımlar: 367.209.477 litre * 2.6694 $kgCO_2e$/litre = 980.218.697 $kgCO_2e$

Kent Sınırları İçerisinde Taşıtlar (Kapsam 1)

Eskişehir sınırları içerisinde karayolu taşıtlarınca kullanılan enerji, **Kapsam 1** altında hesaplamalara dahil edilmiştir. Belediye sınırları içerisinde tüketilen yakıt verisi bu salımların en iyi şekilde hesaplanması için gerekli ve yeterli veridir.

Enerji Piyasası Denetleme Kurulu'nun (EPDK) aylık ve yıllık olarak yayımladığı akaryakıt ve otogaz tüketimi raporlarında yer alan il bazında tüketim verisi veya Türkiye İstatistik Kurumu'nun yayınlanan ulusal envanterinde yer alan kentin taşıt envanteri ve yerel taşıtların yıllık katettiği mesafeler hesaba katılarak sonuca ulaşılınabilir.

Bu çalışma kapsamında veri tutarlılığı açısından EPDK raporlarında yer alan akaryakıt ve otogaz tüketim verileri dikkate alınmıştır.

Ayrıca, yıl boyunca Eskişehir otogarında giriş ve çıkış yapan araçların Eskişehir il sınırları kapsamında kaydettiği ortalama mesafelerden yola çıkılarak şehirlerarası otobüslerden kaynaklanan ile ait sera gazı salımları da ek olarak hesaplamalara dahil edilmiştir.

Hava Ulaşımı (Kapsam 3)

Hava ulaşımı kapsamında GPC bölge sınırlarındaki hava taşımacılığı salımlarını hesaplamada jeopolitik sınırlar içerisinde hareket noktası olan hava ulaşımı ve bölge halkı ihtiyaçlarını karşılama amaçlı hava taşımacılığı olmak üzere iki alternatif yol sunar. Bu iki yöntem, salım azaltım stratejilerinin tutarlılığını ve verimliliğini değerlendirmek amacıyla alternatif bakış açıları sunarlar. Bu iki yöntem rapor hazırlama aşamasında ayrı ayrı ele alınmıştır ve hareket noktası jeopolitik sınırlar dâhilinde olan hava taşımacılığı hesaplamalarda veri bulunabilen yöntem olduğundan envantere dahil edilmiştir. Eskişehir havalimanına salım analizi kapsamında, kalkışı havalimanından gerçekleşen uçuşların kullanılan toplam yakıt miktarna ulaşılmaya çalışılmış ancak çoğu durumda olduğu gibi bu veriye ulaşmak mümkün olmamıştır. Bu yönteme dair diğer alternatif olarak doğrudan kente ait kabul edilebilecek uçaklara havalimanlarında yüklenen yakıt miktarı kullanılmıştır ve buradan kaynaklanan salım **Kapsam 3** salımlarna dahil edilmiştir.

2.3.3. Endüstriyel Süreçler

Yerel yönetmler ender durumlarda ortak anlaşmalarla sanayi prosesleri ve sanayideki ürün kullanımından kaynaklanan salımları tespit edip envanterine dahil edebilirler. Yakıt ya da elektrik enerjisi tüketimi ile bağlantısı olmayan ancak yönetim sınırları içerisinde dikkat çeken salım miktarlarını oluşturan bu salım kaynakları yönetimin yetkisi dahilinde hesaplanabiliyorsa envantere dahil edilmelidir. Ancak, Eskişehir için endüstrilerin sera gazı salım kaynakları inşaat sektörü aracılığıyla yönetimle doğrudan ilişiği olan çimento sektörü hariç, salım miktarı tespit edilemeyeceğinden envantere dahil edilmemiştir.

Örnek hesaplama:

Eskişehir 2018 klinker üretimi: 112,6 ton (TÜİK, 2018)

Klinker üretimi kalsinasyon dönüşüm faktörü: 537 $kgCO_2e/kg$

Klinker üretimi kaynaklı salımlar: 112,6 ton * 537 $kgCO_2e$/ton *1000 kg/ton = 60.466.200 $kgCO_2e$

2.3.4. Tarım ve Hayvancılık

Yerel yönetim sınırlarında gerçekleşen tarım ve hayvancılık aktivitlerinden kaynaklanan metan başta olmak üzere sera gazı salımları envantere eklenmiştir. Hayvan varlığından doğrudan kaynaklanan enterik fermentasyon sebepli metan salımları ve gübreden kaynaklanan metan salım miktarı da envanterde yer almaktadır.

Arazi Kullanımı, kullanım değişikliği ve ormancılık (Kapsam 1)

Eskişehir sınırlarındaki orman alanlarında soğurulan karbon salımları seneden seneye değişmektedir. Ormanlar sayesinde azaltılan salım envantere dahil edilmeyecek ancak hesaplama da yer alacaktır. AKAKDO kapsamındaki salım değişimleri henüz yerel yönetim uluslararası standartlarında yer almamaktadır.

2.3.5. Atık ve Atıksu

Katı Atık

Atıklardan kaynaklanan salımlar yerel yönetim envanterinde yer alan salım kaynaklarından biridir. Atıkların eksiksiz, tutarlı ve hatasız biçimde belirlenmesi geriye dönük depolama alışkanlıklarının anlaşılması zorluğu sebebiyle güçlükler barındırır. Bunun yanı sıra, yerleşim sınırları dahilinde üretilen atıklar başka bir yerel yönetim sınırlarında depolansa dahi hesaplanması önemli bir iyi niyet göstergesi olacaktır.

Bazı atık depolama yöntemleri katı atık salımının uzun süre atmosfere kesintisiz salınmasına sebep olmaktadır. Bu durum sebebiyle, envanter yılı için hesaplanan atık salımlarının büyük bir bölümü geçmiş yıllardaki depolama faaliyetlerinden kaynaklanmaktadır. Eskişehir'de atık alanında aşağıda yer alan bilgiler envantere dahil edilmek üzere toplanmıştır: Üretilen atıkların bertaraf yöntemleri, depolanan ya da bertarafı için başka yöntemler kullanılan atık miktarı, atık çeşitlerinin yer aldığı atık kompozisyonu, depolama ve bertaraf tesislerinin yerel yönetim sınırlarında olduğunu anlamak için konumları, depolama tesisinde metan geri kazanım sistemlerinin var olup olmadığı, işleyiş detayları, var ise verimliliği ve tesisin eski yıllardaki aktivitesi.

Katı Atık Depolama Tesisleri Eskişehir sınırları içinde yer aldığından bu alanlardan kaynaklanan sera gazı salımları **Kapsam 1** altında yer alacaktır. Katı atık depolama alanlarında oluşan sera gazları aşağıda yer alan UNFCC metodolojisine uygun formüllerle hesaplanır. (UNFCCC, 1994)

$$\left.\begin{matrix}\mathrm{BE}_{\mathrm{CH_4,KADA}}\\ \mathrm{PE}_{\mathrm{CH_4,KADA}}\\ \mathrm{LE}_{\mathrm{CH_4,KADA}}\end{matrix}\right| = \varphi y \cdot \left(1 - f_y\right) \cdot \mathrm{KIP}_{\mathrm{CH_4}} \cdot (1 - OX) \cdot \frac{16}{12} \cdot F \cdot \mathrm{DOC}_{f,y} \cdot \mathrm{MCF}_y$$

$$\cdot \sum_{x=1}^{y} \sum_{j} W_{j,x} \cdot \mathrm{DOC}_j \cdot e^{-k_j \cdot (y-x)} \cdot \left(1 - e^{-k_j}\right) \qquad (2.3)$$

Bu eşitlikte yer alan ve salım miktarını hesaplamak amacıyla kullanılan bu eşitlikte yazan değişken tanımları Çizelge 2.5'de yer almaktadır. Bu değerler her bir yıl için ayrıca hesaplamaya dahil edilecek olup envanterde uzun yıllar aktivitesinin etkisi yer almaktadır.

Çizelge 2.5: Atık alanlarının envanterdeki payının belirlenmesinde kullanılan değişkenler

Değişkenler	Tanımı	Değeri
KADA,	Katı atık depolama alanı	
BE,	Temel salım	
PE,	Süreç salımı	
LE,	Sızıntı salım	
φ,	Model belirsizliğini düzeltme katsayısı	0,75
f,	Sahada yakalanıp alevlendirme, yakma veya başka biçimde kullanılarak atmosfere salınması önlenen metan yüzdesi	0
$\mathbf{KIP_{CH_4}}$,	Metanın küresel ısınma potansiyeli	21
OX,	atığı örten toprak veya diğer malzemede oksitlenen KADA kaynaklı metan miktarını belirten oksitlenme katsayısı	0,1
F,	KADA gazındaki metan yüzdesi (hacmen)	0,5
DOC,	Belli KADA şartlarında ayrışan bozunur organik karbon yüzdesi (ağırlık)	0,5
MCF,	Metan düzeltme katsayısı	0,6-1

Depolama Alanının Konumu– GPC'ye göre aşağıda yer alan kaynaklar salım analizi kapsamında yer almalıdır.

- "Kentin coğrafi sınırları içerisinde yer alan atık depolama ve açık hava atık alanları, atık yakma birimleri, kompostlaştırma tesisi ya da diğer atık arıtma bölgelerinde açığa çıkan salımlar" (**Kapsam 1**).
- "Tesislerin konumları hesaba katılmaksızın, yerel halkın ürettiği ve atık depolama tesislerine, açık atık bölgelerine, atık yakma veya kompostlaştırma tesislerine ya da diğer atık arıtma bölgelerine depolanan katı atıktan oluşan salımlar" **(Kapsam 3).**

Atıksu

Atıksu aktivitelerinden açığa çıkan sera gazı salımları, tesislerin kapasitesi, teknik özellikleri, ayrıca hizmet verdikleri yerel yönetim nüfuslarından hareketle ICLEI'nin belirlediği Çizelge 2.6'da verilen formülasyonlar ile hesaplanmıştır. (ICLEI, 2009)

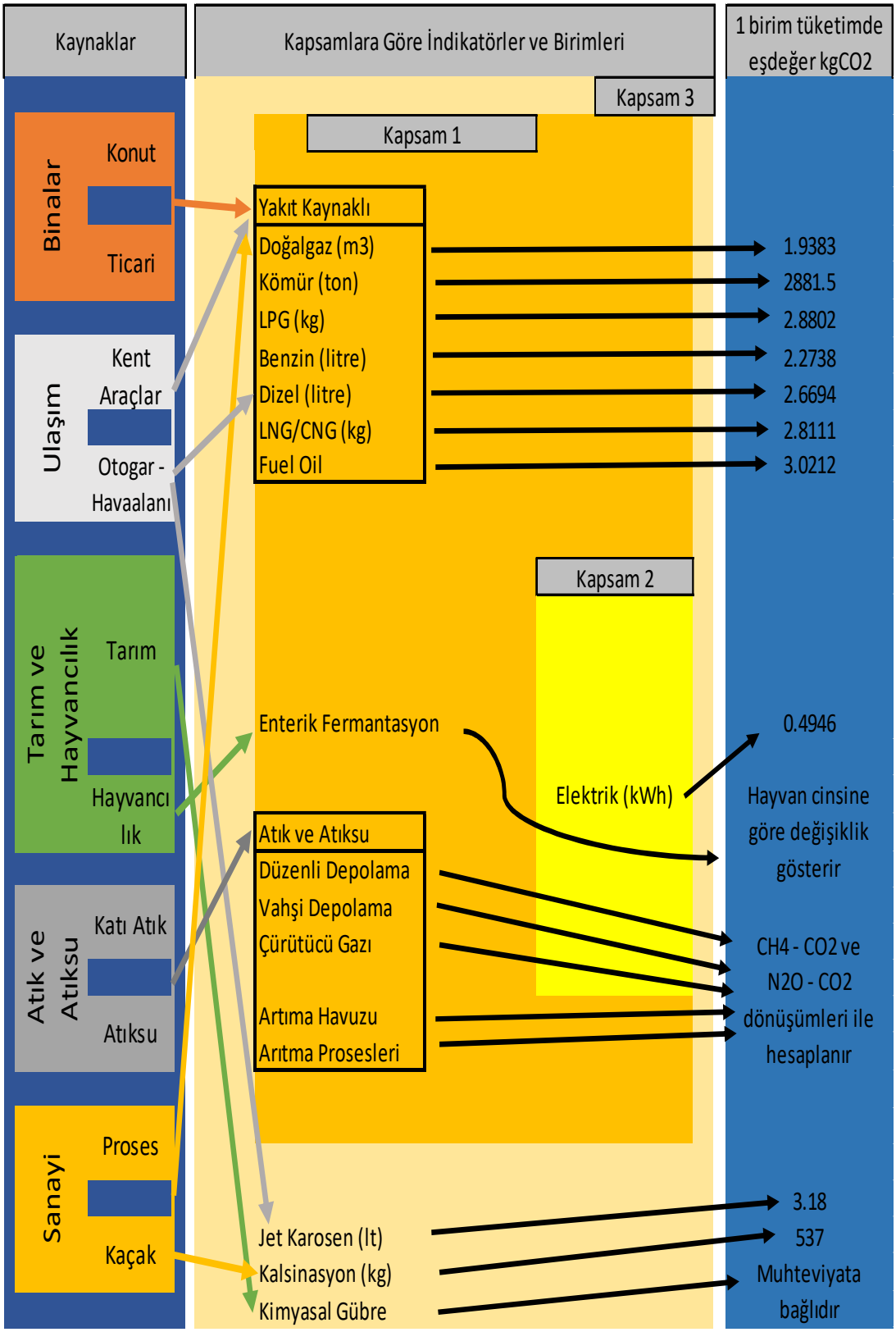
Atıksu tesislerinin arıtma havuzlarında gerçekleşen prosesler sonucu açığa çıkan CH_4, atıksu proseslerinden nitrifikasyon ve denitrifikasyon prosesleri sonucu açığa çıkan N_2O ve proses sonrası atıksuların nehir ve denize deşarjı sonucu açığa çıkan N_2O hesaplamalara dahil edilmektedir.

Çizelge 2.6: Atıksudan kaynaklı salımların hesaplanmasında kullanılan denklemler

Değişken	Denklem
Çürütücü Gazının Eksik Yanmasından Açığa Çıkan Durağan Salımlar	(P x Çürütücü Gaz x FCH_4 x $\beta(CH_4)$ x (1-DE) X 0.0283 x 365.25 x 10-6) x KIP (2.4)
- Atık su Arıtma Havuzu Proses Salımları	((P x $F_{ind-com}$) X BOD_5 load x (1-F_p) x B_o x MCF_{ana}x 365.25 x 10^{-3}) x KIP 2.5)
- Atık su Arıtma Nitrifikasyon / Denitrifikasyon prosesleri salımları	P x $F_{ind-com}$ x $EF_{nit/denit}$ x 10^{-6} x KIP (2.6)
- Nitrifikasyon/Denitrifikasyon olmayan proses salımları	(P x $F_{ind-com}$) x $EF_{w/o\ nit/denit}$ x10-6) xGWP (2.7)
Atıksuların Deniz ve Akarsulara Deşarjı ile Oluşan	((P x $F_{ind-com}$) x (Toplam N Load - $N_{tutulumu}$ x $BOD5_{yükü}$) x EFeffluent x 44/28 x (1-$F_{plant\ nit/denit}$) x 365.25 x 10-3) x KIP (2.8)

Atıksu tesislerinin arıtma havuzlarında gerçekleşen prosesler sonucu açığa çıkan CH_4, atıksu proseslerinden nitrifikasyon ve denitrifikasyon prosesleri sonucu açığa çıkan N_2O ve proses sonrası atıksuların nehir ve denize deşarjı sonucu açığa çıkan N_2O hesaplamalara dahil edilmektedir.

2.1 Envanter oluşturma metodunun seçimi ve kaynakların belirlenmesi, 2.2 İndikatörlerin Belirlenmesi ve Veri Toplama ve 2.3 Hesaplama Yöntemlerinin Belirlenmesi başlıklarında yer alan tüm bu çıktılardan ve açıklamalardan hareketle Şekil 2.1: Kent sera gazı envanteri kaynakları, kaynakların kapsamları ve eşdeğer CO2 miktarları, üzerinde bu çalışmanın yöntemi özetlenmiştir.



Şekil 2.1: Kent sera gazı envanteri kaynakları, kaynakların kapsamları ve eşdeğer CO_2 miktarları

2.4. Envanter Oluşturulması

Sera gazı salım envanteri, veri ulaşılabilirliğine uygun olarak değerlendirilen bir takvim yılı boyunca yerel yönetim sınırları dahilinde açığa çıkan tüm salımları içermelidir. Yerel yönetimler tutarlı ve bütün bir envanter oluşturmak için yerel yönetimlerin veri kaynaklarından var olanları tespit etmesi ve doğru veri kaydının detaylı bir şekilde mevcut olduğu yılı bularak envanter için bu yıl üzerinde çalışmalarını ilerletmesi gerekir. Eskişehir sera gazı salım envanteri salım azaltım hedeflerine temel olacak sonuçlara ulaşmak için temel yıl (referans yıl) olarak bu çalışmada 2018 belirlenmiştir.

Temel yıl belirlendikten sonra yukarıda yer alan alt başlıklarda açıklanan yöntemlerle kaynaklar ve indikatörler seçilmiş bu indikatörler uygun hesaplama yöntemleri aracılığıyla rakamsal verilere döklmüş ve envanter oluşturulmuştur.

2.5. Envanter Sonuçlarının ve Azaltım Önlemlerinin Değerlendirilmesi

Yöntem başlığı altında yukarıdaki alt başlıklarda aktarılan metodoloji takip edilerek, temel yılın belirlenmesinin ardından toplanılan verilerin hesaplama yöntemlerindeki salım faktörleriyle ilişkilendirilmesiyle envanter nihai sonuçları ortaya koymuştur.

Bu rakamsal sonuçlar çeşitli dağılımlarla yüzdelik oranları belirlenerek detaylı şekilde Sonuçlar ve Değerlendirme başlığı altında analiz edilmiştir. Bunun yanı sıra kent envanteri diğer benzer ve farklı iklim koşullarında yer alan kentlerin envanter verileri ile ve ulusal ortalamalarla kıyaslanmıştır. Açığa çıkan sonuçlar, Mevcut Durum Analizi başlığı altında yer alan kent verileri ve bu çalışmanın yararlandığı en önemli kaynaklardan olan REMOURBAN projesi uygulama sahası için mevcut veriler göz önüne alınarak değerlendirilmiştir.

Buradan hareketle 5 ana kaynak arasında yer alan bina sektörü için detaylı analiz yapılmış ve azaltım önlemleri, güçlendirme projesinin çıktılarından da yararlanılarak ortaya koyulmuştur.

3. MEVCUT DURUM ANALİZİ

3.1. Türkiye'de Durum

İklimle ilgili göstergeler değişkenlik ve belirsizlik içermekte bu durum özellikle yatırımlar alanında iklimsel bir risk faktörü oluşturmaktadır. Fizibilite çalışmaları kapsamında iklim değişikliğinin muhtemel etkileri değerlendirilmeye katılmalıdır. Bu, tüm dünyada olduğu gibi Türkiye'de de geçerlidir. Etki analizleri iklim değişikliği etkilerinin daha belirgin ortaya konulmasında bir araç olarak kullanılabilir.

8. beş yıllık kalkınma planında ülkemizin iklim değişikliği alanında politikalar oluşturulmaya başlanmıştır ve bu plan kapsamında "İklim Değişikliği Özel İhtisas Komisyonu Raporu" 2000 yılında yayımlanmıştır. Sürecin gelişiminde önemli olan amaçların tanımlanması 9. ve 10. kalkınma planları altında yapılan çalışmalarla ilerletilmiştir. Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi'ne katılım konusu 8. beş yıllık kalkınma planıyla ilk kez ele alınmış ve enerji verimliliği ile sera gazı azaltımı alanlarında düzenlemelere başlanacağı belirtilmiştir. "İklim Değişikliği Ulusal Eylem Planı" sonraki kalkınma planlarında yer alan ülkemizin kendi şartlarını göz önüne alarak iklim değişikliğine yönelik aktif çalışmaları ilerletme isteği sonucunda hazırlanmıştır. Son olarak "yeşil büyüme" kavramı halen yürürlükte olan 10. ve son kalkınma planı ile beraber gündeme girmiş ve sürdürülebilir kalkınma hedefleri doğrultusunda günden güne önem kazanmıştır.

