

T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK KAPSAMINDA
KARBON AYAK İZİ ÇALIŞMALARININ BİBLİYOMETRİK
ANALİZİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Rukiye Sefanur ALTAY

Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı

ŞUBAT 2025

T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK KAPSAMINDA
KARBON AYAK İZİ ÇALIŞMALARININ BİBLİYOMETRİK
ANALİZİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Rukiye Sefanur ALTAY

Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Asude ATEŞ

Ortak Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Hülya DEMİREL

ŞUBAT 2025

Rukiye Sefanur ALTAY tarafından hazırlanan “SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK KAPSAMINDA KARBON AYAK İZİ ÇALIŞMALARININ BİBLİYOMETRİK ANALİZİ” adlı tez çalışması 24.02.2025 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı’nda Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Tez Jürisi

Jüri Başkanı:	Prof.Dr.Ömer Hulusi DEDE Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi	
Jüri Üyesi:	Prof. Dr. Asude ATEŞ Sakarya Üniversitesi	
Jüri Üyesi:	Doç.Dr. Rabia KÖKLÜ Sakarya Üniversitesi	



ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ

Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Lisansüstü Eğitim-Öğretim Yönetmeliğine ve Yükseköğretim Kurumları Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiği Yönergesine uygun olarak hazırlamış olduğum “SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK KAPSAMINDA KARBON AYAK İZİ ÇALIŞMALARININ BİBLİYOMETRİK ANALİZİ” başlıklı tezin bana ait, özgün bir çalışma olduğunu; çalışmamın tüm aşamalarında yukarıda belirtilen yönetmelik ve yönergeye uygun davrandığımı, tezin içerdiği yenilik ve sonuçları başka bir yerden almadığımı, tezde kullandığım eserleri usulüne göre kaynak olarak gösterdiğimi, bu tezi başka bir bilim kuruluna akademik amaç ve unvan almak amacıyla vermediğimi ve 20.04.2016 tarihli Resmi Gazete’de yayımlanan Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliğinin 9/2 ve 22/2 maddeleri gereğince Sakarya Üniversitesi’nin abonesi olduğu intihal yazılım programı kullanılarak Enstitü tarafından belirlenmiş ölçütlere uygun rapor alındığını, çalışmamla ilgili yaptığım bu beyana aykırı bir durumun ortaya çıkması halinde doğabilecek her türlü hukuki sorumluluğu kabul ettiğimi beyan ederim.

(24/02/2025).

(imza)

Rukiye Sefanur ALTAY





Anneme ve Babama...



TEŞEKKÜR

Çalışmamın her aşamasında bilgi ve deneyimleriyle bana destek olan danışman hocalarım Prof. Dr. Asude ATEŞ'e ve Dr. Öğr. Üyesi Hülya DEMİREL'e saygı ve teşekkürlerimi sunuyorum.

Bütün eğitim hayatım boyunca yanımda olan ailem özellikle anneme ve babama sonsuz teşekkürlerimi ve sevgimi iletiyorum.

Rukiye Sefanur ALTAY



İÇİNDEKİLER

Sayfa

ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ.....	v
TEŞEKKÜR	ix
İÇİNDEKİLER	xi
KISALTMALAR.....	xiii
SİMGELER	xv
TABLO LİSTESİ	xvii
ŞEKİL LİSTESİ	xix
ÖZET.....	xxi
SUMMARY.....	xxiii
1. GİRİŞ	1
2. GENEL KAVRAMLAR.....	3
2.1. Kavramlar	3
2.1.1. İklim değişikliği	3
2.1.1.1. İklim değişikliğine yol açan doğal olan nedenler	4
2.1.1.2. İklim değişikliğine yol açan doğal olmayan nedenler.....	4
2.1.1.3. İklim değişikliği sebebiyle meydana gelen etkiler.....	4
2.1.2. Sürdürülebilirlik kavramı	5
2.1.2.1. Çevresel sürdürülebilirlik.....	6
2.1.3. Ayak izi kavramı	6
2.1.3.1. Ekolojik ayak izi/ çevresel ayak izi.....	7
2.1.3.2. Su ayak izi	8
2.1.3.3. Karbon ayak izi	9
2.1.4. Sera gazları.....	11
2.1.4.1. Karbondioksit.....	12
2.1.4.2. Su buharı	12
2.1.4.3. Ozon	12
2.1.4.4. Kloroflorokarbon (CFC)	13
2.1.4.5. Metan (CH ₄)	13
2.1.4.6. Azot oksitler (NO _x)	13
2.2. Yasal Mevzuatlar	13
2.2.1. Stockholm konferansı (insan çevresi konferansı)	14
2.2.2. Hükümetler Arası İklim Değişikliği Paneli (IPCC)	14
2.2.3. II. Dünya çevre zirvesi: birleşmiş milletler çevre ve kalkınma konferansı (UNCED).....	14
2.3. Uluslararası Sözleşmeler	15
2.3.1. İklim değişikliği sözleşmesi (UNFCCC-BMİDÇS)	15
2.3.2. Kyoto protokolü	15
2.3.3. Paris anlaşması.....	16
2.3.4. Avrupa yeşil mutabakatı (Green Deal).....	16
2.3.4.1. Avrupa yeşil mutabakatının kullanıldığı sektörler	18
2.4. Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri.....	18

2.5. Bibliyometri.....	21
2.5.1. Bibliyometri çeşitleri.....	22
2.5.2. Bibliyometrik araştırmanın amacı.....	22
2.5.3. Bibliyometrik analizlerde kullanılan veri tabanları.....	22
2.6. Araştırma Makalelerinin Yayınlandığı Dergilerin Q Değerleri ve Etki Faktörleri	23
2.7. Literatür Araştırması.....	23
3. MATERYAL METOD.....	29
3.1. Verilerin Toplanması.....	29
4. ANALİZ BULGULARI	31
4.1. Sürdürülebilirlik Konulu Yayınların İncelemesi.....	32
4.1.1. Çevresel sürdürülebilirlik konulu yayınların incelemesi	34
4.2. Ayak İzi Konulu Makalelerin İncelemesi	35
4.2.1. Karbon ayak izi konulu makalelerin yıllara göre analizi	37
4.2.2. Karbon ayak izi konulu makalelerin Q değerlerinin analizi	38
4.2.3. Karbon ayak izi konulu makalelerin ülkelere göre dağılımı	39
4.2.4. Karbon ayak izi konulu makalelerin anahtar kelime analizi	40
4.2.5. Karbon ayak izi konulu makalelerin yayın kuruluşlarının analizi	42
4.2.6. Karbon ayak izi konulu makalelerin sürdürülebilir kalkınma hedefleri kapsamında incelenmesi	44
5. TARTIŞMA VE SONUÇ.....	53
KAYNAKLAR	55
ÖZGEÇMİŞ	59