"İklim Değişikliği Koordinasyon Kurulu (İDKK)" ayrı ayrı kendi alanlarında iklim değişikliğinin olumsuz etkileriyle mücadele konusunda çalışmalar yürüten başta kamu, özel sektör ve STK'ların tek bir çatı altında buluşarak koordine bir çalışma yürütmesine olanak sağlamak amacıyla kurulmuştur. "İklim Değişikliği ve Hava Yönetimi Koordinasyon Kurulu (İDHYKK)" ise yukarıda belirtilen kurulun 2004-2013 arası 4 kez yeniden yapılandırılmasının ardından son olarak kararlaştırılan kurul ismi olarak kayıtlarda yer almaktadır. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'ndan alınan bilgiye göre bu kurul:

- Çevre ve Şehircilik Bakanlığı (koordinatör),
- Avrupa Birliği Bakanlığı,

- Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı,
- Dışişleri Bakanlığı,
- Ekonomi Bakanlığı,
- Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı,
- Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı,
- İçişleri Bakanlığı,
- Kalkınma Bakanlığı,
- Maliye Bakanlığı,
- Milli Eğitim Bakanlığı,
- Orman ve Su İşleri Bakanlığı,
- Sağlık Bakanlığı,
- Ulaştırma, Denizcilik ve Haberleşme Bakanlığı,
- Hazine Müsteşarlığı,
- Türkiye Odalar ve Borsalar Birliği,
- Türk Sanayici ve İş Adamları Derneği,
- Müstakil Sanayici ve İş Adamları Derneği,
- Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı ve
- Türkiye İstatistik Kurumu

olmak üzere toplamda 20 kurumdan meydana gelmektedir. Yedi alt çalışma grubunun yanı sıra danışmanlar ve sekreterya bulunmaktadır. İklim değişikliği ile ilgili birimler veya uzmanlar kurulun bünyesindeki kurum ve kuruluşlarda yer almaktadır". (CSB (The Ministry of Environment and Urbanization), 2011)

7 alt çalışma grubu ise; Çevre ve Şehircilik Bakanlığından Sera Gazı Salım Azaltımı Çalışma Grubu, İklim Değişikliğinin Etkileri ve Uyum Çalışma Grubu, Eğitim, Bilinçlendirme ve Kapasite Geliştirme Çalışma Grubu, Hava Yönetimi Çalışma Grubu olup diğer kurumlardan TÜİK'ten Sera Gazı Salım Envanteri Çalışma Grubu, Hazine Bakanlığ'ndan Finansman Çalışma Grubu, Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı'ndan Teknoloji Geliştirme ve Transferi Çalışma Grubu'dur.

"Ulusal İklim Değişikliği Strateji Belgesi" iklim değişikliğinin olumsuz etkileriyle mücadele çalışmalarına yönelik ve bu alanda politika üretmede kullanılan temel dökümandır. Bu döküman 2010-2020 yılları arasındaki 10 yılı kapsamaktadır. Kadıköy Belediyesi İklim Değişikliği'ne Uyum Eylem Planı'nda yer alan veriye göre

“belge Çevre ve Şehircilik Bakanlığı (ÇŞB) koordinasyonundaki İDKK üyeleri, ilgili kamu ve özel sektör temsilcileri, üniversiteler ve sivil toplum kuruluşlarını içeren geniş katılımlı bir çalışma ile hazırlanarak Yüksek Planlama Kurulu tarafından 3 Mayıs 2010 tarihinde onaylanmıştır”. Ülkemizin gerçekleştirebileceği azaltım, uyum, finansman ve teknoloji politikaları belgede, “ortak fakat farklılaştırılmış sorumluluklar” ilkesi temel alınarak yer alamaktadır. (KadıköyBelediyesi, 2018)

Temmuz 2011’de İklim Değişikliği Ulusal Eylem Planı, 2011’de Dokuzuncu Kalkınma Planı ve Ulusal İklim Değişikliği Strateji Belgesi uyarınca ÇŞB koordinasyonu ve İDKK üyeleri ile paydaşlarının yer aldığı bir katılımla hazırlanarak yayınlanmıştır. Ayrıca 2012 yılında 2011-2023 yılları arasını hedefleyen ve ülkemizin iklim değişikliğine uyum konusunda stratejilerini içeren “Ulusal İklim Değişikliği Uyum Stratejisi ve Eylem Planı” hazırlanmıştır. Sera gazı salım azaltımı ve iklim değişikliğine uyum konularında “Ulusal İklim Değişikliği Strateji Belgesi” hedefleri doğrultusunda eylemler bu planda sunulmakta ve bu eylemlerin uygulanması amacıyla oluşan sorumlular ve zaman planı bu planda tanımlamaktadır. (ÇŞB, 2010)

Ülkemiz için iklim değişikliğinin etkilerin ciddi bir tehdit oluşturmakla beraber, doğru analiz ve iyi planlanlama ile bu etkilerin bazı fırsatlara yol açabileceği de açıkça görülmektedir. Fırsatlar ele alındığında iklim ile ilişkili ve iklime bağımlı turizm gibi sektörlerin gelişmesindeki engeller yanı sıra su kaynakları öncelikli olmak üzere; doğal kaynaklar üzerindeki baskılar üzerinde ele alınabilecek aksiyonlar bu yönde değerlendirilebilir. Ülkemizde iklim değişikliği;

- su kaynaklarının azalması,
- taşkınların artması,
- orman yangınları,
- kuraklık ve çölleşme ve
- bunlara bağlı ekolojik bozulmalar

gibi olumsuz etkilere sebep olmaktadır. “İklim Değişikliğine Uyum Kapasitesinin Geliştirilmesi Ortak Programı” bağlantılı olarak ele alınan iklim alanındaki öngörüler, temelde, su döngüsünün, yani iklimle ilişkili doğal afet risklerini olumsuz yönde etkilyecek şekilde yağış düzeninin değişmesini ve sıcaklıklarda hissedilir artışları öngörmektedir. Ekosistem hizmetlerinin tehdit altında olduğu, insan sağlığı ve tarımsal üretim gibi temel konularda olumsuz bir seyir izleneceği, su kaynaklarının bozunmasının hızlanacağı bu öngörüler ile gelen yorumların sonuçları arasında yer

almaktadır. Teknik ve bilimsel çalışmaların desteklediği ve katılımcı süreçlerle güçlendirilen "Ulusal İklim Değişikliği Uyum Stratejisi ve Eylem Planı", ülkemizde iklim değişikliğinden etkilenebilirlik alanlarını, beş önemli alana odaklanmıştır (ÇŞB, 2016). Bu alanlar; su kaynakları yönetimi, tarım ve gıda güvencesi, ekosistem hizmetleri, biyolojik çeşitlilik ve ormancılık, doğal afet risk yönetimi ve insan sağlığı olarak belirtilmiştir.

Son yıllarda ülkemizde iklim değişikliğinin olumsuz etkileri ile ilgili çalışmalardan elde edilen sonuçlar doğrultusunda doğrudan uyuma yönelik planlama çalışmaları hız kazanmıştır. Bu çalışmalar sonucunda ise temelde

- kaynaklarının kullanımı alanında modern teknikler geliştirilmek,
- sulama etkinliğinin artırılarak yönetilmesi için iklim değişikliğine bağlı olarak su ihtiyacındaki tahmini artışın araştırmalarını çoğaltılmak,
- yüksek kalitede ürünleri düşük kaliteli suyla verebilecek bitki türlerinin geliştirilmek ve
- kuraklık ve tuzluluğa dayanıklı yeni bitki türlerini geliştirmek ve yetiştirmek

odaklıdır. Örnek olarak, tarım sektörü ele alındığında; ülkemiz tarım aktivitelerinde geleneksel sulama yöntemleri yerine, yağmurlama ve damla sulama uygulamaları gibi modern ve su kaybının en aza indirgendiği yöntemlere geçiş gözlemlenmektedir.

Ülkemizin ekonomi politikalarındaki önceliker, hızla artan kentleşmesi ve beraberindeki hızlı nüfus artışı gibi nedenlerle uyum politika ve bunlara bağlı uygulamalar öngörülmesi zor bir alan haline gelmektedir. Buna karşın, uyum çabaları sürdürülebilir kalkınma politikaları ile desteklenmektedir. (ÇŞB, 2016)

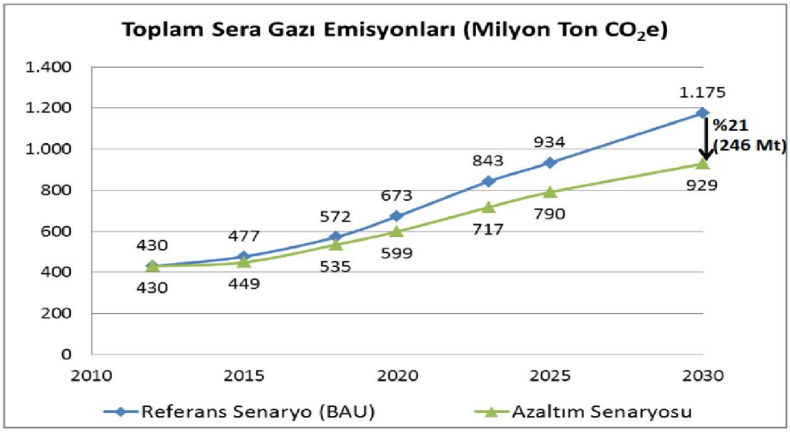
Paris Anlaşması'nın etkileri

2015'teki Paris Anlaşması'ndan sonra ülkemiz ulusal katkı hedefleri başlığı altında niyet olarak azaltım politikalarını açıklamış ve referans senaryo olan (Business As Usual - BAU) çalışma kapsamında sera gazı salımlarında 2030 yılında %21 oranına kadar azaltım yapacağı taahhüdünde bulunmuştur. Azaltım kapsamındaki sektörler ise

- enerji,
- endüstriyel prosesler,
- tarım, arazi kullanım değişikliği,
- ormancılık ve
- atık

olarak belirlenmiştir.

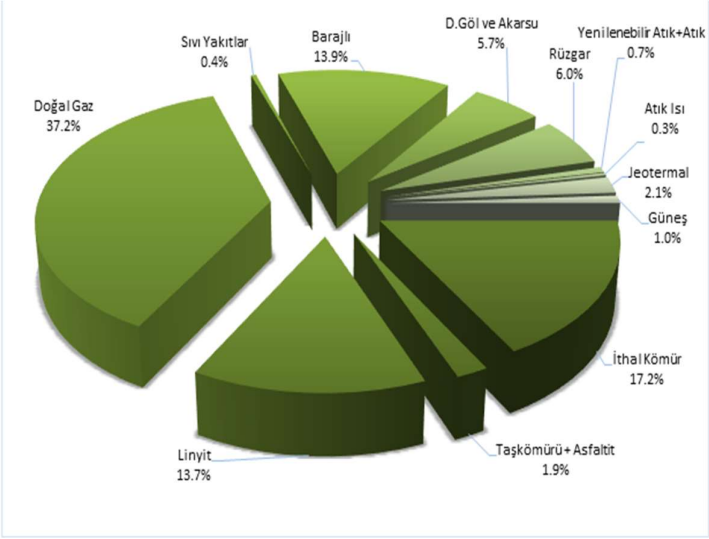
Ülkemiz, küresel ölçekte 2°C hedefine ulaşmak için, düşük karbonlu kalkınma yolunda 2030 yılında sera gazı salımlarını %21 oranına kadar azaltma taahhüdü ile önemli bir adım atmıştır (Şekil 3.1).



Şekil 3.1: Türkiye'nin milyon ton CO_2e cinsinden sera gazı salımları azaltım beyanı

Enerji Sektörü

2017 yılı verileri ele alındığında Türkiye elektrik enerjisi toplam üretimi 297.278 GWh iken tüketim miktarı 296.702 GWh olarak gerçekleşmiştir. Üretilen toplam elektrik enerjisi miktarının %29,6'sı yenilenebilir enerji kaynağından üretilmiştir (Şekil 3.2). Hidrolik kaynaklı 58.216 GWh, jeotermal kaynaklı 6.128 GWh, rüzgar kaynaklı 17.904 GWh, güneş kaynaklı 2.889 GWh ve yenilenebilir atık+atık ısısı kaynaklı 2.972 GWh olmak üzere toplamda 88.111 GWh elektrik üretimi gerçekleştirilmiştir.

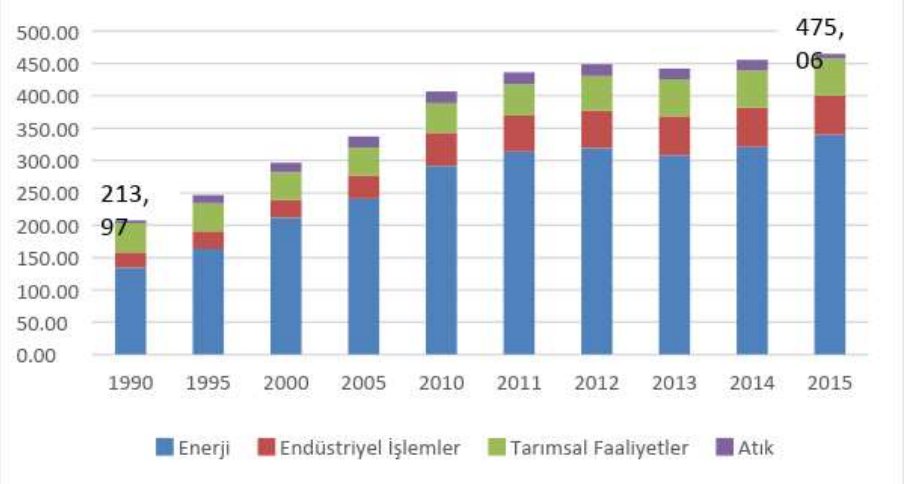


Şekil 3.2: Türkiye Elektrik Enerjisi Üretiminin Kaynaklara Göre Dağılımı (EPDK, 2017)

Türkiye Sera Gazı Salımları

Ülkemizde, temel enerji tüketiminin fosil yakıt kaynaklı olması, ekonomik büyüme ve sanayileşme, hızlı nüfus artışı vb. nedenlerle devamlı artmakta olan enerji ihtiyacı, salım artışının da hızlı bir şekilde yükselmesine neden olmuştur. Türkiye'nin CO_2e salımı sadece 1990-2017 yılları arasındaki 27 yılda 149,9 milyon tondan 526,5 milyon tona yükselmiş ve %300 civarında artış göstermiştir. Ülkemizin sera gazı salımları dünya toplam envanterinin %1,3'ünü oluşturmakta olup, bu dünya genelinde 15. sıraya karşılık gelmektedir. Bununla beraber ülkemizde 2017 yılı itibariyle kişi başı 6,6 ton olan CO_2 salımı, bu değerin aynı sene için 6,24 ton olduğu AB 28 ülkeleri ortalamasının üstüne ilk kez çıkmıştır. Son yıllarda kişi başı salım seviyeleri AB ülkelerinde hemen hemen sabit seyrederken 1990-2017 toplam 2,19 ton azalmıştır (TÜİK, 2019).

Türkiye'nin gelişimine paralel olarak artmakta olan enerji talebi ve sanayi gelişimiyle artan sera gazı salımlarının sektörel dağılımı Şekil: 2-5'te görülmektedir. Ülkemizin kişi başı sera gazı salımları 1990 – 2015 yılları arasındaki artış oranı %140,1 olmuştur. Aynı zamanda kişi başı sera gazı salım miktarı ise 3,88 ton CO_2/kişi'den 6,60 ton CO_2/kişi'ye yükselmiştir (Şekil 3.3).



Şekil 3.3: Türkiye'de sektörlere göre sera gazı salımlarının değişimi (milyon ton CO_2e), (TÜİK, 2017)

Ülkemizde bina sektörü enerji yoğunluğu ve enerji verimliliği potansiyelleri

Uluslararası Çevre Ajansı'nın 2009 yılında (IEA) Türkiye için yayınladığı raporda, Türkiye'nin enerji arzındaki zorlukların giderilmesinde enerji verimliliğinin iyileştirilmesinin önemli rol oynayacağı" vurgulanmaktadır. Buna göre "ulaşım ve

binalar ile ilgili karar vericilerin özel ve uzun dönemli stratejiler geliştirmeleri; ulaşımda özel araç kullanımının hızla yaygınlaştığı ve ciddi miktarlarda yeni inşaat projelerinin yürütüldüğü bir ülkede özellikle" gerekmektedir. Enerji tüketimiyle bağlantılı CO_2 salım seviyesi 1990'dan beri iki kattan fazla artmış ve orta ve uzun vadede enerji talebiyle benzer şekilde artışın devamı öngörülmektedir. IEA, dünya genelinde salım seviyesini en hızlı artıran ülkelerden olan ülkemizin iklim değişikliğinin olumsuz etkileriyle mücadele etmek ve salımlarını sınırlandırmak için somut bir genel hedef koyarak ve azaltım çabalarına devam etmesini önermektedir.

Türkiye enerji tüketimindeki hızlı büyümeyi doğru kaynaklara yönlendirmesi halinde tasarruf yönünden ciddi bir potansiyele sahiptir. "Yenilenebilir Enerji Dairesi" tarafından yürütülen çalışmalar, 2020'de 222 MTEP seviyesine ulaşması beklenen birincil enerji ihtiyacı içinde muhtemel 30 MTEP yani %15 enerji tasarrufu elde edilebileceğini belirtmektedir.

Keskin ve Ünlü'ye göre "sanayi ve bina sektörleri EV iyileştirmesi için en fazla imkânı sunan sektörlerdir. Sanayi alanları arasında EV potansiyeli değişkenlik göstermekle birlikte, büyük enerji tüketimi sanayi sektörünü EV yatırımlarının teşviki için uygun bir hedef haline getirmektedir. Bina sektörünün verimlilik kazancı sağlama potansiyeli daha da yüksektir, çünkü bu alanda şimdiye dek fazla bir şey yapılmamıştır. Bina yasalarında gerekli bazı yeni düzenlemelerin yapılmış ve bir etiketlendirme yönetmeliğinin yürürlüğe konmuş olmasına rağmen, mevcut bina stoku ve kurulu cihazlar henüz elde edilmemiş büyük bir EV potansiyeli sunmaktadır". (Keskin & Ünlü, 2010)

Yasal Düzenlemeler

Yasalar yönünden değerlendirme yapıldığında ülkemizde 2000'den itibaren inşa edilen binaların yalıtım standartları göz önüne alınarak inşa edilmesi gereklidir. Bu dönemde, "TS 825 - Ulusal İzolasyon Standartları" ve "Yeni Binalar için Binalarda Isı İzolasyonu Yönetmeliği"[1] ile yalıtım konusu bir temele dayandırılmış ve binalarda ısı kaybının azaltılması çabaları artırılmıştır. Bununla beraber, standart ve yönetmelikler yürürlüğe girdikten sonra da uygulama yönünden çözüme kavuşmamış birçok konu gündemdedir. 2009'un Aralık döneminden itibaren (Nisan 2010'da güncellenmiştir) BEP yönetmeliğinin yaygın olarak uygulamaya girmesi ve yeni binalarda ısı yalıtımı

[1] Bu yönetmelik **Bina Enerji Performans Yönetmeliği** ile yürürlükten kalkmıştır.

kurallarını düzenleme yönünde kaynak olan TS 825 ile yeni inşa edilen binalarda eski standarda kıyasla minimum %50 oranında enerji tasarrufuna olanak doğmuştur.

Ülkemizdeki binaların, yeni binalar hesaba katıldığında bile, çoğunun AB ülkelerindeki standartlara uygun yeni binalarla kıysalandığında, enerji verimliliği yönünden seviyeleri yetersiz kalmaktadır. AB projeleri sayesinde de ortaya koyulan ve AB ülkeleri kanunlarıyla yapılan kıyaslamalarda, ülkemizde geçerli yönetmeliklere uygun inşa edilen yeni binaların bile ısıtma amaçlı enerji olarak, Avrupalı benzer binalardan %50 civarında daha fazla enerji tükettiği ortaya koyulmaktadır.

Eskişehir Tepebaşı Belediyesi'nin yayınladığı Sürdürülebilir Enerji Eylem Planı Raporu'na göre "Model bir bina kullanarak yalıtım yönetmeliklerin ısıtma gereksinimlerini mukayese eden bir çalışmaya göre, binada yaşam şartlarını sağlamak için gereken enerji tüketimi (metrekare başına kWh) ülkelere göre farklılık göstermektedir. Örneğin yasal çerçeveye uygun olarak inşa edilmiş bir yapıda Danimarka'da 23 kWh/m^2 yeterli olurken, Hollanda'da 34 kWh/m^2 ve İngiltere'de 35 kWh/m^2 gerekmektedir. Türkiye standart uygulamaları ile bu değer 90-100 kWh/m^2 olmaktadır. Buna göre, gerekli yasal düzenleme ve doğru denetimler ile Türkiye'de binaların enerji performansları 3-4 kat artırılabilir."

3.2. Eskişehir Salım Kaynaklarını Etkileyen Sektörlerde Mevcut Durum Analizi

3.2.1. Eskişehir ili coğrafi durumu

Eskişehir, İç Anadolu Bölgesi'nin kuzeybatısında 29-32 derece doğu boylamları ile 39-40 derece kuzey enlemleri arasında yer almaktadır.

Eskişehir'in ilçelerinden Seyitgazi'nin küçük bir bölümü Ege'nin, Sarıcakaya İlçesi'nin tümü ile Merkez ve Mihallıçık ilçelerinin bir bölümü Karadeniz Bölgesi'nin etkisindedir. Ancak Eskişehir, coğrafi karakterini genellikle İç Anadolu Bölgesi'nden alır.

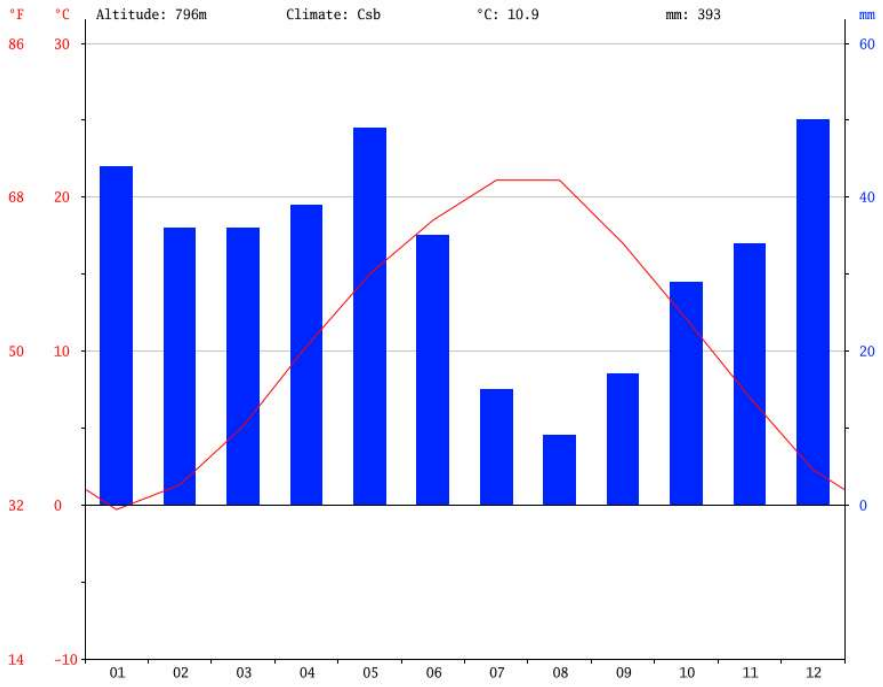
Kuzeyden Bozdağ ve Sündiken Dağları, güneyden Emirdağ, doğudan Orta Asya Vadisi, batıdan Türkmen Dağı gibi doğal sınırlarla çevrili olan il alanı, yaklaşık 13.653 km^2 dir. Bu alanıyla il, Türkiye topraklarının %1,8'ini kaplamaktadır. İl merkezinin denizden yüksekliği ise 792 m dir. En Yüksek dağı 1.825 metre ile Türkmendağı Tepesi'dir. Yeryüzü şekilleri içinde ovaların payı %26 olan ilin yaklaşık %22'sini dağlar oluşturmaktadır.

Eskişehir yoğun nüfuslu kentlerin ulaşım ağının ortasında yer alması ve ticaret yollarının geçişi açısından jeoploitik olarak önemli bir konumdadır. Eskişehir'in

büyük illere ve komşu illerin merkezlerine karayolu uzaklıkları şu şekilde sıralanabilir; İstanbul: 315 km, Ankara: 234 km, İzmir: 461 km, Bursa: 152 km, Kütahya: 80 km, Bilecik: 79 km, Afyon: 171 km. (Eskişehir, 2018)

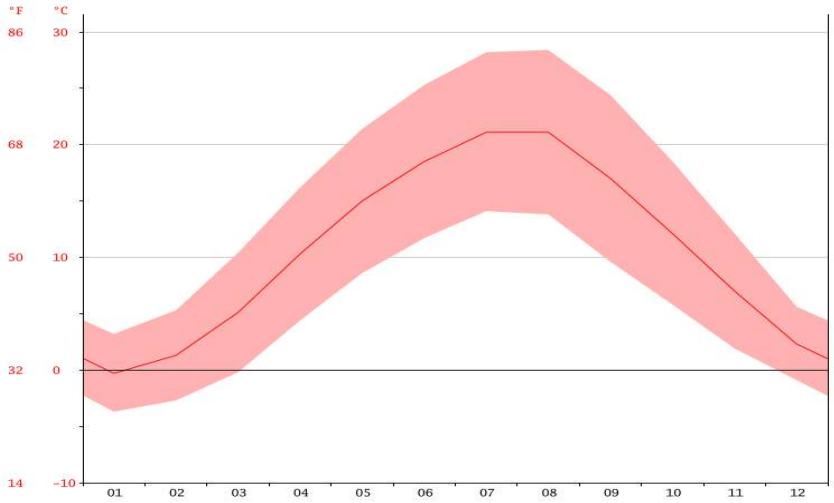
3.2.2. Eskişehir ili iklim koşulları

Yazları ılıman bir iklime sahip olan Eskişehir'de kışları sert bir iklim soğuk ve kar yağışlarıyla etkisini gösterir. Gündüz ve gece arasında sıcaklık farklarının yüksek olduğu şehirde tipik karasal iklim özellikleri gözlemlenebilmektedir. Kışlar yazlara göre daha bol yağışlı ve soğuk, yazlar ılık ve daha kurak geçer. Ortalama yıllık sıcaklık 10,9 ºC, ölçülen en düşük sıcaklık -27,8 ºC, en yüksek sıcaklık 40,6 ºC'dir (Şekil 3.5). Nem oranı yıllık ortalaması %73,9 ve yağış yıllık ortalaması 366,1 mm.'dir (Şekil 3.4). Eskişehir'da en fazla güneşlenmenin ortalama 11,2 (saat/gün) ile Temmuz ayında olduğu görülmektedir. İlde esme sayısı yönünden egemen rüzgâr yönü kuzeybatıdır. Eskişehir'de esen en hızlı rüzgâr 22,3 m/s ile güney-güney batıdır.



Şekil 3.4: Eskişehir ili toplam yağış (mm), (climate-data.org, 2019)

Şehir merkezinin, yani nüfus yoğunluğunun çok olduğu bölgenin çevresine oranla biraz daha sıcak olduğu, dağlık ve ova alanlarında ise sıcaklık değerlerinin azaldığı gözlemlenmektedir.



Şekil 3.5: Eskişehir ili sıcaklık grafiği, (climate-data.org, 2019)

Yıl içinde minimum ve maksimum sıcaklık (C°) değerleri ile yağış miktarlarındaki (mm) değişim Çizelge 3.1'de verilmiştir.

Çizelge 3.1: Eskişehir ortalama sıcaklık ve yağış, (mgm.gov.tr, 2019)

	Oca	Şub	Mar	Nis	May	Haz	Tem	Ağu	Eyl	Eki	Kas	Ara
Ortalama Sıcaklık (°C)	-0,2	1,4	5,0	10,2	15,0	18,8	21,5	21,4	17,2	11,9	6,4	2,0
Minimum Sıcaklık (°C)	-3,4	-2,4	0,0	4,2	8,5	11,8	14,2	14,1	10,2	5,8	1,9	-1,2
Maksimum Sıcaklık (°C)	3,8	6,2	11,3	17,2	22,0	25,9	29,0	29,3	25,4	19,4	12,7	6,1
Yağış (mm)	40,0	32,7	35,3	38,3	44,8	33,3	13,1	8,7	15,7	28,1	30,1	46,0
Güneşlenme Süresi(saat)	2,6	3,8	5,3	6,4	8,5	10,2	11,2	10,7	8,7	6,2	4,3	2,3

3.2.3. Eskişehir ili sosyo-ekonomik yapısı

Eskişehir, Kalkınma Bakanlığı tarafından yürütülen il ve bölgelerin sosyo-ekonomik gelişmişlik sıralaması araştırmasına göre 7. sıradadır. Kalkınma Bakanlığı tarafından iller arası gelişmişlik farkını en aza indirmek amacı ile illerin sosyo-ekonomik gelişmişlik düzeyleri göz önüne alınarak oluşturulan altı adet teşvik bölgesinde Eskişehir ili 8 ilin içinde bulunduğu 1. bölgededir.

Eskişehir, Bursa Eskişehir Bilecik Kalkınma Ajansı'nın (BEBKA) faaliyet bölgesindeki üç ilden biridir. Bölgesinde ve ildeki kalkınma ve gelişmeye, T.C. Kalkınma Bakanlığı'nın Bursa, Eskişehir, Bilecik illeri için kurulan Bölge Kalkınma

İdaresi tarfından yürütülen (BEBKA 2014-2023) hedef ve eylem planları yön vermektedir. Proje kapsamında üretilen BEBKA Bölge Planı, yaşanabilir bölge, rekabetçi bölge ve öğrenen bölge eksenleri doğrultusunda belirli amaçlar ve bu amaçların gerçekleşmesini sağlayacak araçlar içermektedir. Eskişehir ili BEBKA kapsamında üretilen araçların kentte uygulamasını hedeflemektedir. (BEBKA, 2015)

3.2.4. Nüfus ve istihdam

Eskişehir'in nüfusu 2018 TÜİK verilerine gore 871.187'dır. Toplam nüfusun 434.112'si erkek, 437.075'i kadındır. Türkiye'nin nüfus artışı ortalama binde 13,6 olarak gerçekleşirken Eskişehir'da binde 18,7 olarak gerçekleşmiştir. Eskişehir 81 il içinde toplam nüfus itibariyle 25. sırada yer alırken km^2'ye düşen 63 kişi ile nüfus yoğunluğu bakımından 41. sırada yer almaktadır (TÜİK, 2019). Nüfusun ilçelere ve cinsiyete gore kırılımı Çizelge 3.2'de özetlenmiştir.

Çizelge 3.2: Eskişehir ili ilçelere göre nüfus dağılımı, 2018, TÜİK

İlçe	Toplam	Erkek	Kadın	Yüzde
Odunpazarı	404.267	198.648	205.619	% 46,40
Tepebaşı	359.303	180.999	178.304	% 41,24
Sivrihisar	20.746	10.527	10.219	% 2,38
Çifteler	15.098	7.527	7.571	% 1,73
Alpu	11.242	5.753	5.489	% 1,29
Mihalıççık	8.526	4.294	4.232	% 0,98
Mahmudiye	7.998	4.081	3.917	% 0,92
Beylikova	6.953	3.553	3.400	% 0,80
İnönü	6.797	3.503	3.294	% 0,78
Günyüzü	6.127	2.991	3.136	% 0,70
Sarıcakaya	5.080	2.508	2.572	% 0,58
Mihalgazi	3.373	1.653	1.720	% 0,39
Han	2.272	1.190	1.082	% 0,26

Ülkemizde genel nüfus yoğunluğu yaklaşık 105 olup, Eskişehir'de nüfus yoğunluğu 63 kişi ve hane halkı büyüklüğü 2,71 kişidir (TÜİK, 2019). Eskişehir'de yaş ve cinsiyete gore nüfus analizinde 15-34 yaş grubunda yoğunlaşma görülmekte ve 15-34 yaş grubu nüfusu 263.602 kişi olarak gözlemlenmektedir. Bu sayının il toplam nüfusuna oranı %30,3'tir. Bu oran işgücü arzı için önemli bir büyüklük olarak

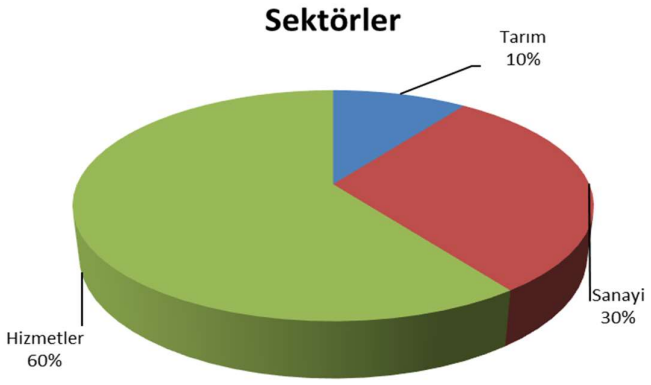
değerlendirilebilir. Eskişehir nüfusunun yaş grupları ve cinsiyet yapısı Çizelge 3.3'te özetlenmiştir.

Çizelge 3.3: Eskişehir nüfusunun yaş grupları ve cinsiyet dağılımı

İlçe	Toplam	Erkek	Kadın	Yüzde
'0-14'	80.992	76.998	157.990	18,1
'15-34'	136377	127.225	263.602	30,3
'35-54'	125.858	128.629	254.487	29,2
'55-74'	76.097	82.960	159.057	18,2
'75-90+'	14.788	21.933	36.721	4,2

Eskişehir'da işgücüne katılım oranı %54,8, istihdam oranı %49,7 işsizlik oranı ise %9,4'tür. (Türkiye ortalamaları sırasıyla %52-%46,3 -%10,9). (BEBKA, 2018) TÜİK verilerine göre Türkiye'de 6 yaşın üstündeki nüfusun %3'ü okuma yazma bilmemekte olup 2017 yılı TÜİK verilerine göre Eskişehir'da okuma yazma bilenlerin oranı %99,4'tür. Aynı sene için Eskişehir'da 6 yaş üzeri okuma yazması olmayan kadın ve erkeklerin sayıları neredeyse eşit ve ikisininde oranı binde 3,2'dir. 2017 yılı TÜİK verilerine göre Eskişehir'nın aldığı göç 35.575 kişi iken, verdiği göç 28.111 kişidir. Net göç miktarı 7.453 kişi olurken her bin kişi başına göç eden kişi sayısını ifade eden net göç hızı binde 7,6'dır. (TÜİK, 2019)

Kişi başına gayri safi yurtiçi hasıla 2017 yılında 11.139 dolar olarak gerçekleşmiştir. Eskişehir kişi başına GSYİH sıralamasında 9. sırada yer almaktadır (Şekil 3.6) (TÜİK, 2018). İlde hizmet sektörü en önemli istihdam kaynağı olup, daha sonra sanayi ve tarım sektörü gelmektedir. (BEBKA, 2018)



Şekil 3.6: Eskişehir ili istihdamın sektörlere göre dağılımı,

3.2.5. Tarım ve hayvancılık

1.392.500 hektarlık toplam il alanının %42'sini tarımsal alanlar, %23,8'ini meralar, %29,5'ini ormanlık alanlar ve %5,9'unu da kültür dışı araziler oluşturmaktadır. Arazilerin küçük ve parçalı olması; ildeki tarımsal faaliyetleri, birim alandan daha yüksek gelir elde edilebilecek alanlara yönlendirmiştir. Tarımsal amaçla kullanılan arazilerin 80.401 ha'lık alanda tahıl, 11.062 ha'lık alanda sebze, 4.212 ha'lık alanda meyve, 0,34 ha'lık alanda süs bitkisi yetişmektedir. (eskişehir.tarimorman.gov.tr, 2018)

Hayvancılık da Eskişehir'da gelişimini sürdüren sektörlerden biridir. Özellikle, Eskişehir'nın özel konumundan kaynaklanan tüketim yoğun bölgere yakınlığının da avantajıyla tavukçuluk faaliyetleri giderek artmaktadır. Hayvan varlığının sayıca yaklaşık %79,8'ini oluşturan tavuk sayısı ve yetiştirilen diğer hayvan türlerinin miktarı ile ilgili veriler Çizelge 3.4'te verilmiştir.

Çizelge 3.4: Eskişehir hayvan varlığı, 2018 (TÜİK, 2018)

Hayvan Türü	Sayısı
Sığır Saf+kültür	126.736
Sığır Sağılmayan	6.755
Sığır Yerli	21.842
At	2.518
Katır	128
Eşek	3.216
Koyun Yerli	705.624
Keçi - kıl ve diğerleri	95.108
Tavuk	2.447.500
Köy tavuğu	1.565.271
Hindi	37.147
Ördek	19.409
Domuz	240
Manda	2.518
Toplam	5.031.494

3.2.6. Ormancılık

İl genelinde 410.057 hektar orman alanı bulunmaktadır. Bu alan içerisinde koru ormanları 175.075,5 hektar ve baltalık 13.905,5 hektar olarak dağılmaktadır. Ormanlarının toplam serveti 20.380.647 m^3 ortalama artım 506.807 m^3'tür. 700m

yükselti kuşağından sonra kayın ve meşe topluluklarına iğneli ağaçlar katılmaya başlar. (eskisehirobm.ogm.gov.tr, 2018)

3.2.7. Sanayi

2018 yılı BEBKA verilerine göre, Eskişehir'de toplam 19.632 işyeri bulunmaktadır. Başlıca faaliyet grupları; makine ve imalat, kimya ve plastik ürünler, gıda, metal eşya, orman ürünleri, mobilya ve kağıt sanayi faaliyetleridir. Çizelge 3.5'te sanayi faaliyetleri ve ihracat özetlenmiştir.

Çizelge 3.5: Eskişehir sanayi türüne göre kıyaslama, % (investineskisehir.gov.tr, 2018)

Sanayi Türü	Firma sayısı (%)	Çalışan Sayısı (%)	Ciro (%)	İhracat (%)
Makine ve İmalat	23,1	33,8	52,3	59,6
Kimya ve Plastik Ürünler	12,4	8,7	7,6	18,7
Gıda	11,6	16,5	21,1	4,5
Metal Eşya	11,6	6,9	1,6	2
Orman Ürünleri, Mobilya ve Kağıt	10,2	4,9	1,8	0,1
Diğer İmalat	8,7	4	1,5	0
Madencilik	8	2,9	1,7	1,6
Taş ve Toprağa Dayalı İmalat	7,7	10,8	9,6	10,1
Metal Ana Sanayi	4,5	2,8	0,4	1,4
Tekstil, Hazır Giyim ve Deri	2,3	8,7	2,4	1
Toplam	100	100	100	100

Sektörel çeşitliliğin oldukça yoğun olduğu Eskişehir'de başta makine imalat sanayi olmak üzere, kimya ve plastik ürünler sanayi, gıda sanayi, metal eşya ve metal ana sanayi, madencilik, taş ve toprağa dayalı imalat sanayi gibi birçok sanayi türü Eskişehir ekonomisine katkı sağlamaktadır.

3.2.8. Enerji sektörü

Eskişehir ilinde elektrik enerjisi ihtiyacı ulusal enerji dağıtım sisteminden sağlanmaktadır. Kişi başına elektrik enerjisi tüketimi 3.429 KWh/kişi değeri ile 3.703 KWh/kişi olan Türkiye ortalamasından daha düşüktür.

Eskişehir İli içerisinde faaliyette olan elektrik santralleri toplam kurulu gücü 558 MW'dır. Toplam 17 adet elektrik enerji santrali bulunan Eskişehir'deki elektrik

santralleri yıllık yaklaşık 1.381 GWh elektrik üretimi yapmaktadır. Eskişehir'deki kurulu gücün Türkiye toplam kurulu gücündeki payı %0,69'dur. Buna karşılık elektrik tüketiminde Türkiye tüketiminin %0,54'ü Eskişehir'de gerçekleşmektedir. Elektrik santralleri için üretim kapasiteleri ve bunların yüzdelik payları Çizelge 3.6'da verilmiştir. (enerjiatlasi.com, 2019)

Çizelge 3.6: Eskişehir ili elektrik santrali tipleri

Santral Tipi	Kapasite (MW)	Yüzde
Güneş	9,72	1,7 %
Rüzgar	0,00	0,0 %
Jeotermal	0,0	0,0 %
Biyogaz	2,04	0,4 %
HES	295,20	52,8 %
Doğalgaz	87,95	15,8 %
Kömür	145,00	26,0 %
Diğer	18,2	3,3 %

Yapım aşamasında olan veya üretim lisansı almış RES ve HES'ler mevcut olup bunların toplam kurulu güç kapsiteleri rüzgar için 89 MW, hidroelektrik için 62.61 MW'dir (enerjiatlasi.com, 2019).

3.2.9. Ulaşım

Ülkemizin ulaşım sistemi içinde önemli bir konuma sahip olan Eskişehir, İstanbul'un İç Anadolu ve Ankara'nın Güney Marmara ve Batı Anadolu ile bağlantısını açısından önemli bir durak konumundadır. Ulaşım sağlanamayan köyü bulunmayan Eskişehir'in ana kara yolu bağlantısı İstanbul-Eskişehir-Ankara devlet yolu olup Merkez ilçe ve Sivrihisar bu yol üzerinde yer almaktadır. Eskişehir'deki diğer karayolu bağlantıları bu yoldan ayrılır.

Demiryolları açısından Eskişehir, ülke sisteminde en önemli kavşak noktalarındandır. Ulaştırma Bakanlığı verilerine göre merkezi garlar arasındaki mesafeler Eskişehir-Ankara 264 km. Eskişehir-Haydarpaşa 375 km. Eskişehir-Afyon 162 km.dir. İl içinde ise Devlet Demiryollarının uzunluğu 215 km uzunluğundadır.

1983 yılında yayınlanan 2920 sayılı Türk Sivil Havacılık Kanunu ile Eskişehir Anadolu Havalimanı'na özel sektöre hava taşımacılığı ve havaalanı işletmeciliği yapabilme hakkı verilmiştir. Eskişehir Anadolu Havalimanı'nın Eskişehir Tren Garına

uzaklığı 6,4 km ve Eskişehir otogarına uzaklığı 5,8 km'dir. Eskişehir Anadolu Havalimanı'ndan yolcu sayısının yetersiz olması nedeniyle yurtiçi seferleri kaldırılmıştır. Yalnızca Brüksel-Eskişehir uçak seferi vardır. Eskişehir'e en yakın havaalanı Ankara Esenboğa Havalimanı olup Eskişehir'e uzaklığı 272 km mesafededir (eskisehirkulturturizm.gov.tr, 2019). Ulaşım aktivitelerinin temel göstergelerinden motorlu kara taşıtları sayıları Çizelge 3.7'de verilmiştir. (TÜİK, 2018)

Çizelge 3.7: Eskişehir ili motorlu kara taşıt sayıları, 2018, TÜİK

Taşıt Türü	2016	2017	2018
Otomobil	153.086	162.666	166.734
Minibüs	3.492	3.617	3.720
Otobüs	2.672	2.794	2.679
Kamyonet	41.377	43.889	45.356
Kamyon	10.161	10.402	10.445
Motosiklet	28.065	29.291	30.549
Özel amaçlı taşıtlar	593	638	651
Traktör	22.053	22.902	23.518
Toplam	261.499	276.199	283.652

3.3. Uygulama Sahası Mevcut Durum Veri Analizi

Yaşam Köyü 309.089 m^2 alanı kapsamakta olup 10.570 m^2 yapılı ve 9.354 m^2 şartlandırılmış alana sahiptir. Tepebaşı Belediyesi'ne ait bu alanda 17 adet aynı tasarıma sahip iki katlı bina, toplanda 57 daire ve 560 m^2 lik bir sosyal tesis bulunmaktadır (Şekil 3.7).