KISALTMALAR

AB	: Avrupa Birliği
ABD	: Amerika Birleşik Devletleri
BF	: Biyoçeşitlilik Ayak İzi
BM	: Birleşmiş Milletler
BMİÇDS	: Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi
CCUS	: Karbon Yakalama, Kullanma ve Depolama
CF	: Karbon Ayak İzi
CFC	: KloroFloroKarbon
EF	: Enerji Ayak İzi
EMF	: Emisyon Ayak İzi
ESCI	: Emerging Sources Citation Index
LF	: Arazi Ayak İzi:
NF	: Nitrojen Ayak İzi
NOX	: Azot Oksitler
OECD	: Ekonomik İşbirliği Ve Kalkınma Örgütü
PFC	: PerfloraKarbonlar
SCI	: Science Citation Index
SSCI	: Science Citation Index Expanded
UNCED	: Birleşmiş Milletler Çevre Ve Kalkınma Konferansı
UV-A	: Ultraviyole A
UVB	: Ultraviyole V
UVC	: Ultraviyole C
WF	: Su Ayak İzi



SİMGELER

CH₄	: Metan
CO₂	: Karbondioksit
N₂O	: Azotdioksit
NF₃	: Nitrojen Triflorür
SF₆	: KükürtHeksaflorür





TABLO LİSTESİ

Sayfa

Tablo 4.1. Karbon ayak izi çalışmaların yıllara göre dağılımı.	37
Tablo 4.2. Karbon ayak izi konulu makalelerin Q değerleri tablosu.	38
Tablo 4.3. Karbon ayak izi konulu makalelerin sürdürülebilir kalkınma hedefleri bağlamında dağılımı tablosu.	44
Tablo 4.4. Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri Doğrultusunda Yapılan Çalışmaların Ülke Dağılım Tablosu.	47



ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1. Ayak izi şeması.....	7
Şekil 2.2. Su ayak izi şeması.....	8
Şekil 2.3. Karbon ayak izi şeması.....	9
Şekil 2.4. Sera gazı etkisinin oluşum şeması.....	12
Şekil 2.5. Sürdürülebilir kalkınma adına uluslararası platformda atılan adımlar	14
Şekil 2.6. Avrupa yeşil mutabakatı şeması	17
Şekil 2.7. Sürdürülebilir kalkınma hedefleri.....	19
Şekil 4.1. Genelden özele kavram şeması.....	31
Şekil4.2. Sürdürülebilirlik konulu yayınlanmış makalelerin anahtar kelimelerinin bibliyometrik ağ analizi.....	32
Şekil4.3. Sürdürülebilirlik konulu yayınlanmış makalelerin ülkeler arası bibliyometrik ağ analizi.....	33
Şekil 4.4. Sürdürülebilirlik konulu yayınların ülkelere göre dağılımı.....	33
Şekil4.5. Çevresel sürdürülebilirlik konulu yayınlanmış makalelerin ülkelerinin bibliyometrik ağ analizi.....	34
Şekil4.6. Çevresel sürdürülebilirlik konulu makalelerde kullanılan anahtar kelimelerin bibliyometrik ağ analizi.....	35
Şekil4.7. Ayak izi konulu yayınlanmış makalelerin ülkelerinin bibliyometrik ağ analizi.....	36
Şekil 4.8. Ayak izi konulu makalelerde kullanılan anahtar kelimelerin bibliyometrik ağ analizi.....	36
Şekil 4.9. Karbon ayak izi konulu yayınların yıllara göre dağılımı.....	37
Şekil 4.10. Karbon ayak izi konulu makalelerin Q değerleri.....	38
Şekil 4.11. Karbon ayak izi konulu makalelerin yayınlandığı ülkelerin bibliyometrik ağ analizi.....	39
Şekil 4.12.“Karbon ayak izi” konulu çalışmaların ülkelere göre dağılımı.....	40
Şekil 4.13 “Karbon Ayak İzi” Yıllara göre zamansal ağ görselleştirilmesi.....	40
Şekil 4.14. “Karbon ayak izi” anahtar kelime ağı.....	41
Şekil.4.15. “Karbon Ayak İzi” anahtar kelimelerinin zamansal ağ analizi.....	42
Şekil 4.16. Yayın yapan kurum ve kuruluşların bibliyografik ağı.....	43
Şekil.4.17. Yayın yapan kurum ve kuruluşların zamansal ağ analizi.....	43
Şekil 4.18. Sürdürülebilir kalkınma hedefleri kapsamındaki makaleler.....	45



SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK KAPSAMINDA YAYINLANAN KARBON AYAK İZİ ÇALIŞMALARININ BİBLİYOMETRİK ANALİZİ

ÖZET

Bu çalışma gün geçtikçe artan iklim değişikliği ile mücadele çalışmalarına ışık tutmak amacıyla bugüne kadar yapılan bilimsel karbon ayak izi çalışmalarının bibliyometrik analiz yoluyla incelemesini sunmaktadır. Kaynakların bilinçsiz kullanımı, artan enerji ihtiyacı, sanayinin gelişmesinden kaynaklanan antropojenik etkiler sonucu dünya iklimi negatif yönlü değişime uğramaktadır. Küresel ölçekte gerçekleşen iklim değişimleri uzun süreli olup geri dönüşü olmayan birçok sonucu beraberinde getirmektedir. Buzulların erimesi, tatlı su kaynaklarının tükenmesi, karaların sular altında kalması, biyoçeşitliliğin yok olması yüksek sıcaklık artışları, kuraklık, ani yağış ve sel baskınları gibi durumlar iklim değişimlerinin görülen ve görülmeye devam edebilecek olan etkileridir.

Küresel iklim değişikliği ile mücadelede “sürdürülebilirlik” kavramından yola çıkılarak çeşitli iyileştirme faaliyetleri gerçekleştirilmeye başlanmıştır. Sürdürülebilirlik, gelecek nesillerin ihtiyaçlarını göz önünde bulundurarak bugünün ihtiyaçlarını karşılamak olarak ifade edilmektedir. Sürdürülebilirlik kavramı farklı disiplinlere ait çalışmalarda karşımıza çıkmaktadır. Çevresel sürdürülebilirlik bu kavramın temel bileşenlerindenidir. İklim değişimleri ile mücadele için çevresel sürdürülebilirlik büyük önem taşımaktadır. Çevresel anlamda sürdürülebilirliği sağlamak amacıyla yapılan çalışmaların başında endüstriyel alanlarda karbon ayak izi belirlenmesi ve buna bağlı olarak iyileştirme faaliyetlerine yönelik uygulamalar yer almaktadır. Karbon ayak izi, ürünlerin ve hizmetlerin üretimi kullanımı ve bertarafında ortaya çıkan karbon emisyonlarının bir ölçüsü olarak ortaya çıkan bir kavramdır. Enerji üretimi, ulaşım, sanayinin gelişmesi gibi faaliyetler karbon emisyonunun artmasına sebep olmaktadır. Küresel anlamda karbon emisyonunun azaltılması için başta Avrupa olmak üzere dünya genelinde bu konuyla ilgili olarak hedefler belirlenlenmiştir. Belirlenen hedefleri yerine getirme aşamasında çeşitli yol haritaları ve eylem planları sunulmaktadır. Türkiye’nin taraf olduğu Avrupa Yeşil Mutabakat bu hedefler doğrultusunda atılmış olan önemli adımlardan biridir. Avrupa Yeşil Mutabakat karbon nötr hedefleri ile karbon azaltımında önemli bir rol oynamaktadır. AYM kapsamında 2050 yılında Avrupa’nın ilk karbon nötr kıta olması ve atmosferdeki karbon emisyonlarının sanayi devrimi öncesindeki seviyelere getirilmesi amaçlanmaktadır. Karbon ayak izi çalışmaları bu hedeflerin başlangıç basamağı olarak görülebilmektedir.

Bu çalışmada amaç karbon ayak izi çalışmalarının küresel anlamdaki mevcut durumunu, ilerleyişini ve ülkeler bazında dağılımını bibliyometrik analiz yoluyla belirlenmesini sağlamaktır. Bibliyometrik analiz, mevcut çalışmaların etkileşimlerini ve ileride yapılacak olan çalışmalar için araştırmacılara bir yol gösterici olma özelliği taşımaktadır. Elde edilen analiz sonuçları ile konu ile ilgili bütüncül bir bakış açısı ortaya konulmuş olup, gelecek çalışmalara ışık tutacak öneriler sunulmuştur.



BIBLIOMETRIC ANALYSIS OF CARBON FOOTPRINT STUDIES PUBLISHED WITHIN THE SCOPE OF SUSTAINABILITY

SUMMARY

This study presents an examination of carbon footprint studies, one of the working methods put forward in order to combat the ever-increasing climate change. As a result of anthropogenic effects resulting from situations such as unconscious use of resources, increasing energy demand, and industrial development, the world's climate is undergoing negative changes. These global climate changes are long-term and bring with them many irreversible results. Melting of glaciers, depletion of freshwater resources, flooding of lands, loss of biodiversity, high temperature increases, droughts, sudden rains and floods are the symptoms of climate change that are seen and may continue to be seen.

The concept of "sustainability" has been put forward in order to combat global climate change. Sustainability is expressed as meeting the needs of today by considering the needs of future generations. The concept of sustainability appears among different disciplines. Environmental sustainability is one of the basic components of this concept. Environmental sustainability is of great importance for combating climate change. In this study, the analysis of studies involving the "carbon footprint" application, which aims to ensure environmental sustainability, has been carried out. Carbon footprint is a concept that emerged as a measure of carbon emissions generated during the production, use and disposal of products and services. Activities such as energy production, transportation and industrial development cause carbon emissions to increase. Targets have been determined to reduce carbon emissions globally. Various roadmaps and action plans have been presented in order to achieve the determined targets. The European Green Agreement, to which Turkey is a party, is one of the important steps taken towards these targets. The European Green Agreement plays an important role in carbon reduction with its carbon neutral targets. The aim here is to bring carbon emissions in the atmosphere to levels before the industrial revolution. Determining the carbon footprint can be seen as the starting step of these targets.

The purpose of this analysis is to determine the current status, progress and distribution of carbon footprint studies globally by country. Detailed results were obtained by selecting bibliometric analysis as the analysis method. Bibliometric analysis serves as a guide for researchers for the interactions of existing studies and future studies. A holistic perspective on the subject has been presented with the obtained analysis results.

As a result of this thesis, the articles published between 2020-2024 on the subject of carbon footprint were analyzed using the bibliometric analysis method. It was determined that 8539 articles were published in the search on sustainability, 1233 in the search on environmental sustainability, 2756 in the search on footprint and 1305 in the search on carbon footprint in the Web of Science database between 2020-2024. Only 14.44% of the articles on sustainability were written in the sub-topic of

environmental sustainability. It is estimated that the remaining articles were written in the fields of economic sustainability and social sustainability, which are the other main components of sustainability. Footprint studies are carried out to determine the human impact on the environment in order to ensure environmental sustainability. Although the articles on footprint are a sub-category of environmental sustainability, it is thought that they also include the footprints of other sustainability components. The reason why the articles on the green deal are still quite few is that the agreement was signed in 2019. Since the studies on carbon footprint and sustainability issues started to be conducted at earlier dates, a visible difference emerges. The studies on carbon footprint, which are the last link in this hierarchy, are planned to zero carbon emissions by 2050 within the scope of the European Green Deal and to leave no region behind in this regard. It is a very important issue for the zero carbon target targeted within the scope of the European Green Deal. In order for the carbon rate in the atmosphere to return to its former balance, studies on carbon footprint should be created. As a result of the studies conducted in this field, carbon emissions will be detected and precautions will be taken. In the thesis study, it was determined that the vast majority of the articles on carbon footprint were carried out around life cycle analysis.

From here, it was determined that conclusions regarding carbon footprint reduction could be reached by conducting life cycle analysis. The distribution of these articles on carbon footprint by country, changes by year, other keywords used together with them, and the Q values of the published journals were examined. It was determined that 79.6% of the Q values were published at the Q1 level. From here, global publications on carbon footprint are sufficient and reliable in terms of information and content production. Since countries differ in terms of their sensitivity to climate change in terms of their development levels and geographically, studies on the subject also vary depending on these factors. However, since global climate change causes temperature increases in common for all countries, all countries should show the necessary sensitivity on the subject. In addition to these, countries where industry is developed and where the use of fossil fuels for industry continues should be at the forefront of carbon footprint studies and studies aimed at reducing greenhouse gas emissions. One of the goals of the European Green Deal is to ensure sustainable economy while achieving carbon zero targets and not to leave low-development countries behind in these developments. All countries globally should reduce the use of fossil fuels and ensure the transition to renewable energy sources as soon as possible. In addition to ensuring the transition to renewable energy, efficient use of resources, energy saving and the development of technologies related to these issues are required. In the examination of the data obtained in this study, it is seen that articles on carbon footprint serve the purposes of sustainable development goals. It is seen that they serve the purposes of responsible production and consumption, sustainable city and community.

The purpose of responsible production and consumption can be explained by the efficient use of resources and energy saving. We can also say that carbon footprint studies have an important place in the creation of sustainable cities. A sustainable city cannot be achieved without activities such as carbon reduction, efficient use of resources, and transition to renewable energy. In this study, all these problems and solutions are examined from a holistic perspective and data is presented to guide researchers.