Şekil 3.7: Uygulama sahası görüntüsü

Konut olarak tasarlanan binaların bir kısmı, Tepebaşı Belediyesi sahipliğine geçtikten sonra, alzheimer hastaları ve yaşlıların bakım gördüğü binalar olarak hizmet vermeye başlamıştır. Her daire 174 m^2 şartlandırılmış alana sahiptir. Bu alan 3 yatak odası bir salon mutfak, banyo, tuvalet ve kiler gibi alanları barındırır. Bazı binalar alzheimer hastalarının ihtiyaçlarına yönelik şekilde renovasyona uğramıştır. Zemin katlar yemek odası, aktivite odası, dinlenme ve Tv odası gibi ortak alanlar şeklinde kullanılmaktadır. Yatak odaları ve banyolar üst katlarda konumlandırılmıştır. Bazı binalar Alzhemir hastalaraının ihtiyaçlarına uygun şekilde yeniden dizayn edilmiştir. Binalarda klinik ve rehabilitasyon odaları da yer almaktadır. Sağlık merkezi ve yönetim binası sağlık kurumu ve ofis binaları işlevindedir ve diğer binalar gibi konut değil ticari - resmi bina statüsündedir. Bunların dışında engelli vatandaşlar için çeşitli amaçlarla kullanılabilen atölye binası da yaşam köyü içerisinde yer alır. 560 m^2'lik tek katlı rehabilitasyon merkezi binası sosyal aktivitelere, atölye çalışmalarına ve konferanslara ev sahipliği yapmaktadır (Şekil 3.8).



Şekil 3.8: Uygulama sahası yerleşim planı

Aşağıda bina tiplerine göre daire sayısı, kullanım amacı ve yaşayan kişi sayısı Çizelge 3.8'de özetlenmiştir.

Çizelge 3.8: Yaşamköyü binalarının özellikleri

Bina	Daire Sayısı	Kullanım Amacı	Kullanıcı Sayısı
6 Alzheimer bakım binası	20 daire	Konut, alzheimer hastaları bakım merkezi, yönetim ofisleri	96 hasta + 50 personel
6 yaşlı bakım binası	23 daire	Profesyonel yaşlı bakım binaları ve merkez yerleşke mutfağı	96 vatandaş + 20 personel
1 sağlık merkezi	3 daire	Civarda yaşayan 6.000'e yakın nüfusa sahip bölgeye sağlık hizmetleri sağlayan bina	20 yatak kapasitesi + 8 personel
1 Engelli faaliyet atölyesi	4 daire	Engelli vatandaşların atölye çalışmalarıyla sosyal hayata katılıp üretim yaptıkları bina	40 vatandaş + 5 personel
Çocuk merkezi	3 daire	Anaokulu, çocuklar için eğitim binası	50 çocuk + 5 personel
Görme engelliler eğitim merkezi	4 daire	Görme engelli vatandaşlar için eğitim binası	16 vatandaş + 5 personel
Fizyoterapi binası, sosyal tesis	611 m^2	Hasta rehabilitasyon ve fizyoterapi binası ve konferans salonu	20 vatandaş + 5 personel

Bu binaların enerji tüketimiyle ilişkili olarak temel kriterlerden biri olan ısı iletim katsayısı (u değeri) binanın farklı bileşenleri için Çizelge 3.9'da yer aldığı gibidir.

Çizelge 3.9: Yaşamköyü binaları U-değerleri

U değeri [W/(m2K)]	Dış Duvar	Pencereler	Çatı	Zemin	İç Duvar
Mevcut Durum	0,617	3,2	0,356	0,542	0,45
TS-825	0,48	1,8	0,28	0,43	Belirtilmemiş

TS-825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları Standardına göre Eskişehir Türkiye içerisinde 3. bölge içerisinde yer almaktadır ve binalarda gereken en fazla değer olarak kabul edilmesi tavsiye edilen U değerleri de yukarıdaki çizelgede yer almaktadır. TS-825 stadardı ile kabul edilen değerler göz önüne alındığında binalarda enerji verimliliği uygulamaları gerçekleştirmenin elzem olduğu görülmektedir.

Binaların enerji tüketimi ve sebep oldukları CO_2 salımları farklı kullanım alanları için Çizelge 3.10'da özetlenmiştir.

Çizelge 3.10: Yaşamköyü binaları enerji ihtiyacı ve CO_2 salımları

Kullanım Alanları	Enerji İhtiyacı (kWh/m^2yıl)	CO_2e (kgCO_2e/m^2yıl)
Isıtma	130,20	25,83
Soğutma	79,70	15,72
Aydınlatma	35,40	17,45
Evsel sıcak su	11,00	2,18
Diğer (Beyaz eşya, priz vb.)	9,10	4,49
Toplam	265,40	65,67

Elektrik tüketimi ise Çizelge 3.11'deki dağılıma sahiptir.

Çizelge 3.11: Yaşamköyü binaları farklı amaçlara ve aylara göre elektrik tüketimleri (KWh)

Aylar	Soğutma	Aydınlatma	Diğer	Toplam
Oca	-	28.789	10.722	39.510
Şub	-	26.035	9.696	35.732
Mar	-	28.282	10.733	39.016
Nis	15.332	27.483	10.375	53.190
May	33.460	28.515	10.823	72.797
Haz	45.786	26.254	10.448	82.488
Tem	68.242	26.956	10.686	105.884
Ağu	65.272	26.485	10.554	102.311
Eyl	46.850	27.525	10.412	84.787
Eki	18.118	28.341	10.734	57.193
Kas	-	27.643	10.486	38.129
Ara	-	28.770	10.686	39.456
Toplam	293.060	331.077	126.356	750.493

Doğalgaz tüketiminin kullanım amacı ve aylara göre miktarları Çizelge 3.12'deki gibidir.

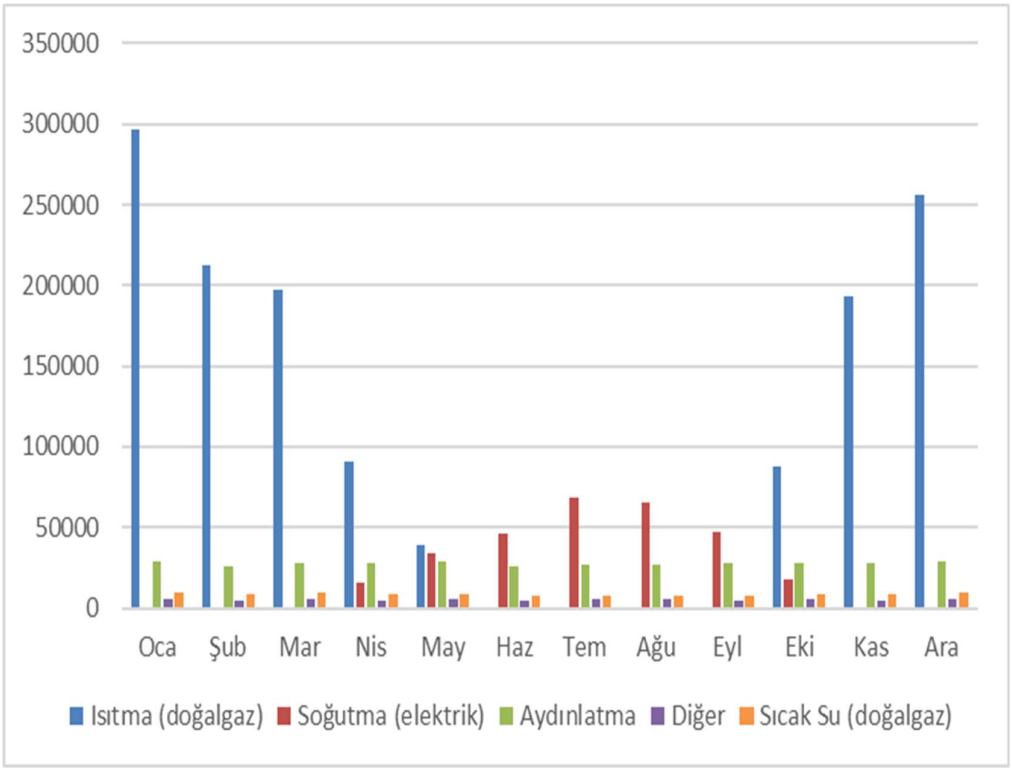
Çizelge 3.12: Yaşamköyü binaları farklı amaçlar ve aylara göre doğalgaz tüketimi (KWh)

Aylar	Isınma	Sıcak Su	Toplam
Oca	296.540	10.812	307.352
Şub	212.024	9.875	221.899

Çizelge 3.12: Yaşamköyü binaları farklı amaçlar ve aylara göre doğalgaz tüketimi (KWh)

Mar	196.904	10.796	207.700
Nis	91.058	10.078	101.136
May	39.025	9.826	48.851
Haz	-	8.927	8.927
Tem	-	8.800	8.800
Ağu	-	8.612	8.612
Eyl	-	8.552	8.552
Eki	87.865	9.259	97.124
Kas	192.809	9.540	202.349
Ara	255.735	10.421	266.156
Toplam	1.371.961	115.497	1.487.458

Aşağıdaki grafikte ise (Şekil 3.9) enerji tüketiminin farklı amaçlara göre aylık dağılımları KWh cinsinden yer almaktadır.



Şekil 3.9: Enerji tüketiminin farklı amaçlara göre aylık dağılımları (KWh)

4. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME

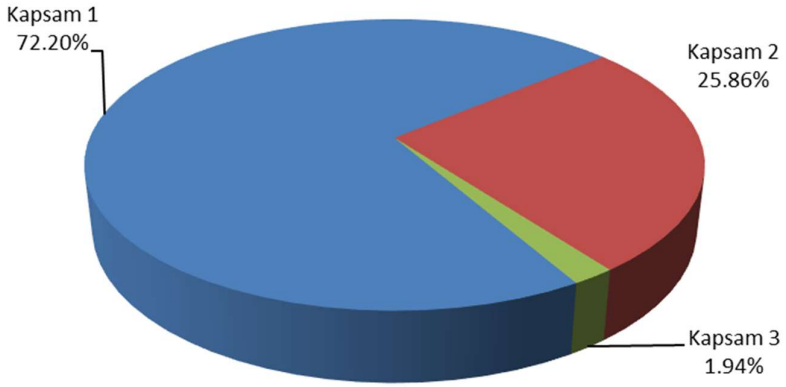
4.1. Eskişehir için Kent Ölçeğinde Sera Gazı Salım Envanteri

Kent ölçeğindeki sera gazı salım envanteri, yerel yönetimin coğrafi yönetim sınırları kapsamında açığa çıkan tüm sera gazlarının salım analizlerini içermektedir.

2018 yılı için Eskişehir kent toplam sera gazı salımı 5.713.936 tCO_2e olarak hesaplanmıştır. Bu miktarın kapsamlara göre detaylı dağılımı aşağıda Çizelge 4.1'de ve Şekil 4.1'de yer almaktadır.

Çizelge 4.1: Kapsamlara göre kent sera gazı salımlarının dağılımı, tCO_2e, 2018

Salımlar	tCO_2e
Kapsam 1	4.125.662
Kapsam 2	1.477.550
Kapsam 3	110.725
Toplam	5.713.936



Şekil 4.1: Kapsamlara göre kent sera gazı salımları yüzdelikleri, 2018

Çizelge 4.2'de yer aldığı gibi, yerel yönetimlerde politika belirlemede kullandıkları yöntemlerde örnek olarak yer alan şekilde alt sektörlere ayrılmak, azaltım seçeneklerini belirlerken alıncak karar süreçlerini büyük ölçüde kolaylaştırmaktadır.

Çizelge 4.2: Eskişehir kent ölçeğinde kapsamlara göre sera gazı envanteri

Kategoriler		tonCO$_2$e				Yüzde
		CO$_2$	CH$_4$	N$_2$O	Toplam	%
Konut					1.063.471	18,61
Kapsam 1	Yakıtlardan kaynaklı	677.830	21.531	3.229	702.589	12,30
Kapsam 2	Elektrik tüketimi	359.761	125	995	360.882	6,32
Ticari					448.129	7,84
Kapsam 1	Yakıtlardan kaynaklı	109.092	41	60	109.193	1,91
Kapsam 2	Elektrik tüketimi	337.884	118	935	338.936	5,93
Endüstriyel					1.919.281	33,59
Kapsam 1	Yakıtlardan kaynaklı	1.156.711	457	3.946	1.081.083	18,92
Kapsam 2	Elektrik tüketimi	775.317	270	2.145	777.732	13,61
Kapsam 1	Proses salımları	60.466	0	0	60.466	1,06
Enerji Üretimi					80.030	1,40
Kapsam 1	Elektrik üretimi	79.956	30	44	80.030	1,40
Ulaşım					1.402.219	24,54
Kapsam 1	Kent araçları yakıt	1.355.482	1.676	20.287	1.377.445	24,11
Kapsam 3	Otogar araçları yakıt	23.391	31	367	23.789	0,42
Kapsam 3	Havaalanı yakıt	976	0	8	984	0,02
Katı Atık					85.951	1,50
Kapsam 1	Metan salımları		85.951		85.951	1,50
Atıksu					105.381	1,84
Kapsam 1	CH$_4$ / N$_2$O salımları		77.256	28.125	105.381	1,84
Tarım, hayvancılık ve arazi kullanımı					609.474	10,67
Kapsam 1	Enterik Fermantasyon		352.909		352.909	6,18
Kapsam 1	Gübre Yönetimi		59.616		59.616	1,04
Kapsam 1	Kimyasal Gübre	196.949	-	-	196.949	3,45
Toplam		4.936.868	600.011	60.141	5.713.936	100

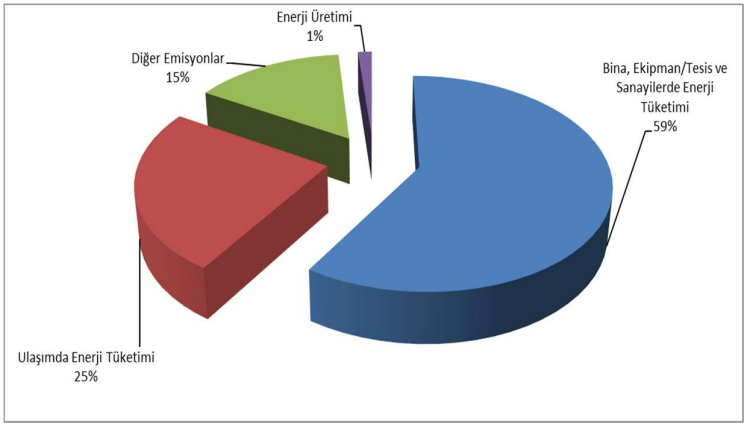
Eskişehir kent envanteri detaylı ele alındığında toplamda %33,59 ile en büyük payın sanayi sektörüne ait proses, yakıt ve elektrik tüketiminden kaynaklandığı gözlenmektedir. Bunu sırayla binalarda yakıt ve elektrik tüketimi (%26,45) ve ulaşımda yakıt tüketimi (%24,54) takip etmektedir. Tarım Hayvancılık faaliyetlerinden kaynaklanan salımlar %10,67, katı atık ve atıksudan kaynaklanan

toplam salım ise %3,34 oranındadır. Elektrik üretimi için tüketilen yakıttan kaynaklı emisyon ise envanterin %1,4'üne karşılık gelmektedir. Kaynaklara göre enerji tüketimi ve sera gazı salımlarının dağılımı Çizelge 4.3'te detaylı şekilde gösterilmiştir.

Çizelge 4.3: Eskişehir kaynaklara göre enerji tüketimi ve sera gazı salımlarının dağılımı

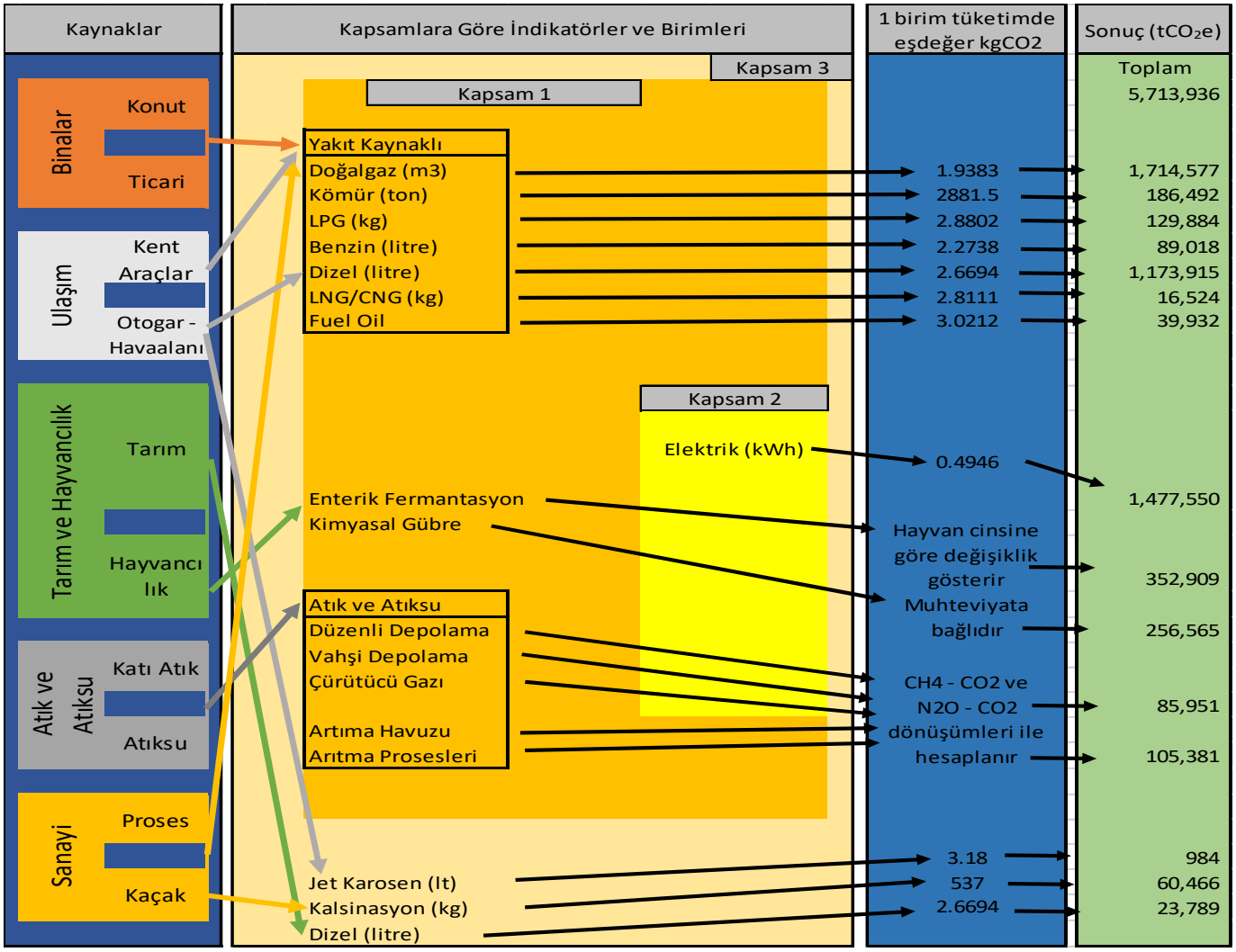
Kaynak	Enerji Tüketimi (MWh)	tCO2e
Konut, tesis ve sanayi binaları	12.174.982	3.370.415
Ticari	1.219.185	448.129
Konut	3.680.528	1.063.471
Sanayi	7.275.269	1.858.814
Ulaşım	5.265.758	1.402.219
Kent araçları	5.174.373	1.377.445
Otogar	87.604	23.789
Havaalanı	3.782	984
Diğer Emisyonlar		861.273
Katı atık		85,951
Atık su		105,381
Endüstriyel prosesler		60.466
Tarım, hayvancılık, arazi		609.474
Enerji üretimi	395.555	80.030
Toplam	17.836.295	5.713.936

Çizelge yer alan salım miktarlarının yüzdesel dağılımı aşağıdaki gibidir (Şekil 4.2).

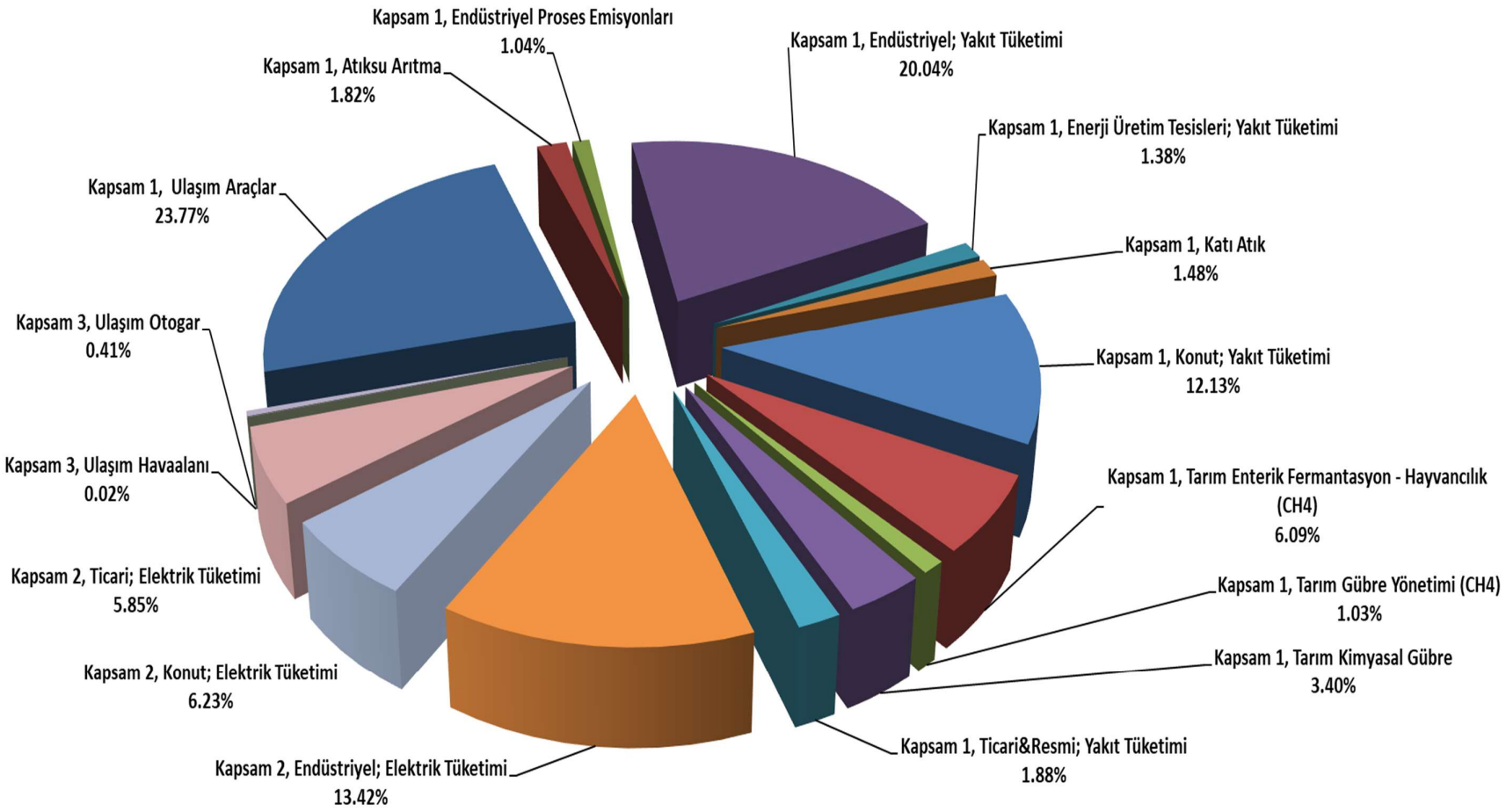


Şekil 4.2: Temel kaynaklara göre sera gazının dağılımı

Sonuçların yöntem kısmında yer alan görsel üzerinde detaylı gösterimi Şekil 4.3'tedir. Tüm kapsam ve kaynaklara göre salımların yüzdesel dağılımı ise aşağıdaki grafikte (Şekil 4.4) verilmektedir.



Şekil 4.3: İndikatörler ile birim tüketim $kgCO_2e$ üzerinden yapılan hesaplama sonuçları



Şekil 4.4: Eskişehir kent ölçeğinde sera gazı envanterinin kaynak ve indikatörlere göre dağılımı %, 2018

4.1.1. Yakıt tüketimlerinden kaynaklı (durağan enerji) sera gazı salımları

Eskişehir envanterinde, konut, ticari ve sanayi sektörleri için yakıtlardan kaynaklanan sera gazı salım miktarları ölçülmektedir. (ICLEI, 2009)

Araştırma sonucuna göre bu sektörlerdeki salımlar, Kapsam 1 - doğrudan tüketilen yakıt ve Kapsam 2 - dolaylı olarak elektrik nedeniyle oluşmaktadır.

Yakıt tüketiminden kaynaklanan yerel yönetim sınırları dâhilindeki doğrudan salımlar: Yerel yönetim sınırlarında kullanılan dağıtım şebekesinden gelen doğalgaz vb. ve kömür, LPG, LNG, fuel oil, vb. diğer yakıtlar kullanılmaktadır ve bu salım kaynakları, **Kapsam 1** sınıfı altına dahil edilmektedir. Yerel yönetim sınırları dahilinde elektrik üretimi ya da merkezi ısıtma veya soğutma (örn; buhar) üretimi amacıyla tüketilen yakıtın ayrıca takip edilmesi ve raporlamaya dahil edilmesi gerekmektedir.

Doğalgaz Tüketimi

Eskişehir ilinde ilk doğalgaz arzı 2001 yılında yapılmıştır. Eskişehir Gaz Dağıtım A.'Ş'nin 2017 yılı sonu itibariyle 271.753 adet abonesi bulunmaktadır. Serbest tüketici sayısı ise 10.579 adettir. Doğalgazın henüz ulaşmadığı bölgelere yapılan yatırımlarla her yıl abone sayısı arttırılmaktadır. Çizelge 4.4'de son 3 yılın tüketim verileri yer almaktadır. (EPDK, 2018)

Çizelge 4.4: Eskişehir ili sınırları içindeki doğalgaz tüketimi, EPDK, 2018

Yıl	Konut	Ticari	Sanayi	Toplam
2016 - m^3	250.444.633	51.276.059	549.489.111	851.209.803
2016 - %	29,42	6,02	64,55	100,0
2016 - tCO_2e	485.426	99.386	1.065.050	1.649.861
2017 - m^3	296.986.347	65.144.104	585.260.685	947.391.136
2017 - %	31,35	6,88	61,78	100,0
2017 - tCO_2e	575.635	126.266	1.134.384	1.836.285
2018 - m^3	254.420.873	54.831.003	575.346.351	884.598.227
2018 - %	28,76	6,20	65,04	100,0
2018 - tCO_2e	493.133	106.277	1.115.168	1.714.577

LPG, Fuel Oil, Kömür, LNG - Diğer Yakıt Tüketimi

Eskişehir toplam LPG tüketimi, "Enerji Piyasası Düzenleme Kurulu"nun yıllık yayınlanan raporunun il bazında tüketimler tablosundan bulunmuştur. Ülkemizin ekonomik alışkanlıklarından yola çıkılarak LPG'nin tüplü olan kısmının konutlarda, dökme olan kısmının ise ticari kurumlarda tüketildiği varsayımı yapılmıştır. LPG tüketimleri ile ilgili veri Çizelge 4.5'te verilmiştir. (EPDK, 2018)

Çizelge 4.5: Eskişehir LPG tüketimi, Sıvılaştırılmış Petrol Gazları Piyasası 2018 Yılı Sektör Raporu, EPDK

2018 - Tür	ton	Enerji Tüketimi, MWh	tCO_2e
Konut (tüp)	5.544	70.243	13.410
Ticari (dökme)	1.624	20.576	1.961
Toplam	7.168	90.819	15.371

Eskişehir fuel-oil tüketimi, yine "Enerji Piyasası Düzenleme Kurulu"nun yıllık yayınlanan raporunun il bazında tüketimler tablosundan bulunmuştur. Tüketimin dağılımındaki veri yetersizliği sebebiyle tüketim miktarı yaygın kullanım alanı olan sanayi altında değerlendirmeye alınmıştır. Çizelge 4.6'da tüketim ve salım verileri yer almaktadır. (EPDK, 2018)

Çizelge 4.6: Eskişehir ili fuel-oil tüketimi, Petrol Piyasası Sektör Raporu, 2018, EPDK

2018 Fuel-Oil Miktar, ton	2018 Enerji Tüketimi, MWh	tCO_2e
12.943	150.006	39.932

Kömür tüketimi konusunda veriye Eskişehir 2017 yılı İl Çevre Durumu Raporundan ulaşılabilmektedir. 60.882 ton Rusya, Güney Afrika, Ukrayna'dan 3.838 tonu yerli olmak üzere toplamda 64.720 ton kömür evsel ısınmada kullanılmıştır. Veriler Çizelge 4.7'deki gibidir.

Çizelge 4.7: Eskişehir ili kömür tüketimi, **(ÇŞB, 2018)**

Kömür	2017 Tüketilen miktar, ton	2017 Enerji Tüketimi, MWh	2017 tCO_2e
İthal	60.882	525.108	177.524
Yerli	3.838	26.674	8.968
Toplam	64.720	551.782	186.492

İl ölçeğinde LNG/CNG tüketimleri ile ilgili veriler EPDK tarafından 2015 yılı itibariyle yayınlamaya başlamıştır. 2018 yılında sanayi sektöründe LNG ve CNG tüketimleri ve eşdeğer CO_2 salımları Çizelge 4.8'de bulunan miktarlarda gerçekleştirilmiştir.

Çizelge 4.8: Eskişehir ili lng/cng tüketimi, Sıvılaştırılmış Petrol Gazları Piyasası 2018 Yılı Sektör Raporu, EPDK

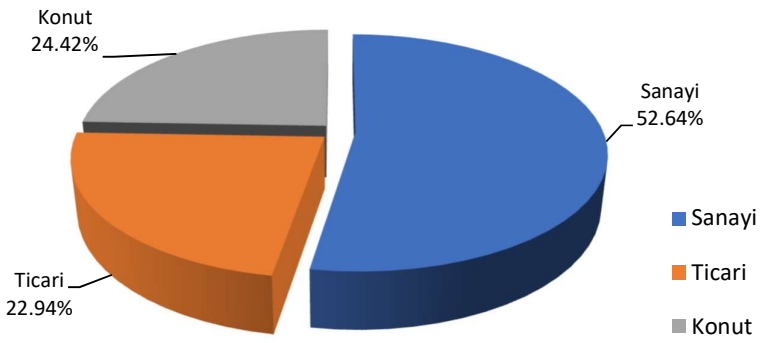
Sanayi	2018 Tüketilen miktar, m^3	2018 Enerji Tüketimi, MWh	2018 tCO_2e
LNG	2.708.000	27.492	366.372
CNG	578.000	5.537	99.419

4.1.2. Elektrik tüketimi ve ısı üretimi kaynaklı salımlar

Yerel yönetimin sınırları dâhilinde dağıtım şebekesi ya da herhangi bir üretim tesisinin sağladığı elektrik ve bunun yanı sıra merkezi ısıtma veya soğutma amacıyla kullanılan salım kaynakları **Kapsam 2** altında değerlendirilir. İl genelindeki elektrik enerjisi tüketim verilerinden hesaplanan salım değerleri (Çizelge 4.9) tüketilen toplam elektrik enerjisi miktarının yaklaşık %52'lik payını oluşturan sanayi sektörünün birinci sırada yer aldığı görülmektedir (Şekil 4.5).

Çizelge 4.9: Eskişehir il sınırları içinde elektrik tüketimi, (EPDK, 2018)

Kaynak	MWh	tCO_2e
Konut	729.648	360.882
Ticaret	685.277	338.936
Sanayi	1.572.456	777.732
Toplam	2.987.381	1.477.550



Şekil 4.5: Elektrik enerjisi tüketimi kaynaklı salımın sektörel dağılımı, 2018

4.1.3. Ulaşım'da yakıt tüketimi kaynaklı salımlar

Eskişehir için, karayolu, arazi, su, demiryolu ve hava taşıtlarında kullanılan yakıtın yanması sonucunda oluşan salım miktarlarını ölçülmüştür.

Taşıtlarda, yakıtın doğrudan kullanımı ya da yakıtın yanmasıyla üretilen elektrik enerjisinin kullanımı sonucunda dolaylı olarak bu kaynaklardaki salım açığa çıkabilir.

Kent Sınırları Dâhilindeki Taşıtlar (Kapsam 1)

Eskişehir ili dahilinde karayolu taşıtlarınca kullanılan enerji, **Kapsam 1** altında hesaplamalara dahil edilmiştir. İl ölçeğinde akaryakıt tüketim verilerine "Enerji Piyasası Düzenleme Kurulu" senelik raporlarının il tablolarından elde edilebilmektedir. Çizelge 4.10'da bu veriler 2018 yılı için yer almaktadır. (EPDK, 2018)

Çizelge 4.10: Eskişehir ili içinde akaryakıt tüketimleri ve salım değerleri

Yakıt Türü	Tüketim	Enerji Tüketimi 2018 (MWh)	tCO_2e
Benzin (litre)	27.964.605	337.858	89.018
Dizel (litre)	378.275.787	4.480.061	1.173.915
LPG Otogaz (ton)	38.465	487.352	114.513
Toplam		**5.471.187**	**1.377.445**

4.1.4. Katı atık

Yerel yönetimler düzeyinde atıktan kaynaklı sera gazı salımları için yaklaşım, ulaşılması ve dikkate alınması gereken veriler ve Eskişehir için bulunarak bu envanterin oluşturulmasında hesaba katılan veri alanları Çizelge 2.5'te detaylı olarak açıklanmıştır.

Buna göre;

- Üretilen atıkların bertaraf yöntemleri,
- Depolanan ya da bertarafı için başka yöntemler kullanılan atık miktarı,
- Atık çeşitlerinin yer aldığı atık kompozisyonu,
- Depolama ve bertaraf tesislerinin yerel yönetim sınırlarında olduğunu anlamak için konumları,
- Depolama tesisi için metan geri kazanım sistemlerinin varlığı, işleyiş detayları, verimliliği ve tesisin geçmiş aktivitesi

gibi veriler envanterde yer alacaktır.

2009 yılında düzenli depolama sahasının işletmeye açılmasıyla birlikte eski vahşi döküm sahaları kapatılmıştır. sera gazı envanter yılında geçmiş senelerde bertaraf edilen atıklardan kaynaklanan önemli miktarda sera gazının etkisi de açığa çıktığından bunlar da hesaplamalara dahil edilmiştir. Çizelge 4.11'de ise Eskişehir'nın atık kompozisyonu detaylı olarak incelenmektedir. (ÇŞB, 2018)

Çizelge 4.11: Eskişehir ili atık kompozisyonu, 2017, il çevre durum raporu

Atık türü	Payı (%)
Mutfak Atıkları	49,21
Kağıt	4,91
Karton	4,05
Hacimli karton	3,73
Plastik	15,47
Cam	4,60
Metal	1,40
Hacimli Metal	0,03
Elektrik Elektronik Atık	0,31
Tehlikeli Atık	0,55
Park ve Bahçe Atıkları	1,24
Diğer yanmayanlar	2,03
Diğer yanabilenler	8,14
Diğer yanabilir hacimli atıklar	2,40
Kül (toz kum taş dahil)	1,93
Toplam	100

Eskişehir katı atık düzenli depolama sahası Mart 2007 tarihinde işletmeye alınmıştır. Tesis İlgili mevzuatlar çerçevesinde çağın gerekliliklerine uygun olarak işletilmekte ve 763.570 kişi ile nüfusun %87,7'sine hizmet vermektedir.

2018 yılı itibarı ile toplamda 1.633.526 kg atık depolanmıştır. Sadece 2018 yılında **291.582 kg** atık depolanmıştır.

Düzenli depolanan atıklar dışında kalan kısım vahşi depolama olarak sınıflandırılan şekilde bertaraf edilmektedir.

4.1.5. Atıksu yönetimi

Eskişehir BB hizmet sınırları dahilinde atık su aktivitelerinden kaynaklı sera gazı salımları, tesis kapasitesi, arıtma proses teknik özellikleri ve hizmet verdikleri yerel yönetim nüfusun ele alınarak yöntem kısmında açıklanmış olan formüller yardımı ile hesaplanmıştır. (UNFCCC, 1994). Atıksu arıtma havuzları prosesleri sonucu ve arıtılmamış atıksu deşarjı ile oluşan CH_4, nitrifikasyon / denistifikasyon olmayan atıksu prosesleri sonucu oluşan N_2O ve arıtılmamış atıksu deşarjı ile oluşan N_2O hesaplanmaktadır. Çizelge 4.12'de Eskişehir nüfusuna hizmet veren atıksu arıtma tesisleri, tesis türü, nitrifikasyon ve denitrifikasyon ve kapasite detaylarıyla yer almaktadır.

Çizelge 4.12: Atıksu arıtma tesisleri (AAT) ve özellikleri (ESKİ, 2018)

Atıksu Arıtma Tesisi	Tesis Türü	Nitrifikasyon / Denitrifikasyon Yöntemi	Kapasite, m^3/gün	Kapasite, nüfus
Merkez AAT	Fiziksel + Biyolojik Arıtma A/O	Uzun Havalandırmalı Aktif Çamur Sistemi	105.000	650.000
Çifteler AAT	Fiziksel Arıtma	-	1.563	9.000
Sivrihisar AAT	Fiziksel Arıtma	-	2.204	12.500

Atıksu ile bağlantılı olarak gerçekleşen salımlar Çizelge 4.13'te detaylı olarak verilmiştir.

Çizelge 4.13: Atıksu kaynaklı salımlar

Cinsi	Salım Kaynağı	t CO2e
Atık su (CO_2)	İyi İşletilen Aktif Çamur Sistemi Proses Salımları	22.388
Atık su (CH_4)	Atık Su Arıtma Havuzları Proses Salımları	53.397
Atık su (CH_4)	Arıtılmamış atık su deşarjı ile oluşan CH4	7.800
Atık su (N_2O)	Proses Salımları Atık Su Arıtma - Nitrifikasyon/Denitrifikasyon	4.686
Atık su (N_2O)	Proses Salımları Atık Su Arıtma - Nitrifikasyon/Denitrifikasyon olmayan	355
Atık su (N_2O)	Proses Salımları Atık Sularının Denize veya akarsuya Deşarjı ile	11.005
Atık su (N_2O)	Proses Salımları Arıtılmamış Atık Su Deşarjı ile Oluşan	5.737
TOPLAM		105.381

4.1.6. Tarım

Yerel yönetim sınırları içinde gerçekleştirilen tarım ve hayvancılık aktiviteleri nedeniyle açığa çıkan metan başta olmak üzere sera gazı salımları **Kapsam 1** altında envantere katılmalıdır. Kentte 2018 yılında 58.097 ton kimyasal gübre tüketildiği bilgisi edinilmiştir. (İl-Tarım&Hayvancılık, 2019) Bu miktarda kimyasal gübre kullanımı neticesinde **196.949 ton CO_2e** salım açığa çıkmaktadır. Bu miktar ise kent toplam salımlarının % 3,4'üne karşılık gelmektedir.

4.1.7. Hayvancılık

Bu başlık altında hesaplamalara enterik fermantasyon ve gübre yönetiminden kaynaklanan metan (CH_4) salımları **Kapsam 1** altında dahil edilmelidir. Eskişehir İl Gıda, Tarım ve Hayvancılık Müdürlüğü'nden alınan 2018 yılına ait Eskişehir ili hayvan varlığı verileri Çizelge 4.14'de yer almaktadır. (İl-Tarım&Hayvancılık, 2019) **352.909 ton CO_2e** hayvancılıktan kaynaklanan enterik fermantasyon kaynaklı sera gazı salımları ve **59.616 ton CO_2e'ne** gübre yönetiminden kaynaklanan metan oluşumunun sera gazı karşılığı olarak bu verilerden yola çıkılarak yapılan hesaplamalarda bulunmuştur.

Çizelge 4.14: Hayvancılık kaynaklı salımlar

Hayvan Cinsi	Sayısı	Enterik fermantasyon (ton CO_2e)	Gübre Yönetimi (ton CO_2e)
Sığır Saf+kültür	126.736	217.035	50.694
Sığır Sağılmayan	21.842	24.026	546
Sığır Yerli	6.755	9.457	2.702
Manda	240	330	12
Koyun (yerli)	705.624	88.203	2.822
Keçi (kıl ve diğer)	95.108	11.889	404
At, Katır, Eşek	5.862	1.969	176
Tavuk	2.447.500		1.101
Köy tavuğu	1.565.271		704
Hindi	37.147		17
Ördek, Kaz	19.409		437
Toplam	32.901.502	352.909	59.616

4.1.8. Arazi kullanım değişikliği ve ormancılık

Eskişehir Orman Genel Müdürlüğü'nün 2016-2017 verilerine göre 208.226 m^2 orman alanı ile il toplam alanının %43'ü oranında orman varlığına sahiptir (ogm.gov.tr, 2019). Eskişehir sınırlarındaki orman alanlarında soğurulan karbon salımları seneden seneye değişmektedir.

Eskişehir ormanlık alanlardaki biyojenik karbon akışının pozitif ve/veya negatif verisi hakkında nitelikli bilgi bulunmaması sebebiyle kesin hesabı mümkün olmamıştır.