The purpose of analyzing articles that include carbon footprint studies is to analyze the keywords of the studies that are currently available and to identify other concepts related to carbon footprint. These concepts have helped to determine the research methods in which carbon footprint studies are included or in carbon footprint studies. At the same time, the analysis of the institutions and organizations in which the articles are published is a guide in determining the quality levels of the research on the subject and the competence on the subject.





1. GİRİŞ

Günümüzde tüketimin artması ve enerji kaynaklarının bilinçsiz kullanımı sonucu enerjiye olan ihtiyaç her geçen gün daha da artmaktadır. Dünyada enerji ihtiyacının büyük bölümü fosil yakıtlardan sağlanmaktadır. Fosil yakıtlarının kullanımının önüne geçilememesi iklim değişimlerini de beraberinde getirmektedir. Fosil yakıtların kullanımı sonucu ortaya çıkan sera gazları (metan, karbondioksit vb.) atmosferde oluşturdukları tabaka ile yansıyan ışınların tekrar geri emilimini sağlayarak sera etkisi yaratmakta ve küresel ısınmaya sebep olmaktadır. Sera gazı emisyonları 1900'lü yıllarda sanayinin gelişmesiyle birlikte hızla artmıştır. Bu artışı önleyebilmek adına küresel çapta birçok ülkenin iş birliği ile çalışmalar yapılmalıdır. Avrupa Birliği küresel iklim değişimlerini önlemek amacıyla bir dizi eylem planı öne sürmüştür. Avrupa Yeşil Mutabakatı bu bağlamda hayata geçirilmiş bir uygulamadır.

Avrupa Yeşil Mutabakatı karbon emisyonlarını azaltma hedefi koyarak paydaşlarını bu kapsamda yeşil dönüşüme teşvik etmektedir. Avrupa Yeşil Mutabakatı kapsamında çeşitli eylem planları oluşturularak küresel ölçekte iklim değişimleriyle mücadele adına çeşitli mekanizmalar oluşturulmuştur. Avrupa Yeşil Mutabakatı hedeflerinden biri 2050 yılına kadar atmosferdeki karbon miktarını sıfırlamaktır. Karbon ayak izi azaltımı, karbon düzenleme mekanizmaları gibi çeşitli yöntemlerle atmosferdeki dengeyi sağlamayı amaçlamaktadır. Karbon sıfır hedefi doğrultusunda yürürlüğe girmiş uygulamalar sektörlerde karbon azaltımının sağlanması için kuruluşları bağlayıcı kılmaktadır.



2. GENEL KAVRAMLAR

2.1. Kavramlar

2.1.1. İklim değışikliğı

İklim değışikliğı hem yerel hem de küresel iklimleri tanımlayan tipik hava koşullarındaki uzun vadeli değışiklikleri ifade etmektedir [1].

20. yüzyılın ortalarından bu yana dünya ikliminde gözlenen değışimlerin sebebi dünya sıcaklığının artmasına sebep olan fosil yakıtların yakılmasıdır. Fosil yakıtların yakılması, ormansızlaşma, sanayinin gelişmesi gibi çeşitli insan etkileri ile birlikte atmosfere salınan sera gazlarının burada birikimlerinin artmasıyla ve şehirleşmenin de katkısıyla doğal sera etkisinin kuvvetlenmesi, yeryüzü ve atmosferde sıcaklık artmasına sebep olmaktadır [2].

İklimsel değışikliğı, tüm zaman alan ölçeklerinde iklimin ortalama durumundaki ve standart sapmalar ile uç olayların diğer istatistiklerdeki değışimidir [3].

Günümüzde doğal etkenlere ek olarak sanayi devrimin gerçekleşmesinden bu yana insanların çeşitli etkileriyle iklim sisteminde bozulmalar olduğu kabul edilmiştir. Bu nedenle “karşılaştırılabilir bir zaman periyodunda gözlenen doğal iklim değışikliğıne ek olarak, doğrudan veya dolaylı küresel atmosferin bileşimini bozan insan etkinliklerinin sonucu, iklimde bir değışiklik” biçiminde tanımlanmıştır.

Küresel iklim değışimleri; küresel ısınma sebebiyle hava hareketleri, yağışlar, nemlilik ve diğer iklim faktörlerinden etkilenerek, iklimin 15-20 yıl gibi kısa bir zaman diliminde hızla değışmesini ifade etmektedir [4].

Sanayi devriminin ardından atmosferde bulunan CO₂ miktarının iki katına çıktığı belirlenmiştir. 2030 yılına kadar iklim değışikliğınin yaşanacağı ve ilk fark edilen etkinin sıcaklık artışları olacağı ifade edilmektedir. İklim değışimleri son yıllarda küresel ısınmaya ve aşırı hava olaylarına yol açmaktadır. İklim değışikliğıne yol açan etkenler doğal ve doğal olmayan nedenler olarak iki başlık altında incelenebilmektedir [5].

2.1.1.1. İklim değişikliğine yol açan doğal olan nedenler

Doğal nedenler olarak; sera etkisi, volkanik patlamalar, yörüngelerdeki değişimler (orbital zorlama), güneşteki patlamalar, prezyon hareketi, El Nino etkisi vb. şeklinde sıralanmaktadır. Bu nedenlerin varoluştan itibaren devam ettiği göz önünde bulundurulursa, son zamanlarda olumsuz etkilerinin insan etkileriyle birleşmesine bağlı olarak arttığı söylenebilmektedir.

İklim değişikliğine sebep olan en büyük etkilerden biri olarak sera gazı salınımının 1950'li yıllar itibari ile sanayi devriminin yaşanması sonucu artması olarak gösterilebilmektedir. Nüfus artışı ve buna bağlı olarak enerji tüketiminin artması ile ozon tabakasının incilmesi küresel ısınmaya sebep olmaktadır [6].

Küresel iklim değişimlerine neden olabilecek diğer bir neden ise astronomik ilişkiler olarak yeryüzünün eksen eğikliğindeki, presesyonundaki değişiklikler ve yerkürenin Güneş'in etrafındaki değişiklikler olarak söylenebilmektedir.

El Nino hareketi, "güney salınımı sıcak olayı" olarak bilinen sıcaklık artışı ile ilişkilendirilen bir diğer olaydır. Pasifik Okyanusu'nda deniz yüzeyi sıcaklıklarının 2-5 °C daha yükselmesine sebep olmuştur. El Nino etkisi ile sıcak su doğuya doğru ilerler ve şiddetli yağmur ve fırtınaya sebep olmaktadır. Rüzgâr esintileri ve akıntılar zayıflamaktadır. Bu olaylardan sonra La Nino olayı gerçekleşir. La Nino olayı El Nino'nun aksine bir soğuma olayı olarak tanımlanmaktadır [6].