Ancak, ülke sera gazı envanterinde yer alan metodoloji kullanılarak yürütülen yaklaşık hesaplamada her yıl 747.667 ton CO_2e yutak alanlarca azaltıldığı tahmin edilmektedir. Çizelge 4.15'de orman varlığı detayları ve artım miktarı yer almaktadır (ogm.gov.tr, 2019).

Çizelge 4.15: Orman alanları, serveti ve yıllık artış, 2017-2018

Verimli	Bozuk	Toplam	İlin Genel Alanı	Orman Alanı (%)	Mevcut m^3	Artım m^3
236.868	173.189	410.057	1.419.998	29	20.380.647	506.807

4.2. Sahada Uygulanan Azaltım Yöntemleri ve Modelleme Çıktıları

Yaşam Köyü'nde uygulaması devam eden enrji verimliliği yatırımları aşağıdaki alt başlıklarda detaylı olarak incelenmiştir. Bu uygulamalarla sahada mevcut durumu daha önce açıklanmış olan binalarda hem enerji tüketimi hem de sera gazı salımları azalacaktır.

Sonuçların tamamı "Design Builder" yazılımı ile bina özelinde modellenmiş ve sonuçlar ortaya koyulmuştur. Uygulama sahasında inşaat faaliyetlerinin tamamlanmasıyla izleme faaliyetleri başlayacak olup bu aşamada modelleme sonuçları ile belirlenmiş olan azaltım miktarları göz önüne alınacaktır.

Sonuçların değerlendirilmesi binalardaki ısı geçirgenlik katsayısı olan U değerlerindeki değişimlerin incelenmesiyle başlatılmıştır. Buna göre binalarda U değerleri uygulamalar sonrasında Çizelge 4.16'da yer alan şekilde değişim gösterecektir. (Remourban, 2016).

Çizelge 4.16: Bina bileşenlerinin U-değeri özeti

U-değeri ($W/(m^2K)$)	Uygulama Öncesi	Uygulama Sonrası
Dış Duvar	0,617	0,204
Çatı	0,356	0,128
Zemin	0,542	0,542
Pencereler	3,2	1,2

Binalarda gerçekleşen uygulamalar pasif ve aktif müdahaleler olarak sınıflandırılabilir.

Pasif müdahaleler

Isı yalıtımı artışı ve ısıl köprülerin ortadan kaldırılması veya azaltılması: Bina kabuğu üzerindeki yalıtım eksikliği ve termal köprüler binaların enerji performansını etkileyen ana konulardır. Enerji performansını istenilen seviyede artırmak için yalıtımda uygun malzeme ve yüksek kalınlıkta uygulama tercih edilmiştir. Bu uygulamanın detayları aşağıda bina kabuğu çözümleri başlığında yer almaktadır.

Mevcut pencerelerin değiştirilmesi: Pencereler, iç ve dış alanlar arasında doğal gün ışığı, havalandırma ve görsel arayüz sağlayan binaların temel bileşenlerinden biridir. Pencere tipleri, binalar için, özelliklerine göre hem olumlu hem de olumsuz olarak enerji verimliliği üzerinde doğrudan bir etkiye sahip olabilir. Çift veya üçlü cam, inert gaz dolgusu veya pencereler için kaplama uygulamaları, pencere verimliliğini artıran ana çözümleri olup bu başlık da bina kabuğu çözümleri başlığında detaylandırılmıştır.

Çatı yalıtımı: Çatı izolasyonunda Cam Yünü kullanılacaktır. Isı iletkenliği ve cam yünün özgül ısısı sırasıyla 0,0035-0,0045 (W/mK) ve 600-840 (J/(kgK) arasındadır. Bu uygulamanın detayları da aşağıda bina kabuğu çözümleri başlığında yer almaktadır.

Aydınlatma sistemlerinin değiştirilmesi: Mevcut aydınlatma sistemi, LED gibi enerji tasarruflu aydınlatma sistemlerine kıyasla çok verimsiz olan kompakt floresan ve akkor ampullerden oluşur. Tüm aydınlatma sistemleri LED ile değiştirilecektir.

Mekanik havalandırma sistemi (HVAC): Kötü izolasyon, hava kaçağı ve uygun havalandırma sistemlerinin olmaması binalarda yüksek enerji kayıplarına neden olmaktadır. Dış yalıtımın uygulanması, cam değişimi ve hava şartlarına karşı koruma,

verimliliği artıracaktır. Bununla birlikte, enerji verimliliğini daha da arttırmak için mekanik ventilasyon uygulaması şarttır. Isı geri kazanımlı havalandırma sistemi, bina kullanıcıları için konforu artırırken ve temiz hava sağlarken önemli ölçüde enerji tasarrufu sağlayabilir. Her bina mekanik olarak havalandırma yoluyla havalandırılacaktır. Bu başlığın detayları mekanik havalandırma ve ısı geri kazanımı başlığı altında yer almaktadır.

Fan Coil Dağıtım Sisteminin Kurulumu: Binalara ısıtma ve soğutma için sıcak ve soğuk su dağıtımı için iki adet boru fan coil sistemi tanımlanmıştır. Fan coil üniteleri, düşük sıcaklıklı bölge ısıtma / soğutma sistemine bağlanabilme ve aynı üniteden hem ısıtma hem de soğutma sağlama, oda termostatı vb. ile kontrol edilmesi kolay olma gibi geleneksel radyatör ve AC ünitelerine göre avantajlara sahiptir.

Aktif Müdahaleler

Fotovoltaik sistemlerin kurulması: "Yaşam Köyü" bölgesi için binaların çatılarına binaya entegre fotovoltaik sistemlerin (BIPV) entegrasyonu planlanmaktadır. Tasarım sırasında sağlanması gereken önemli şart, maksimum miktarda elektrik üretmek için güneş ışığının nüfuzunu herhangi bir fiziksel engel olmadan doğrudan sağlamaktır. "Yaşam Köyü" için, bazı binaların uygun çatılarına fotovoltaik panel entegrasyonunun yapılması planlanmaktadır. Tasarım ekibi farklı panel türlerini değerlendirmekte olup panellerin boyutlarına değerlendirmelerden sonra karar verilecektir. BIPV sistemi için 100 kW üretim potansiyelli fotovoltaik kurulum planlanmaktadır.

Solar termal sistemlerinin kurulumu: Solar termal teknolojisi, güneş enerjisini, kullanım sıcak suyu üretiminde kullanılabilecek termal enerji üretmek için birincil enerji kaynağı olarak kullanır. Fosil yakıtlar yerine güneş enerjisi kullanarak, güneş enerjisi sistemleri sera gazı salımları ve yakıt tüketimini azaltır. Sistem, güneş enerjisi kazanımını optimize etmek için güneye bakan çatıya monte edilmiş güneş enerjisi termal kollektörlerini içerir. Güneş enerjisi sisteminin bir diğer temel bileşeni de sıcak su depolama tankıdır: ısıtma odasındaki tek veya iki ünitei tanklar, ısı eşanjör bobinleri ile birlikte güneş enerjisi kolektörlerine bağlanacaktır. Tanklar ve güneş enerjisi toplayıcıları arasında sirkülatörler ve güneş kontrolörleri bulunacaktır.

Bölgesel ısıtma / soğutma sistemi: Projenin temel amaçlarından biri, yenilenebilir kullanımı sağlayan bölgesel ısıtma ve soğutma sistemine sahip olmaktır. Binadaki tüm

bireysel kazanlar ve AC üniteleri, ısıtma, soğutma ve kullanım suyu sağlamak için bölgesel ısıtma ve soğutma sistemi ile değiştirilecektir.

Fan coil üniteleri ve oda termostatları, bölgesel ısıtma ve soğutma sisteminin genel verimliliğini artırmaya yardımcı olarak daha iyi talep tarafı yönetimi sağlayacaktır.

Tüm bu yatırımlar sonucunda binalarda enerji ihtiyacı ve CO_2 salımları aşağıdaki m^2 bazında Çizelge 4.17'de yer aldığı şekilde değişecektir. (Remourban, 2016)

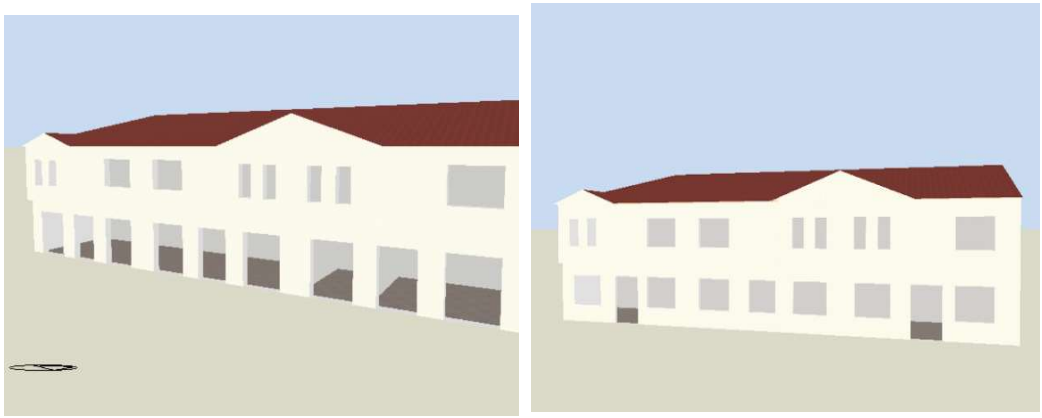
Çizelge 4.17: Yaşamköyü binalarında enerji ihtiyacı ve sera gazı salımları değişimi

	Uygulama Öncesi		Uygulama Sonrası	
	Enerji İhtiyacı ($kWh/m^2yıl$)	CO_2e ($kgCO_2e/m^2yıl$)	Enerji İhtiyacı ($kWh/m^2yıl$)	CO_2e ($kgCO_2e/m^2yıl$)
Isıtma	130,20	25,83	38,50	1,03
Soğutma	79,70	15,72	20,10	2,44
Aydınlatma	35,40	17,45	14,20	7,00
Evsel sıcak su	11,00	2,18	18,00*	0,36
Diğer elektrik (Beyaz eşya, priz vb.)	9,10	4,49	21,10	10,40
Toplam	**265,40**	**65,67**	**111,90**	**21,24**

4.2.1. Bina kabuğu çözümleri

Bina kabuğundaki müdahaleler modellenmiştir. Bunlar dış duvar ve zemin yalıtımı, yarı açık tavan (çatı) yalıtımı ve pencerelerde gelişmiş camlarla değişimdir. Zemin kat özellikleri mevcut binadaki gibi modellenmiştir.

Kış aylarında gereksiz ısı kayıplarını ve yaz aylarında kazanılmaları önlemek için arka cephedeki pencere boyutları azaltılmıştır. Bu değişiklikler Şekil 4.6'te görülebilir.



Şekil 4.6: Binaların "Design Builder" çizimleri

- Dış Cephe Yalıtım
- Çatı Yalıtımı
- Açıklıklarda İyileştirmeler
- Opak Yüzeyler

Dış Cephe Yalıtımı: Mevcut durumdaki binalar, mevcut tuğla duvarlara göre 3 cm XPS yalıtımlıdır. Duvar yapısı ve duvarların iç kısımları olduğu gibi kalacaktır. 3 cm XPS çıkarılacak ve 15 cm Taşyünü yalıtımı ile değiştirilecektir. Bu gelişme, U-Değerini 0,617 W / m^2K'dan 0,204 W / m^2K'ye düşürür. Modele girilen yalıtımlı dış duvarların katmanları Çizelge 4.18'deki gibidir: (Remourban, 2016)

Çizelge 4.18: Yalıtımlı duvarın katmanları

Mevcut Durum			**Uygulama Sonrası**		
	Kalınlık (mm)	**Geçirgenlik (W/m K)**		**Kalınlık (mm)**	**Geçirgenlik (W/m K)**
PVC Kaplama	5	0,17	Çimento Harcı	6	0,35
XPS yalıtım	30	0,035	Taşyünü	150	0,037
Tuğla	190	0,39	Tuğla	190	0,39
Çimento harcı	15	1,60	Çimento harcı	15	1,60
Kireç harcı	5	0,70	Kireç harcı	5	0,70
	Udeğeri	0,617W/m^2K		Udeğeri	0,204W/m^2K

Çatı

Mevcut durumdaki binalar, mevcut en üst tavandan 10 cm taşyünü yalıtımlıdır. 10 cm taşyünü izolasyonu kalacak ve 20 cm taşyünü yalıtım malzemesi eklenecek ve toplam U değeri 0,356 W / m2K'dan 0,119 W/m2K'ye düşecektir.

Modele girilen yalıtımlı yarı açık tavanın katmanları (Çizelge 4.19): (Remourban, 2016)

Çizelge 4.19: Çatının katmanları

Mevcut Durum			**Uygulama Sonrası**		
	Kalınlık (mm)	**Geçirgenlik (W/m K)**		**Kalınlık (mm)**	**Geçirgenlik (W/m K)**
Taşyünü izolasyon	100	0,040	Taşyünü izolasyon	200	0,035
Betonarme döşeme	120	2,5	Taşyünü izolasyon	100	0,040
Kireç harcı	5	0,70	Betonarme döşeme	120	2,5
	Udeğeri	0,356W/m^2K	Kireç harcı	5	0,70
				Udeğeri	0,119W/m^2K

Açıklıklar:

Pencereler

Mevcut pencereler, U-değeri 1,2 W / m^2K olan yüksek performanslı pencerelerle değiştirilecektir.

Güneş ısısı kazanım katsayısı, cama yapılan güneş ısısı kaynaklı soğutma yüklerini azaltmak için 0,75'ten 0,55'e düşürülecektir (Çizelge 4.20).

Çizelge 4.20: Pencere parametreleri

Pencereler	Güneş ısısı kazanım katsayısı	Görünür Işık Geçişi	U-değeri
Mevcut Durum	0,75	0,80	3,022 W/m^2K
Restorasyon Sonrası	0,55	0,80	1,2 W/m^2K

4.2.2. LED aydınlatma

Binalarda iç aydınlatmada kullanılan standart armatürler, LED aydınlatma armatürleri ve ampullerle değiştirilecektir.

Binalarda mevcut aydınlatma tüketimi 331.077 kWh / yıl'dır. Müdahalenin ardından, simülasyonlara göre, beklenen elektrik tüketimi %60'lık bir düşüşle 133.119 kWh / yıl olacaktır.

Uygulama sahasında kurulacak tahmini led aydınlatma sayısı Çizelge 4.21'de görülebilir. **(Remourban, 2016)**

Çizelge 4.21: LED'le değiştirilecek aydınlatma ünitesi sayıları

	Üçlü Bloklar	Dörtü Bloklar	Beşli Bloklar	Toplam
	9 Blok	5 Blok	2 Blok	Toplam
60*60 cm Led Panel	270	220	98	588
30*60 cm Led Panel	198	155	68	421
Led Armatür	108	60	32	200
60 cm (9 W) Led Tüp	9	5	2	16

Bina kabuğu ve aydınlatma çözümlerinin uygulanmasının ardından enerji verimliliği açısından değişimler Çizelge 4.22'de özetlenmiştir.

Çizelge 4.22: Bina kabuğu ve aydınlatma çözümleri sonrasında enerji tüketimleri

	Üçlü Bloklar	Dörtü Bloklar	Beşli Bloklar
Elektrik tüketimi (kWh/m^{2}yıl)	80,2	48,2	31,7
Yıllık elektrik tüketimi	750.493	451.176	299.316
Doğalgaz Tüketimi (kWh/m^{2}yıl)	159,0	137,0	107,8
Yıllık doğalgaz tüketimi	1.487.458	1.281.664	205.794
Toplam	2.237.951	1.732.840	505.110

4.2.3. Mekanik havalandırma, ısı geri kazanım ve ısıtma, havalandırma, ve iklimlendirme (hvac) sistemi

Bina kabuğunun güçlendirilmesiyle, daha iyi termal performans ve binalara daha az hava sızmasının sağlanması beklenmektedir. Bununla birlikte, bu durum nemi artırabilir, havanın kokusuyla birlikte ortamdaki hava kalitesini bozabilir. Bu sorunun temel çözümü uygulama sahasında mevcut durumda kullanıcıların güncel davranışları

olan pencere ve kapıları açmaktır. Proje bu çözüme uygun çözüm olarak sunduğu, ısı geri kazanımlı mekanik bir havalandırma sistemidir. Bu sistemler, binanın tavan arasındaki ısı eşanjör ünitesine giden tavan boşluklarında gizli kanallardan oluşmaktadır. Sistem sıcak havanın içine çekilir ve dışarıdan temiz havanın çekilmesini sağlar. Sıcak hava, özütlenmeden önce ısının geri kazanılması için bir ısı eşanjöründen geçirilir. Soğuk taze dış hava da ısı eşanjöründen geçirilir; Binaya verilmeden önce ısıtılır. Sistemler tipik olarak sürekli olarak %75-80 verimlilik oranıyla çalışır.

Ölçümlere göre 4.000 ppm seviyelerine ulaşabilen iç ortam CO_2 seviyesini uygulanacak mekanik havalandırma ile 800 ppm altında tutmak mümkün olacaktır. Aynı şekilde iç ortam nem seviyesini %40'ı aşmasına engel olacak şekilde sınırlayacaktır.

Isı Geri Kazanımlı Havalandırma sisteminin bir diğer enerji tasarruflu özelliği, binaları ısı geri kazanım sistemi veya soğutma bobini kullanmadan soğutmak için kullanılan dış havadaki serbest soğutmadır. Dış hava sıcaklığı iç hava sıcaklığından daha soğuk olduğunda, taze havayı doğrudan içeri çekmek için sadece fan gücüne ihtiyaç duyulur. Uygulama sahası için uygun havalandırma sistemini belirlemek amacıyla, uygun ekipman özelliklerinin ve kapasitelerinin seçilmesinin temelini oluşturan tüm binalar için taze hava oranları hesaplanmıştır. Bu çalışma sonucunda ekipmanların aşağıdaki ortak özellikleri taşıması gerektiği belirlenmiştir:

- Döner tip ısı geri kazanım sistemi min. % 75 verimlilik
- Serbest soğutma
- Su Isıtma Bobini (60/50 °C)
- Su Soğutma bobini (7/12 °C)
- Ses bastırıcı
- Minimum 50 mm taş yünü yalıtımı
- Fanlar için frekans dönüştürücüler

Binalar mevcut durumda ısıtma için radyatör sistemi ve soğutma için ayrı split klima üniteleri kullanmaktadır. Oda sıcaklığını konfor seviyesine ayarlamak için oda termostatı takılı değildir. Bu, binada sadece sıcaklık açısından bir rahatsızlığa yol açmaz, aynı zamanda çoğu durumda verimsiz kullanımla sonuçlanan enerji tüketimine neden olan bir kullanım profili oluşturur. Başka bir nokta, binanın aslen, binaya entegre bir soğutma sistemi göz önüne alınarak tasarlanmamış olmasıdır. Bireysel split

klima üniteleri, soğutma gereksinimlerini çözmenin en kolay yoludur ancak Türkiye'de bu tür sistemler çoğunlukla mühendislik hesaplamaları yapılmadan boyutlandırılmakta ve standart gereklilikler olmadan kurulmaktadır. Sistemlerin genel maliyetini düşürmek için genellikle ucuz ve düşük verimli ekipman tercih edilir. Projenin ana yatırımlarından biri bölgesel ısıtma ve soğutma olduğundan, tasarım ekibi, ısı pompaları, pelet kazanları ve güneş kollektörleri gibi kaynaklarla çalışacak yüksek verimli düşük sıcaklıklı bir ısıtma ve soğutma sistemi sunmaya karar vermiştir

Mevcut sistemin dezavantajlarından bazıları aşağıda özetlenmiştir;
Radyatör;
• 55/45 °C düşük sıcaklık rejiminde çalışmaz
• soğutmayı desteklemez
• oda termostatlarıyla çalışamaz
Klima Üniteleri;
• Merkezi soğutma sistemine bağlanamaz.
• Yetersiz kalabilir.
• Yüksek bakım gerektirir.
Mevcut sistemin alternatif bir sistemle değiştirilmesi gereksinimine istinaden tasarım ekibi, fan coil üniteleri kullanımını kararlaştrmıştır.

Fan coil üniteleri bir kanatlı tüp bobin, kondensatı toplamak için bobinin altında yalıtımlı bir drenaj tavası, bobinin içinden hava geçiren bir fan, filtreler ve bu bileşenleri barındıracak bir kabin içerir.

Tipik olarak fan coilleri tavanların üzerinde bulunur veya tavan difüzörlerine veya konsol ünitelerini kullanarak pencerelerin altına yerleştirilir. Konsol birimleri bazen havalandırma için duvarın içinden geçirilir.

Fan coil üniteleri nispeten düşük yatırım maliyetlerine sahiptir, düşük sıcaklıkta ısıtma ve yüksek sıcaklıkta soğutma rejimlerinde çalışabilirler ve düşük kapasiteye sahip basit havalandırma üniteleri gerektirir, bu da fan coile diğer bir alternatif olan soğutulmuş ışın sistemine kıyasla daha yüksek enerji verimliliği oranları sağlar.

Uygulama sahasında binalar için yerden tasarruf etmek ve odalarda gereksiz boru çalışması ve olumsuz estetik görünümden kaçınmak için fan coil üniteleri asma tavana monte edilecektir.