2.1.1.2. İklim değişikliğine yol açan doğal olmayan nedenler

Doğal olmayan nedenler olarak; 19. yüzyıldan itibaren gelişen sanayi ile sera gazı salınımının artması ve bunun sonucunda doğaya salınana sera gazının birikimi ile sera etkisi artmaktadır. Sera etkisi sebebiyle sıcaklıklar her yıl bir önceki yıla göre artarak devam etmektedir. Bu sıcaklık artışları sebebiyle oluşturulan iklim modellerinde en iyi ihtimalle bile yüzey sıcaklığı 1,4 ile 5,8°C artacağı öngörüler arasındadır. Bu sera etkisinin artmasının sebeplerinden en önemlisi enerji kullanımları için fosil yakıtların kullanımındır. Sanayi faaliyetleri, hızla artan nüfus ve teknolojik gelişmelerin sonucunda doğanın etkilenmesi sera etkisini arttıran faaliyetler olmuştur [6].

2.1.1.3. İklim değişikliği sebebiyle meydana gelen etkiler

İklim değişiklikleri sebebiyle gözlenen ve artması beklenen etkiler şunlardır;

1. Buzulların erimesi
2. Deniz ve hava sıcaklıklarının artması
3. Deniz seviyelerinde yükselme
4. Son zamanlarda meydana gelen hortumlar ve hava olayları

Deniz buzullarının bulunduğu bölgelerde güneş ışığı daha fazla yansımaktadır. Buzulların erimesi sonucu güneş ışınlarının yansımaları azalacaktır. Bu da okyanusların ısınmasına sebep olacaktır. Okyanusların ısınması sonucu buzullar erimeye devam edecektir. Son 20 yıllık süreçte buz tabakalarının erimesi hızla devam etmektedir. Grönland ve Antarktika'daki buz tabakaları erimektedir. Arktik deniz buzulları ve Kuzey yarım küre bahar örtüsü alansal ölçekte azalmıştır. Buzulların erimesi okyanusların ısınması ile birlikte deniz seviyesinde yükselme meydana geleceği öngörüler arasında bulunmaktadır.

Böylece iklim sisteminde aşırı olaylara ve köklü değişiklikler meydana gelmektedir. Bazı bölgelerde şiddetli yağış olurken bazı bölgelerde şiddetli kuraklık meydana geleceği öngörülmektedir [6].

2.1.2. Sürdürülebilirlik kavramı

Sürdürülebilirlik kavramına son yıllarda farklı disiplinler arasında duymamız oldukça mümkündür. Doğal kaynakların azalması ve yok olma eğilimi ile sürdürülebilirlik kavramı önem kazanmıştır. Mevcut kaynakların bilinçsiz kullanımına önlem olarak kaynakları etkin ve akılcı bir şekilde kullanımı sağlanarak gelecek nesillerin ihtiyaç duyacakları kaynakları yok etmenin önüne geçmesi olunacaktır [47].

İlk kez 16 Haziran 1972 tarihinde Stockholm Konferansı'nda kaynakların hızla tükendiğine dair ve önlemlerin alınmazsa ciddi problemlere yol açacağı ifade edilmektedir. Sürdürülebilirlik kavramı 1987 yılında Norveç Başbakanı başkanlığında toplanan Birleşmiş Milletler Çevre ve Kalkınma Komisyonu (World Commission on Environmental Development) "Ortak Geleceğimiz" raporunda somut verilerle yer almıştır. Sürdürülebilir kalkınma kavramı, Brundtland Raporunda "bugünün gereksinimlerini, gelecek nesillerin gereksinimlerini karşılama yeteneğinden ödün vermeden karşılayan kalkınma" olarak tanımlanmaktadır. Günümüzde; kaynakların hızla azalması ve çevresel bozulma ile iklim değişikliğine karşı, gelecek neslin ihtiyaçlarından ödün vermeden bugünün

ihtiyaçlarının karşılanması olarak ifade edilmektedir. Sürdürülebilirliği çevre, ekonomi ve toplum yararına çalışmalarla destekleyerek, oluşacak kazanımları en üst seviyede tutmak öncelikli hedefler arasında bulunmaktadır [2-44].

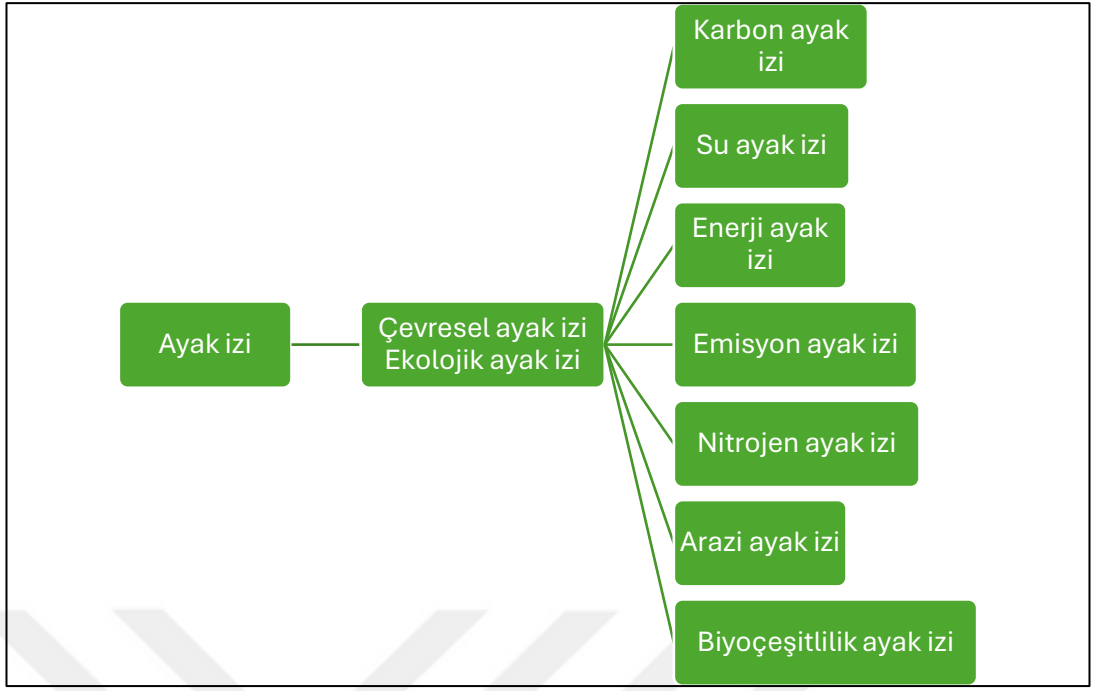
2.1.2.1. Çevresel sürdürülebilirlik

Çevresel sürdürülebilirlik, gelecek için yerküreyi olduğundan daha iyi bir biçimde hazırlamayı amaçlamaktadır. Çevre, canlıların biyolojik, sosyal, ekonomik ve kültürel yaşamlarını sürdürdükleri ortamdır. Çevre sorunları, günümüzde çözüm bekleyen ve tüm yaşamları etkileyen bir konu haline gelmektedir. Son yıllarda doğal kaynakların bilinçsiz kullanımı, tükenmiş tarım alanları, tahrip edilmiş orman alanları, kalabalık kent nüfusları çevresel sorunları beraberinde getirmektedir. Çevresel sürdürülebilirlik amacıyla doğal kaynakların kullanımı konusunda tedbirli davranılmalıdır. Çevresel sürdürülebilirliğin sağlanabilmesi için;