Soğutma ve ısıtma talepleri, ısı kayıpları / kazançları, sızma, bina ve odaların doluluk dereceleri, sıcaklıklar vb. esas alınarak hesaplanmaktadır. Aşağıda uygulamada yer alacak fan coil için örnek bir görsel (Şekil 4.7) yer almaktadır:



Şekil 4.7: Fan-coil örneği

HVAC sisteminin uygulanması neticesinde elektrik ve ısıtma talebi tasarrufu aşağıdaki Çizelge 4.23'te özetlenmiştir.

Isıtmayla ilgili enerji tüketiminde (doğal gaz) neredeyse %59 tasarruf vardır. Yeni sistem soğutma enerji tüketimini azaltacak olsa da, sistemin toplam elektrik talebini artıracak elektrik kullanması gerekmektedir. (Remourban, 2016)

Çizelge 4.23: Isıtma ve soğutmadan kaynaklı enerji tüketimi değişimi

	Uygulama Öncesi	Uygulama Sonrası	Tasarruf
Soğutma için yıllık elektrik tüketimi (KWh)	293.060	295.806	-2.746
Sıcak su hariç ısıtma için doğalgaz tüketimi (KWh)	1.371.961	569.364	802.596

4.2.4. Binaya entegre ve park fotovoltaik sistemleri

Projenin teklif aşamasında 50 kW'lik bir bina önü sisteminin uygulanması planlanmıştır. Bununla birlikte, gölgeleme etkisi ve sınırlı alan nedeniyle, planlanan sistem terk edilmiştir. Daha sonra, benzer şekilde PV kurulumunun, aşağıdaki şekilde gösterildiği gibi uygulama sahası binalarının önündeki park alanlarına kurulmasına karar verildi. Garaj çatısının seçimini etkileyen diğer faktörler, estetik görünüm ve araçların hava koşullarından korunmalarıydı. Binaya entegre fotovoltaik sistemler çatı

sistemleri ise 100 kW olup Yaşam Köyü'ndeki konutların çatıları üzerine kurulacaktır (Şekil 4.8).



Şekil 4.8: Fotovoltaik sistemlerin Yaşamköyü'nde görünümü **(Remourban, 2016)**

Bunlar, Türk mevzuatlarının talep ettiği şekilde şebekeye bağlı sistemler olacaktır ve binalara doğrudan tasarruf etkisi olarak hesaplanmayacaktır. Yıllık toplam 210 MWh üretim hedeflenmektedir. Sahadaki yerleşim Şekil 4.9'daki gibi olacaktır.



Şekil 4.9: Yaşamköyü'nün fotovoltaik sistemler ile görünüşü **(Remourban, 2016)**

4.2.5. Bölgesel ısıtma ve evsel sıcak su çözümleri

Bölgesel ısıtma, bir ısıtma tesisi ve sıcak suyla dolu bir boru şebekesinden oluşan bir ısıtma sistemidir. Sıcak su, ısıtma tesisinden kullanıcıya ve tekrar tekrar ısıtma tesisine pompalarla sirküle edilir. Kullanıcı tarafındaki bir ısı eşanjörü, ısıyı bölgesel ısıtma ağından binanın kendi ısıtma ve sıcak su sistemlerine aktarır. Geri dönüş suyu geri dönüş borusundan devam eder ve tekrar ısıtıldığı ısıtma tesisine geri pompalanır.

Besleme suyunun sıcaklığı 65 - 100°C arasındadır ve geri dönüş suyu 25 - 75° C arasındadır. Bölgesel ısıtma sistemi için sıcak su üretmenin en yaygın yöntemleri güneş sistemi, atık ısı, ısı pompası, yanma ve elektrikli kazandır.

Bölgesel ısıtma şebekesi, yakıt seçiminde esnekliği sağlar ve bu da yavaş yavaş yenilenebilir kaynaklara geçmeyi mümkün kılar. Bölgesel ısıtma şebekesindeki su, bir ısıtma tesisinde veya atık yakma, sanayi veya yeraltı tesislerinden kaynaklanan atık ısı vb. ile ısıtılabilir.

Düşük sıcaklıklı bölge ısıtması, aynı zamanda bölgesel ısıtma sistemleri için yeni bir enerji verimli alternatiftir. Projenin amacı, demo bölgelerinde düşük sıcaklıktaki merkezi ısıtmayı değerlendirmek ve tasarlamaktır. Düşük Sıcaklıklı Bölgesel Isıtma (LTDH) sistemi, besleme suyu 50 - 55 °C - 60 - 70 °C ve geri dönüş suyu 25 - 30 °C - 40 °C aralığında çalışabilen bölgesel ısı besleme şebekesi ve elemanları, tüketici bağlantıları ve kurum içi tesisatlar sistemi olarak tanımlanmaktadır. Bu besleme ve dönü ş suyu sıcaklıkları, termal iç mekan konforu ve kullanım sıcak suyu için tüketici taleplerini karşılar. Tasarım ekibi, düşük sıcaklıklı bölge ısıtma sistemini ve aynı zamanda yüksek sıcaklıklı bölge soğutma sistemini demo alanında uygulama amacıyla çalışmıştır. Bölgesel ısıtma ve soğutma sisteminin tüm bileşenleri,

sistemde daha iyi enerji verimliliği seviyelerine ulaşmak için analiz edilmiştir. Bölgesel ısıtma için iki ana bileşen vardır:

Boru Hattı

Isı Merkezi

- Isı geri kazanımlı hava kaynaklı ısı pompası
- Biyokütle pelet
- Soğutma sistemi
- Güneş kollektörleri
- Pompa sistemi

Isıtma, soğutma ve kullanım sıcak suyu için mevcut (mevcut) durumun enerji tüketimi 1.846.541 kWh olarak hesaplanmıştır. Müdahaleler ve yenilenebilir enerji sistemlerinin kullanılmasından sonra, enerji profilinin temel çizgisine kıyasla önemli ölçüde azaldığı tahmin edilmektedir. İlk analizler ısıtma, soğutma ve kullanım sıcak suyu için enerji tüketiminin 811.504 kWh'ye düşürüleceğini göstermektedir. Bu, enerji bakımından %56 azalmaya karşılık gelir. Enerji tüketiminde ölçülebilir kazanımların yanı sıra, bir bölgesel ısıtma sisteminin devreye alınması, başlangıçta kullanılan geleneksel sistemlere göre daha fazla avantaja sahiptir. Hepsinden önemlisi, bölgesel

ısıtma ağı, yakıt seçiminde esnekliği sağlar ve bu da yavaş yavaş yenilenebilir kaynaklara geçmeyi mümkün kılar.

Evsel sıcak su üretimi farklı teknolojilerle sağlanabilir. İlk tercih, solar termal kolektörleri kullanmak olacaktır. Solar kollektör çalışmadığında veya çıktı talebi karşılamak için yeterli değilse, sistem sıcak su üretmek için bir ısı pompası ısı geri kazanım ünitesi kullanabilir. Herhangi bir fazla talep, pelet kazanı tarafından karşılanacaktır. Bu, sistemin atık ısısının geri kazanılmasının yanı sıra yenilenebilir enerjiden yararlanılmasını sağlar.

Isıtma talebi ile ilgili olarak, ısı pompası ve pelet kazanı aynı anda çalışır. Dış hava sıcaklığı uygun olduğunda, ısı pompası sistem için pelet kazanına kıyasla düşük maliyetli bir şekilde ısı üretecektir. Isı pompasının yetersiz kalacağı, pelet kazanı ısıtma için kullanılacaktır. Bu, maliyet etkinliği de dikkate alınarak sistemin optimum şekilde kullanılmasını sağlar. Fiyatlar ve hava şartlarına bağlı olarak farklı çalışma senaryoları oluşturulabilir.

Tüm bu yatırımlar sonucunda uygulamaya geçecek sistemin mevcut sisteme kıyasla enerji tüketimi ve CO_2 salımları açısından tasarrufu Çizelge 4.24'de verilmiştir. (Remourban, 2016)

Çizelge 4.24: Enerji ihtiyacı ve sera gazı salımlarındaki azaltım

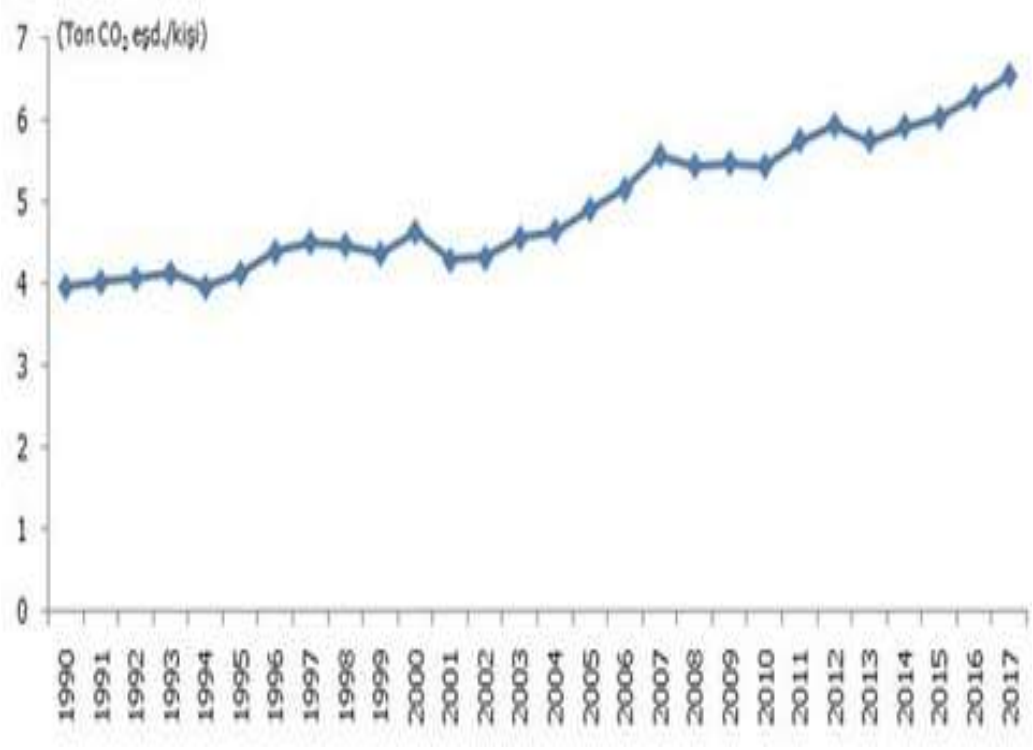
	Uygulama Öncesi		Uygulama Sonrası		Tasarruf	
	Enerji İhtiyacı (kWh/m^{2}yıl)	CO2e (kgCO_2e/m^{2}yıl)	Enerji İhtiyacı (kWh/m^{2}yıl)	CO2e (kgCO_2e/m^{2}yıl)	Enerji İhtiyacı (kWh/m^{2}yıl)	CO2e (kgCO_2e/m^{2}yıl)
Isıtma	130,20	25,83	38,50	1,03	91,7	24,8
Soğutma	79,70	15,72	20,10	2,44	59,6	13,28
Aydınlatma	35,40	17,45	14,20	7,00	21,2	10,45
Evsel sıcak su	11,00	2,18	18,00*	0,36	-7	1,82
Diğer elektrik (Beyaz eşya, priz vb.)	9,10	4,49	21,10	10,40	-12	-5,91
Toplam	**265,40**	**65,67**	**111,90**	**21,24**	**153,5**	**44,43**

*Bölgesel Isıtma Sistemi kayıpları dahil edilmiştir.

Bu çizelgede de görüldüğü üzere bu yatırımlar ile toplamda m^2 başına 153,5 KWh enerji ve 44,43 kgCO_2e tasarruf mümkündür.

4.3. Kişi başına sera gazı salımları ve sektörler bazında kıyaslama

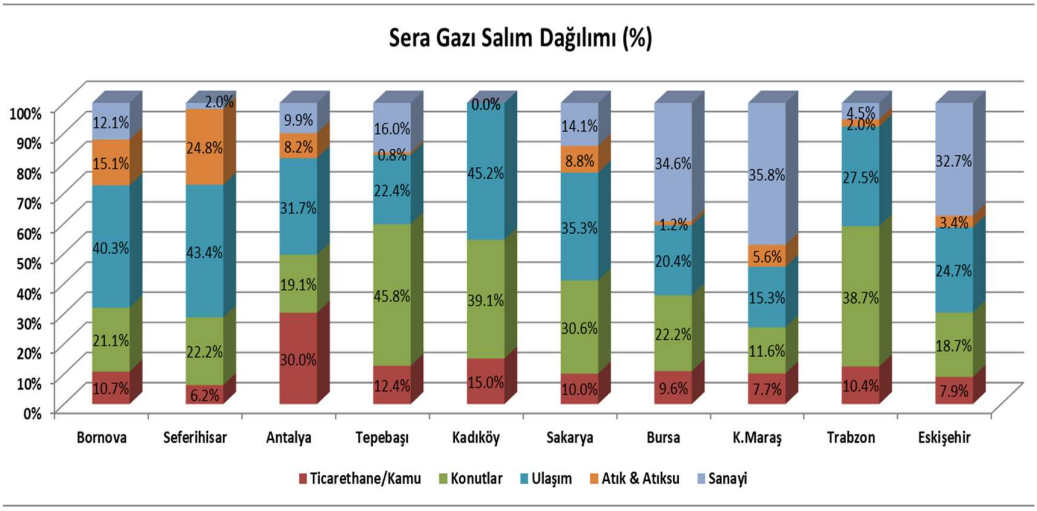
Türkiye'de sera gazı salımları Nisan 2019'da yayınlanan TUİK raporunda 2017 yılı için kişi başına 6,6 ton CO_2e olarak açıklanmıştır.
Yıldan yıla artış gösteren bu değer 1990-2017 yılları için Şekil 4.10'da yer alan şekilde değişim göstermiştir.



Şekil 4.10: Türkiye kişi başına sera gazı salımları değişimi, 1990-2017 (TÜİK, 2019)

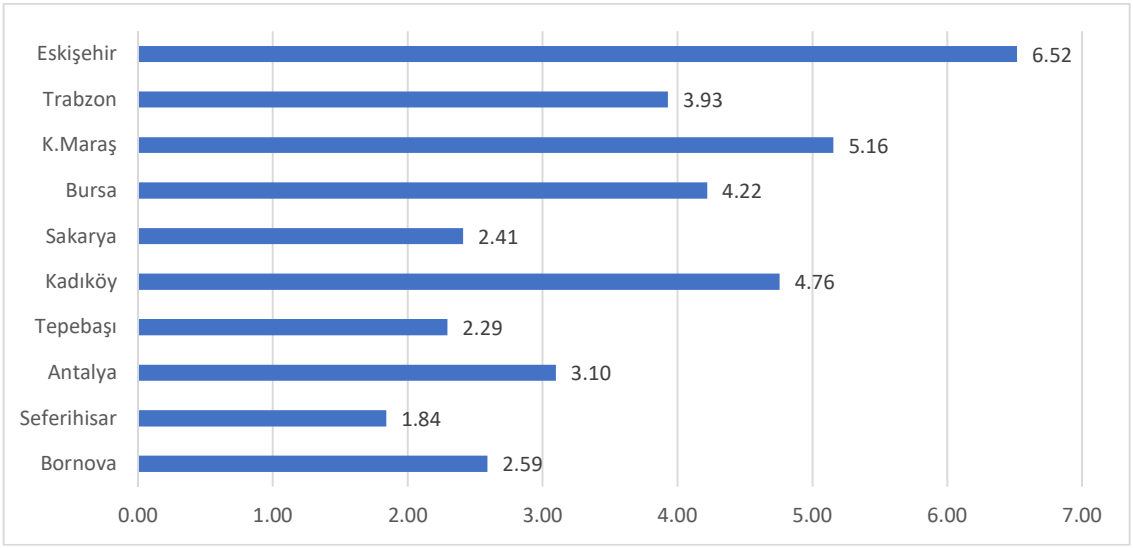
Her ne kadar, ülke politikaları olarak sera gazı salım azaltımı konusunda Türkiye'de mevcut durum başlığı altında anlatıldığı üzere ciddi adımlar atılıyor olsa da, azaltım sürecinin yerel politikalarla desteklenmesi hem sürecin hızlanması hem de toplumda azaltım anlayışının benimsenmesi açısından oldukça kritiktir.

Aşağıda farklı yörelerden farklı aktivitelerin yoğun olduğu bazı bölgelerin sera gazı salımlarının dağılımı grafik olarak gösterilmiştir (Şekil 4.11). Bu grafik içerisinde ilçe belediyeleri yer aldığından tarım ve hayvancılık faaliyetleri anlamlı bir sonuç vermemekte ve bu sebeple gösterim dışarısında bırakılmaktadır.



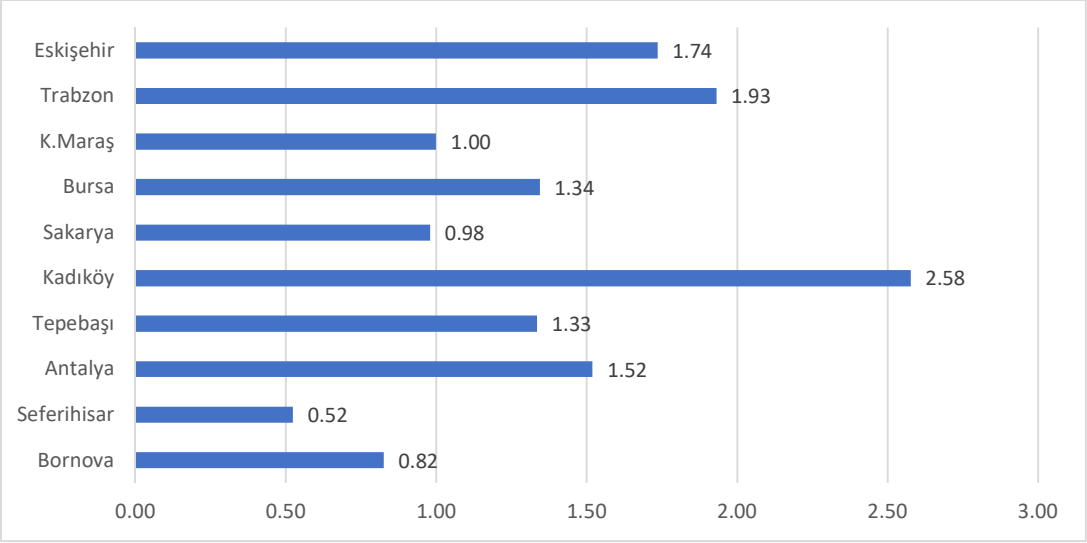
Şekil 4.11: Bazı il ve ilçelerde kaynaklara göre sera gazı salımları dağılımı

Bu grafiğe göre Eskişehir Bursa ve Kahramanmaraş gibi büyükşehirlerle parallelik gösteren bir yapıda olduğu ve sanayinin en yüksek salım kaynağı olduğu, ulaşım ve bina sektörlerinin bunu takip ettiği bir konumdadır. Aşağıda bu il ve ilçeler için kişi başına salım miktarları grafik üzerinde gösterilmiştir (Şekil 4.12).



Şekil 4.12: Bazı il ve ilçelerde kişi başına sera gazı emisyonları

Bu grafikte görüldüğü üzere, Türkiye ortalaması olan 6,6 ton CO_2e seviyesinin bir miktar altında da olsa, benzer bir salım karakteri taşıdığı kentlere kıyasla kişi başına yıllık salımı 6,52 ton CO_2e miktarıyla Eskişehir azaltıma odaklanması gereken bir şehir konumundadır. Binalardan kaynaklı toplam salımın tüm sera gazı salımına oranı Eskişehir'de %26 seviyesindedir. Yalnızca binalardan kaynaklı salımlar incelendiğinde yukarıdaki il ve ilçeler için aşağıdaki grafik oluşmaktadır (Şekil 4.13).



Şekil 4.13: Bazı il ve ilçelerde binalardan kaynaklı kişi başına sera gazı emisyonları

Bu grafik ele alındığında Eskişehir'in binalarda 1,74 ton CO_2e miktarıyla çok yoğun yapı stoğuna sahip Kadıköy ve Karadeniz bölgesinde doğalgaz penetrasyon oranının diğer illere göre nispeten düşük olduğu için salım miktarı yüksek katı yakıt kullanımının hala yaygın olduğu Trabzon haricinde diğer tüm il ve ilçelerden yüksek salım miktarına sahip olduğu gözlemlenmektedir. Bu durum, yetersiz yalıtım, katı yakıt tüketimi, binaların uygun olmayan malzemesi, verimsiz elektrik tüketimi vb. sebeplerden kaynaklanmakta olabilir. Yerel yönetimlerce dramatik değişikliklere sebep olacak müdahalelerin mümkün olmadığı sanayi ve kendiliğinden teknoloji ile gelişen ve azaltıma destek olan ulaşım sektörleri ve yukarıda yer alan sonuçlar göz önüne alındığında Eskişehir'de öncelikli olarak binalarda enerji verimliliği ve salım azaltım uygulamalarının gerekliliği gözler önüne serilmektedir.