- Kaynakların bilinçsiz kullanımı azaltılmalı
- Yenilenebilen veya geri kazanılmış malzemeler kullanılmalıdır.
- Atıkların büyük bir oranı geri kazanılmalıdır.
- Enerji kaynakları yenilenebilir olmalı ve rüzgâr enerjisi, termal enerji veya biyokütle enerjisi gibi yenilikçi enerji kaynaklarının kullanımı teşvik edilmelidir [53].

2.1.3. Ayak izi kavramı

Ayak izleri ekolojik sürecin önemli noktası olan çevre üzerindeki insan etkisinden kaynaklanan çevresel etki sonuçlarını anlatan göstergelerdir. Sürdürülebilirlik kavramının yorumlanabilmesi adına ayak izi ailesi kavramı ortaya çıkmıştır. Ayak izleri ekosistemle bağlantılı olup, ekosistemdeki kritik değişimler fark edilmediği takdirde doğal çevrede telafisi olmayan değişimler meydana getirebilmektedir. Çevresel sorunların değerlendirilmesi hedeflenerek çevresel ayak izleri oluşturulmuştur. Ekolojik sistemin yorumlanması adına geliştirilen ayak izleri sürdürülebilirlik açısından oldukça önemlidir. Ayak izleri ailesi Şekil 2.1’de verilmiştir. Çevresel ayak izi; karbon ayak izi (CF), su ayak izi (WF), enerji ayak izi (EF), emisyon ayak izi (EMF), nitrojen ayak izi (NF), arazi ayak izi (LF), biyoçeşitlilik ayak izi (BF) olmak üzere alt gruplara ayrılmaktadır [14].



Şekil 2.1.Ayak izi şeması.

2.1.3.1. Ekolojik ayak izi/ çevresel ayak izi

Ayak izi kavramı, kaynakların üretimi ve tüketimi kapsamında çeşitli boyutlarda incelenmesi ve değerlendirilmesiyle bütüncül bir bakış açısıyla değerlendirme imkânı vermektedir. Aynı zamanda, ekolojik ayak izi üretimin ve tüketimin değerlendirmesine olanak sağlamaktadır.

Ekolojik ayak izi kavramı 1990'lı yıllarda ortaya atılmıştır. Ekolojik ayak izi küresel, bölgesel veya yerel arz talebine dayalı olarak doğal kaynak muhasebesi için bir sistem yaklaşımını sağlamaktadır. Ekolojik ayak izi, biyolojik kaynakların insan tüketimi ve atık ekosistem alanı açısından atık üretimini ortaya koyacak şekilde hesaplanmaktadır. Ekolojik ayak izi hesaplanması biyosferdeki insan talebini ve bu biyosferdeki insan talebini karşılayacak doğal kaynakların karşılama kapasitesini belirlemek adına ortaya çıkan bir tanımdır. Bununla birlikte, doğaya olan bağımlılığımızı ölçmektedir. Ekolojik ayak izi insanların ihtiyaçlarını karşılayabilmek adına kullanılan biyolojik alanı ölçen bir araç olarak görülmektedir. Ekolojik ayak izini karbon ayak izi, orman ayak izi, tarım ayak izi, balıkçılık ayak izi bileşenleri meydana getirmektedir [7].

Dünyadaki ekolojik dengenin bozulmasında önemli etkenler; ormanların tahrip edilmesi, atmosferin taşıyabileceği miktardan fazla karbon salınımı gibi ekolojik

sistemlerin sürdürülemez şekilde kullanılması olarak gösterilmektedir. Ekolojik ayak izinde en büyük pay %55’lik oranla karbon ayak izine aittir [8].

2.1.3.2. Su ayak izi

Nüfusun hızla artmasıyla birlikte, sanayi, tarım başta olmak üzere diğer günlük faaliyetler için su tüketimi de artmaya devam etmektedir. Zamanla su ihtiyacının artması su kıtlığı gibi sorunlara yol açacak olup, ihtiyacın karşılanabilmesi ve su kıtlığı sorununu ortadan kaldırmak amacıyla gerekli önlemlerin alınması gerekmektedir.

Su ayak izi, su tüketiminin ve su kirliliğinin hacimsel bir ölçüsüdür. Su ayak izi, mavi, yeşil ve gri su ayak izi şeklinde sınıflandırılmaktadır. Su ayak izi sınıflandırması Şekil 2.2’de verilmiştir.

Mavi su ayak izi, bir malı veya hizmeti üretmek için kullanılan yeraltı ve yüzey su kaynaklarının tamamını ifade etmektedir. Mavi su ayak izi kavramı, evsel, endüstriyel ve tarımsal süreçler için su tüketimini ifade etmektedir.

Yeşil su ayak izi, üretim süreçlerinde kullanılan yağmur suyu miktarını ifade etmektedir. Yeşil su ayak izi tarımsal ürün yetiştirme süreçlerinde daha çok karşımıza çıkmaktadır.

Gri su ayak izi, mevcut su kalitesinin korunması için kirlilik yükünün bertaraf edilmesi ya da azaltılması amacıyla kullanılan tatlı su ihtiyacını ifade eder. Gri su ayak izi kirlilikle doğrudan ilgili olduğundan, nüfus artması ve endüstriyel büyüme gibi durumlarda gri su ayak izinde artması söz konusudur [9].

Mavi su ayak izi	• Üretim süreci boyunca kullanılan yüzey ve yeraltı suları
Yeşil su ayak izi	• Üretim süreci boyunca kullanılan yağmur suyuna karşılık gelen su miktarıdır.
Gri su ayak izi	• Ürünün üretiminden veya tedarik zincirinden doğan kirli suyun temizlenmesi için gerekli su miktarıdır.

Şekil 2.2. Su ayak izi şeması.

2.1.3.3. Karbon ayak izi

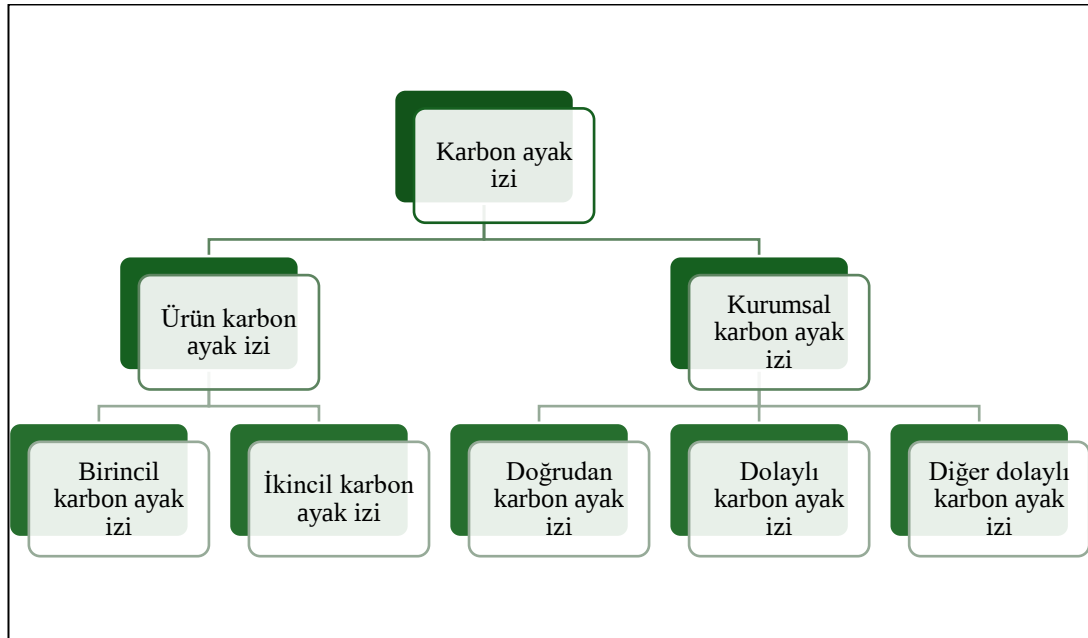
Karbondiyoksit güneşten gelen kısa dalga boylu ışınları büyük ölçüde geçirdiğinden ancak yeryüzünden geri yansıyan uzun dalgalı ışınları tuttuğundan dolayı atmosferin alt kısımlarının ısınmasında etkili olan bir sera gazıdır [10].

Karbon ayak izi kavramı insan faaliyetleri sonucu çevreye verilen zararı göstermekte olup, küresel ısınmaya neden olan sera gazlarının bir ölçüsüdür. Karbon ayak izi, bir faaliyetin doğrudan veya dolaylı olarak neden olduğu toplam karbon dioksit (CO₂) emisyonu olarak ifade edilmektedir [11].

Küresel anlamda enerji ihtiyacının büyük çoğunluğu fosil yakıtlardan sağlanmaktadır. Fosil yakıtlarının kullanımı karbon emisyonunun artmasına sebep olmaktadır.

Karbon ayak izi, birim CO₂ cinsinden ölçülen, üretilen sera gazı miktarlarının insan faaliyetleri açısından çevreye verilen zarar olarak da ifade edilmektedir [49].

Karbon ayak izi (CF) üretim ve tüketim süreçlerinde doğrudan veya dolaylı olarak ortaya çıkan CO₂ emisyonlarının ölçüldüğü bir göstergedir. Karbon ayak izi ürün ve kurumsal olmak üzere ikiye ayrılmakta olup, karbon ayak izi grupları Şekil 2.3'te verilmiştir [12].



Şekil 2.3.Karbon ayak izi şeması [35].

Ürün karbon ayak izi birincil ve ikincil olmak üzere iki aşamada incelenmektedir. Birincil ayak izi evsel ve ulaşım süreçlerinde oluşan karbondioksit emisyonu iken ikincil karbon ayak izi ise ürünlerin tüm yaşam döngüsü boyunca ortaya çıkan karbondioksit emisyonudur [13].

Kurumsal karbon ayak izi; doğrudan karbon ayak izi, dolaylı karbon ayak izi ve diğer dolaylı karbon ayak izi olarak üçe ayrılmaktadır [14].

Doğrudan karbon ayak izi; kurumların üretim faaliyetlerini sırasında ortaya çıkan emisyonların ölçüsüdür. Doğrudan sera gazı emisyonları kuruluşun sahip olduğu ve kontrol ettiği sera gazı kaynakları veya yutaklarıdır. Motorlu taşıtlar, kamyonlar, gemiler, gaz tribünleri ve nakliye ekipmanlarında yanan yakıtlar sonucu ortaya çıkan sera gazı emisyonları bu kapsamda değerlendirilmektedir. Doğrudan proses emisyonları ve endüstriyel kaynaklı emisyonlardır. Doğrudan proses emisyonları, çimento, kireç, kimyasal üretim ve gaz arıtma gibi prosesleri bu kapsamda yer almaktadır [4-6].

Dolaylı karbon ayak izi; kurumların tükettiği elektrik enerjisinden kaynaklanan emisyonların, başka kurumlardan satın aldığı buhar, soğutma gibi hizmetlerden kaynaklanan emisyonların ölçüsüdür. Dolaylı sera gazı emisyonları, bir enerji santrali tarafından üretilen enerjiden veya doğalgazın yakılmasından kaynaklanan emisyonlardır. Bu emisyonlar kuruluş tarafından kontrol edilmemektedir [4-6].

Diğer dolaylı karbon ayak izi; kurumların kullandıkları ürünlere, aldıkları taşeron faaliyetlere, kurumun kiralık kullandığı hizmetlerden kaynaklanan emisyonların ölçüsüdür. Diğer dolaylı sera gazı emisyonları kuruluşun faaliyetleri sebebiyle ortaya çıkan ancak kuruluşun kontrolünde olmayan sera gazı emisyonlarıdır. Hammadde üretimi, hizmet alınması gibi kaynaklar bu kapsamda değerlendirilmektedir [4-6].

Kurumsal karbon ayak izi ve raporlaması yetkili kuruluşlar tarafından belirlenen standartlara göre hesaplanmaktadır. Kuruluş sınırlarında oluşan doğrudan sera gazı emisyonları, kuruluşun kendisinin ithal ederek kullandığı elektrik, ısı veya buharın üretilmesi sonucu oluşan sera gazı emisyonları ve diğer dolaylı emisyonların hesaplanması ile ölçülmektedir [4-6].

2.1.4. Sera gazları

Sera gazları, bulutlar ve (küçük ölçüde) aerosoller, yer yüzeyinden ve atmosferdeki diğer herhangi bir yerden yayımlanan radyasyonu emmektedir.