4.4. Binalarda uygulama senaryosu ve muhtemel azaltım sonuçları

Yaşam Köyü uygulama sahasında yer alan binalar konut ve ticari bina özelliklerini ayrı ayrı yansıtan yapıdadır. Yukarıda açıklanan binalarda enerji tüketimi ve sera gazı salım azaltımının gerekliliği ve Yaşam Köyü binalarının özellikleri göz önüne alınarak Eskişehir'de belirli bir grup bina seçilmiş ve Yaşam Köyü'ndeki enerji verimliliği uygulamaları bu binalarda da uygulanırsa nasıl bir sonuç elde edileceği hesaplamalarla yansıtılmıştır.

Bu noktada Eskişehir içerisinde bina seçimi önemli bir aşama olup değerlendirme aşamasının ardından 2002 ve 2010 yılları arasında, bu yıllar da dahil olacak şekilde

yeni yapılan ve kömür ile ısınan binalar kent yapı stoğu içerisinden ayrıştırılarak hesaplamalar bu binalar üzerinde yoğunlamıştır. Bu zaman aralığının seçiminde aşağıdaki kriterler göz önüne alınmıştır.

- 2002 öncesi yapılan binalarınn ısınma amaçlı kullandığı teknoloji ve yakıt türü hakkında bilgi edinilememektedir. Yine bu tarih öncesi inşa edilen yapılar kısmen de olsa kentsel dönüşüm kapsamında değişimlere uğramaktadır.
- 2010 sonrası yapılan binalar çoğunlukla 2010'da en son güncel versiyonu yayınlanan binalarda enerji performansı yönetmeliği göz önüne alınarak inşa edildiğinden bu binalarda yapılacak enerji verimliliği uygulamaları azaltım yönünde çok büyük etkiler oluşturmayacaktır.

Çizelge 4.25'te 2002-2010 yılları arasında inşa edilmiş olan ve ısınma ve sıcak su elde etme amacıyla kömür kullanılan binaların konut ve ticari olarak adet ve metrekare büyüklük bilgilerini içermektedir.

Çizelge 4.25: 2002-2010 yılları arasında inşa edilen kömür tüketen binaların sayısı ve alanı (TÜİK, Yapı izin istatistikleri, 2019)

Bina Türü	**2002**	**2003**	**2004**	**2005**	**2006**	**2007**	**2008**	**2009**	**2010**	**Toplam**
Konut-Adet	383	195	142	302	328	267	208	185	152	2.162
Ticari-Adet	37	103	58	307	32	203	12	25	26	803
Konut-m^2	180.876	172.320	113.878	213.017	194.519	199.825	212.485	127.423	85.937	1.500.280
Ticari-m^2	10.916	47.968	72.891	87.511	36.639	85.808	10.573	29.769	27.401	409.476
Toplam	191.792	220.288	186.769	300.528	231.158	285.633	223.058	157.192	113.338	1.909.756

Yine bu binalar özelinde yalıtımın yetersiz, aydınlatma teknolojinin LED öncesi geleneksel aydınlatmalar olduğu varsayımları ile m^2 bazında iyileştirmeler için hesaplamalar yapılmıştır.

Mevcut binaların enerji tüketimleri ve sera gazı salımları aynı iklim ve coğrafyada benzer yerel malzemeler kullanılarak yine bu örnek seçilen bina grubuyla aynı dönemde (2006) inşası yapılan Yaşam Köyü binalarının uygulama öncesi enerji tüketimleri göz önüne alınarak hesaplanmıştır. Buna göre, öncelikle aynı geometri ve

yapıda binaların m^2'de elektrik ve yakıt tüketimlerinin KWh cinsinden tüketim değerleri ve bunun sebep olduğu sera gazı salımları Çizelge 4.26'da verilmiştir.

Çizelge 4.26: 2002-2010 yılları arasında inşa edilen kömür tüketen binaların m^2 başına enerji ihtiyacı ve sera gazı salımları

	Enerji İhtiyacı ($kWh/m^2yıl$)	CO_2e ($kgCO_2e/m^2yıl$)
Isıtma	130,20	53,90
Soğutma	79,70	15,72
Aydınlatma	35,40	17,45
Evsel sıcak su	11,00	4,64
Diğer elektrik (Beyaz eşya, priz vb.)	9,10	4,49
Toplam	**265,40**	**96,2**

Bu çizelge oluşturulurken elektrik tüketimi yönünden bir değişiklik yapılmadan eşit seviyede tüketim varsayılmış ısınma ve evsel sıcak su tüketimleri için doğalgaz yerine kömür salım faktörleri ile hareket edilmiştir.

Buna göre 2002-2010 yılları arasında inşa edilen ve toplam 321.471 yapının %0.92'sini oluşturan bu kömür tüketen binaların yıllık toplam enerji tüketimleri ve sera gazı salımları Çizelge 4.27'de görüldüğü şekliyle ortaya çıkmıştır.

Çizelge 4.27: 2002-2010 yılları arasında inşa edilen kömür tüketen binaların yıllık enerji ihtiyacı ve sera gazı salımları

	Enerji İhtiyacı (MWh/yıl)	CO_2e ($tonCO_2e/yıl$)
Isıtma	248.650,2	102.935,8
Soğutma	152.207,6	30.021,4
Aydınlatma	67.605,4	33.325,2
Evsel sıcak su	21.007,3	8.861,3
Diğer elektrik (Beyaz eşya, priz vb.)	17.378,8	8.574,8
Toplam	506.849,2	183.718,5

Bununla beraber bu binaların toplam kent salım envanteri içerisinde salımların %3.17'sine karşılık gelecek sera gazı salımları olduğu gözlemlenmektedir.

Yaşam Köyü'nde uygulamada olan enerji verimliliği çalışmalarının bu binalar özelinde birebir uygulandığı öngörülürse oluşacak enerji tüketimi ve sera gazı salımındaki değişimler Çizelge 4.28'de özetlenmiştir.

Çizelge 4.28: 2002-2010 yılları arasında inşa edilen kömür tüketen binaların yıllık enerji ihtiyacı ve sera gazı salımlarında elde edilebilecek tasarruf miktarı

	Uygulama Öncesi		Uygulama Sonrası		Tasarruf	
	Enerji İhtiyacı ($kWh/m^2yıl$)	CO_2e ($kgCO_2e/m^2yıl$)	Enerji İhtiyacı ($kWh/m^2yıl$)	CO_2e ($kgCO_2e/m^2yıl$)	Enerji İhtiyacı ($kWh/m^2yıl$)	CO_2e ($kgCO_2e/m^2yıl$)
Isıtma	248.650,2	102.935,8	73.525,6	1.967,0	175.124,6	100.968,8
Soğutma	152.207,6	30.021,4	38.386,1	4.659,8	113.821,5	25.361,6
Aydınlatma	67.605,4	33.325,2	27.118,5	13.368,3	40.486,8	19.957,0
Evsel sıcak su	21.007,3	8.861,3	34.375,6	687,5	-13.368,3	8.173,8
Diğer elektrik (Beyaz eşya, priz vb.)	17.378,8	8.574,8	40.295,9	19.861,5	-22.917,1	-11.286,7
Toplam	506.849,2	183.718,5	213.701,7	40.563,2	293.147,5	143.155,3

Toplamda elde edilecek 143.155,3 ton CO_2e salım azaltımı ile kent yapı stoğunun bu %0,92'lik kesimine yatırımlarla kent envanterinde %2,47 oranında azaltım mümkün olacaktır.

5. ÖNERİLER

Bu tez çalışması kapsamında yapılan araştırmalar ve ulaşılan sonuçlar ışığında aşağıda bazı öneriler sıralanmıştır.

- Envanter hesaplamalarının enerji verimliliği ve sera gazı azaltım çalışmalarında tüm aksiyonların ilk adımı olması gerektiği gözlemlenmiştir. Ölçemediğini azaltamazsın felsefesi de göz önünde bulundurularak bu alanda kentlere yönelik ulusal bir prosedür ve/veya standart hazırlığının gerekliliği görülmektedir.
- Yerel yönetimlerin ulusal yönetimlere göre karar alma ve uygulamada daha hızlı ve yerel sorunların çözümüne yönelik bir hareket kabiliyeti olduğu sonucu uluslararası çalışmalarla desteklenmektedir. Buna istinaden yerel yönetimleri harekete geçirecek eğitim materyallerinin ve teşvik sistemlerinin hayata geçirilmesi sera gazı azaltımı ve iklim değişikliğinin olumsuz etkileriyle mücadele alanlarında önemli adımlar olacaktır.
- Binalarda enerji verimliliği diğer sektörlerle kıyaslandığında Türkiye için öne çıkmaktadır. Gelişmekte olan bir ülke olarak sanayi yatırımlarında ve buna bağlı olarak enerji talebi günden güne artmaktadır. Bu sebeple sanayi kaynaklı sera gazı salımları artışının önüne geçilmesi ulusal ölçekte kolaylıkla kabul görecek ve yaygınlaşabilecek bir pozisyonda değildir. Bir diğer ana sera gazı salım kaynağı sektör olan ulaşım alanında ise teknoloji günden güne gelişmekte ve raylı sistemler, temiz yakıtlar yaygınlaşmaktadır. Bu durum böyle gelmiş böyle gider olarak adlandırılan senaryoda ulaşımdan kaynaklı salımların azalma trendine gireceğini göstermektedir. Binalar ise Türkiye'de yıllardır süre gelen şekilde inşaat sektörünün büyümesiyle beraber sayıları hızla artan ancak kullanılan malzeme ve kullanıcı alışkanlıkları sebebiyle enerji verimliliği konusunda geriden gelen bir sektör halindedir. Bu noktada kentsel dönüşüm ve bina renovasyon çalışmaları önemli fırsatlar olarak ön

plana çıkmakta olup ciddi miktarlarda sera gazı azaltımı bina müdahaleleriyle mümkün görülmektedir.

- Kömürün yakıt olarak tüketiminin önüne geçilmelidir. Sera gazı salımları açısından değerlendirildiğinde kömür diğer yakıt türlerinden çok daha kirli bir yakıttır. Ayrıca kullanılan kömürün kalitesi enerji verimliliği açısından problem yaratmakta olup sera gazları dışında da hava kirliliğine sebebiyet vermektedir.
- Binalar için bölgesel ısıtma gibi büyük çaplı ve maliyetli teknolojiler salım azaltımı konusunda önemli olsa da yalıtım ve pencere gibi açıklıklar için alınacak daha az maliyetli önlemler de enerji verimliliği ve sera gazı salım azaltımında önemli rol oynamaktadır. Bu gibi alanlara yoğunlaşmak ülkemiz için öncelikli kabul edilebilir ve binalarda enerji performansı ile ilgili yayınlanan yönetmeliğe uygun ilerlemeler kaydedilmelidir.
- Tüm enerji verimliliği çalışmalarında önemli bir nokta da bilişim teknolojilerinden faydalanmaktır. Uygulamalar öncesi izleme ile yatırım yapılacak doğru alanlar belirlenecek olup, yatırımlar sonrası yapılacak izleme ise verimliliği değerlendirme ve kullanıcı alışkanlıklarını doğru yönde değiştirme için kritiktir.
- Yerel yönetimler karbon piyasaları hakkında bilgilendirilerek, yapacakları azaltım uygulamaları sonucu oluşan tasarruflarını bu mekanizma aracılığıyla farklı bir değere dönüştürebilir.

KAYNAKLAR

Ardente, F., Beccali, M., Cellura, & Marina, M. (2010). Energy and environmental benefits in public buildings as a result of retrofit actions. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 460-470.

Ashrafiana, T., Yilmaz, A. Z., Corgnati, S. P., & Nazanin, M. (2016). Methodology to define cost-optimal level of architectural measures for energy efficient retrofits of existing detached residential buildings in Turkey. *Energy and Buildings*, 58-77.

BEBKA. (2018). *Eskişehir ili yatırım destek ve tanıtım stratejisi (2018-2023).* https://www.bebka.org.tr/admin/datas/yayins/184/bebka-esyatirimdestek_1527055116.pdf adresinden alındı

Becchio, C., Corgnati, S., Delmastro, C., Fabi, V., & Lombardi, P. (2016). The role of nearly-zero energy buildings in the transition towards Post-Carbon Cities. *Sustainable Cities and Society*, 324-337.

Caputo, P., & Pasetti, G. (2015). Overcoming the inertia of building energy retrofit at municipal level:The Italian challenge. *Sustainable Cities and Society*, 120-134.

Chen, Y., Hong, T., & Piette, M. A. (2017). Automatic generation and simulation of urban building energy models based on city datasets for city-scale building retrofit analysis. *Applied Energy*, 323-335.

CSB (The Ministry of Environment and Urbanization). (2011). *National climate change action plan 2011–2023.* Ankara: General directorate of environmental management, climate change department, policy and strategy development division.

ÇŞB. (2010). *Türkiye İklim Değişikliği Stratejisi 2010-2023.* Ankara: Çevre ve Şehircilik Bakanlığı.

ÇŞB. (2016). *Türkiye'nin İklim Değişikliği Uyum Stratejisi ve Eylem Planı.* Ankara: Çevre ve Şehircilik Bakanlığı.

ÇŞB. (2018). *Eskişehir ili çevre durum raporu.* Eskişehir: Çevre ve Şehircilik Bakanlığı.

Dilara, S., & Koc, G. (2016). Assessment of residential building performances for the different climate zones of Turkey in terms of life cycle energy and cost efficiency. Energy and Buildings pp. 362–376. https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2015. *Energy and Buildings, 110*, 362-376. doi:https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2015.

ECSSD. (2010). *Tapping the Potential for Energy Savings in Turkey.* World Bank.

enerjiatlasi.com. (2019). https://www.enerjiatlasi.com/sehir/eskisehir/ adresinden alındı

EPDK. (2017). *Elektrik Piyasası Piyasa Gelişim Raporu.* T.C. Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu.

EPDK. (2018). *Doğal Gaz Piyasası Aylık Sektör Raporu Listesi.* https://www.epdk.org.tr/Detay/Icerik/3-0-95-1007/dogal-gazaylik-sektor-raporu adresinden alındı

EPDK. (2018). *Elektrik Piyasası Aylık Sektör Raporu Listesi.* https://www.epdk.org.tr/Detay/Icerik/3-0-23-3/elektrikaylik-sektor-raporlar adresinden alındı

EPDK. (2018). *LPG Piyasası Aylık Sektör Raporu Listesi.* https://www.epdk.org.tr/Detay/Icerik/3-0-105/aylik-sektor-raporu adresinden alındı

EPDK. (2018). *Petrol Piyasası Aylık Sektör Raporu Listesi.* https://www.epdk.org.tr/Detay/Icerik/3-0-104-1008/petrolaylik-sektor-raporu adresinden alındı

ESKİ. (2018). *ESKİ Faaliyet Raporları.* http://www.eskisehir-eski.gov.tr/strateji.php?sayfa=Faaliyet-Raporlari adresinden alındı

Huanga, W., Li, F., Cui, S.-h., Huang, L., & Lin, J.-y. (2017). Carbon Footprint and Carbon Emission Reduction of Urban Buildings: A Case in Xiamen City, China. *Urban Transitions Conference*, (s. 1007-1017). Shangai.

ICLEI. (2009). *International Local Government GHG Emissions Analysis Protocol (IEAP).* International Council for Local Environmental Initiatives.

IKI, & BMUB. (2015). *Sera Gazı Emiyonlarının İzlenmesi, Raporlanması ve Doğrulanması Konusunda Kapasite Geliştirme Projesi.* Çevre ve Şehircilik Bakanlığı.

IPCC. (2018). *Sixth assessment report - summary for policymakers.* ipcc.ch: https://www.ipcc.ch/report/sixth-assessment-report-cycle/ adresinden alındı

KadıköyBelediyesi. (2018). *İklim Adaptasyon Eylem Planı.* İstanbul: Kadıköy Belediyesi.

Keskin, T., & Ünlü, H. (2010). *Türkiye'de Enerji Verimliliğinin Durumu ve Yerel Yönetimlerin Rolü.*

Luca, G. D., Fabozzi, S., Massarotti, N., & Vanoli, L. (2017). A renewable energy system for a nearly zero greenhouse city: Case study of a small city in southern Italy. *Energy*, 347-362.

Remourban. (2016). *Technical Definition Report.* remourban.eu: http://www.remourban.eu/technical-insights/deliverables/urban-regeneration-model.kl adresinden alındı

Sówka, I., & Bezyk, Y. (2017). Greenhouse gas emission accounting at urban level: A case study of the city. *Atmospheric Pollution Research*, 289-298.

TEİAŞ. (2018). *Türkiye Elektrik Enerjisi Üretiminin Birincil Enerji Kaynaklarına ve Üretici Kuruluşlara Dağılımı (2017).* https://www.teias.gov.tr/tr/iii-elektrik-enerjisi-uretimi-tuketimi-kayiplar-0 adresinden alındı

UNFCCC. (1994). *United Nations Framework Convention on Climate Change.* unfccc.int: https://unfccc.int/documents adresinden alındı

WB. (2011). *Guide to Climate Change Adaptation in Cities.* worlbank.org: http://siteresources.worldbank.org/INTURBANDEVELOPMENT/Resources/336387-1318995974398/GuideClimChangeAdaptCities.pdf adresinden alındı

Wei, Z., Xu, W., Wang, D., Li, L., Niu, L., Wang, W., Song, Y. (2018). A study of city-level building energy efficiency benchmarking system for China. *Energy & Buildings*, 1-14.

WRI. (2014). *Global Protocol for Community-Scale Greenhouse Gas Emission Inventories - An Accounting and Reporting Standard for Cities.* Washington, DC: World Resource Institute.

Wyrwa, A. (2019). City-level energy planning aimed at emission reduction in residential sector with the use of decision support model and geodata. *Earth and Environmental Science*.

Yuming, L., & Weijia, G. (2013). Effects of energy conservation and emission reduction on energy efficiency retrofit for existing residence: A case from China. *Energy and Buildings*, 61-72.

Zeydan, Ö. (2008). *Zonguldak bölgesi sera gazı emisyon miktarlarının belirlenmesi.* Zonguldak: Zonguldak Karaelmas Üniversitesi.

Url-1 <*https://www.bebka.org.tr/admin/datas/yayins/bolgeplani2014_2023web.pdf*> erişim tarihi 29.12.2018

Url-2 <*https://tr.climate-data.org/asya/tuerkiye/eskisehir/eskisehir-188/*> erişim tarihi 30.03.2019

Url-3 <*https://ec.europa.eu/clima/news/cop23-cities-and-local-governments-climate-action_en*> erişim tarihi 12.11.2018

Url-4 <*https://www.gov.uk/government/publications/greenhouse-gas-reporting-conversion-factors-2018*> erişim tarihi 26.01.2019

Url-5 <*http://www.eskisehirkulturturizm.gov.tr/yazdir?97AB0F64C220C5CCA44453A00D9DA0CFE*> erişim tarihi 30.04.2018

Url-6 <*https://eskisehir.tarimorman.gov.tr/Belgeler/2017_Faaliyet_Raporu/2015%20Y%C4%B1l%C4%B1%20%C3%87al%C4%B1%C5%9Fma%20Raporu.pdf* > erişim tarihi: 17.09.2018

Url-7 <*http://www.eskisehirkulturturizm.gov.tr/TR-111594/ulasim.html*> erişim tarihi 05.11.2018

Url-8 <*http://www.investineskisehir.gov.tr/wp-content/uploads/2017/07/EsYatirimOrtamiBSK.pdf*> erişim tarihi 07.06.2018

Url-9 <*https://mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceleristatistik.aspx?m=ESKISEHIR*> erişim tarihi 13.03.2019

Url-10 <*http://www.mta.gov.tr/v3.0/sayfalar/bilgi-merkezi/maden_potansiyel_2010/Eskisehir_Madenler.pdf*> erişim tarihi 17.10.2018

Url-11 <*https://www.ogm.gov.tr/Sayfalar/Ormanlarimiz/Illere-Gore-Orman-Varligi.aspx*> erişim tarihi 22.04.2019

Url-12 <*https://www.ogm.gov.tr/ekutuphane/Yayinlar/T%C3%B%Crkiye%20Orman%20Varl%C4%B1%C4%9F%C4%B1-2016-2017.pdf*> erişim tarihi 22.04.2019

Url-13 <*http://www.tuik.gov.tr/Pre_Haber_Bultenleri.do_?id=24588*> erişim tarihi 02.05.2019

Url-14 <*https://biruni.tuik.gov.tr/ilgosterge/?locale=tr*> erişim tarihi 26.04.2019

Url-15 <*https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?kn=95&locale=tr*> erişim tarihi 01.05.2019

Url-16 <*http://www.tuik.gov.tr/PreHaberBultenleri.do?id=30627*> erişim tarihi 11.04.2019

Url-17 <*https://biruni.tuik.gov.tr/yapiizin/giris.zul*> erişim tarihi 11.04.2019

Url-18 <*https://www.worldgbc.org/sites/default/files/UNEP_%20188_GABC_en%20%28web%29.pdf*> erişim tarihi 22.09.2018

ÖZGEÇMİŞ

Ad Soyad : Kaan Emir

E-posta : kaan.emir.92@gmail.com

ÖĞRENİM DURUMU:

- **Lisans :** 2015, İstanbul Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi, Çevre Mühendisliği

MESLEKİ DENEYİM VE ÖDÜLLER:

- 2015 - 2016 yılları arasında İstanbul Teknik Üniversitesi Çevre Mühendisliği Laboratuvarları'nda hava kirliliği üzerine çalıştı.
- 2016'dan bu yana Demir Enerji'de çalışıyor.