Sera gazlarının fazla salınımı küresel ısınmaya yol açmaktadır. Dünyanın uydu gözlemleri ile hesaplanan sıcaklığı -19°C iken yeryüzünde ölçülen ortalama sıcaklığı 14°C 'dir. Aradaki 33°C 'lik fark sera gazı etkisi olarak tanımlanmaktadır.

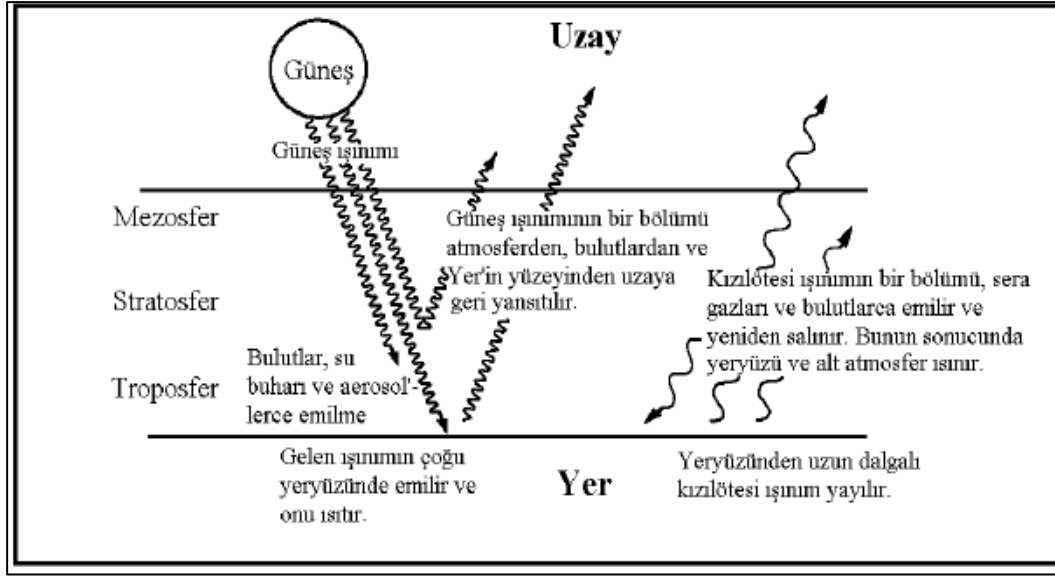
Sanayi devrimi ile beraber atmosferde birikmeye başlayan başta CO_2 olmak üzere diğer sera gazlarının metan (CH_4), azot oksit (N_2O) ve kloroflorokarbon (CFC) yeryüzünden yansıyan dalgali ışınları tutması nedeniyle ortalama yüzey sıcaklıklarında belirgin bir artma eğilimi gözlemlenmektedir [3].

Atmosferdeki CO_2 birikiminin günümüzdeki düzeyi geçmiş 420.000 yıllık kayıttaki doğal CO_2 birikimi değişimlerinin çok üzerinde olduğu bilinmektedir [3].

Sera gazlarının birikimlerindeki artışlar yerkürenin uzun dalgali ışıınım yoluyla soğumasına engel olarak, daha fazla ısıtma eğilimindeki bir pozitif ışıınımsal zorlamanın oluşmasına neden olur. Bu sebeple “yerküre / atmosfer ortak sisteminin enerji dengesine yapılan pozitif katkı” sera etkisi olarak nitelendirilmektedir. Şekil 2.4'de sera etkisinin oluşumu verilmektedir [3].

Sera gazı emisyonlarının artış nedenleri;

1. Elektrik üretiminde fosil yakıt kullanımı
2. Ulaşım ve sanayi sektöründe elektrik kullanımı
3. Karayolu taşımacılığında kaynaklanan emisyon
4. Endüstriyel işlemler ve ürün kullanımından kaynaklanan emisyonlar
5. Sanayi sektöründe enerji kullanımı kaynaklı (metal, çimento sektörü vb.)



Şekil 2.4. Sera gazı etkisinin oluşum şeması.

2.1.4.1. Karbondioksit

Karbondioksit atmosferde bulunan önemli bir gazdır. Karbondioksit gazı doğal yollarla atmosfere ulaştığı gibi insan faaliyetleri kaynaklı olarak da salınımı mevcuttur. Karbondioksitin doğada oluşmasına orman yangınları ile çeşitli yangınlar ve yanardağ patlamaları sonucu salınan gazlar, bazı karbon içerikli kayaçların çözünmesi ve fosil yakıtların tüketimi neden olmaktadır.

1900'lü yıllardan itibaren atmosferde bulunan CO₂ miktarının 350 ppm civarında olduğu ve her geçen yıl bu miktarın %0,5 artış göstereceği araştırmacılar tarafından bildirilmektedir [15].

2.1.4.2. Su buharı

Diğer sera gazlarına oranla su buharı atmosferde daha çok bulunmaktadır. H₂O ışık tutma kapasitesine ve uzun dalga boyuna sahip bir gazdır. Su buharı diğer sera gazlarından farklı olarak insan etkisi ile değil daha çok doğal iklim sistemi kaynaklı oluşmaktadır. Sıcaklığın etkisiyle su atmosfere buhar olarak ulaşmakta ve sıcaklık değerleri arttıkça daha fazla su buharlaşmaktadır [15].

2.1.4.3. Ozon

Ozon gazı hava kirliliğinde önemli olan NO_x (azot oksitler) ve hidrokarbonların (HC) güneş ışığı ile reaksiyona girmesiyle oluşmaktadır. Diğer bir oluşum ise güneşten yayılan zararlı nitelikteki UV-A ışınlarının, element halindeki oksijen ve diğer moleküller ile birleşmesiyle atmosferin stratosfer tabakasında oluşmaktadır.

CFC'ler (kloroflorokarbonlar) stratosferde bol olarak bulunan UV-B ve UV-C ışınlarının troposfere gelmesini engelleyen ozon gazı ile birleşerek ozon gazı seviyesinin azalmasına neden olur. Böylece ozon tabakasının, güneşten gelen zararlı ışınları engellemesinin önüne geçmiş olur. Bu olaya ozon tabakası incelmesi adı verilmektedir [15].

2.1.4.4. Kloroflorokarbon (CFC)

CFC'lerin parçalanma süresi 100 yılı bulmakta ve küresel ısınma probleminde büyük önem taşımaktadır. Kloroflorokarbonlar alüminyum eritme, magnezyum dökümü gibi faaliyetler sonucu meydana gelmektedir. Atmosferde kalış süreleri ve kızılötesi ışınları tutabilmeleri nedeniyle iklim üzerinde olumsuz etkilere sahiptirler [15].

2.1.4.5. Metan (CH₄)

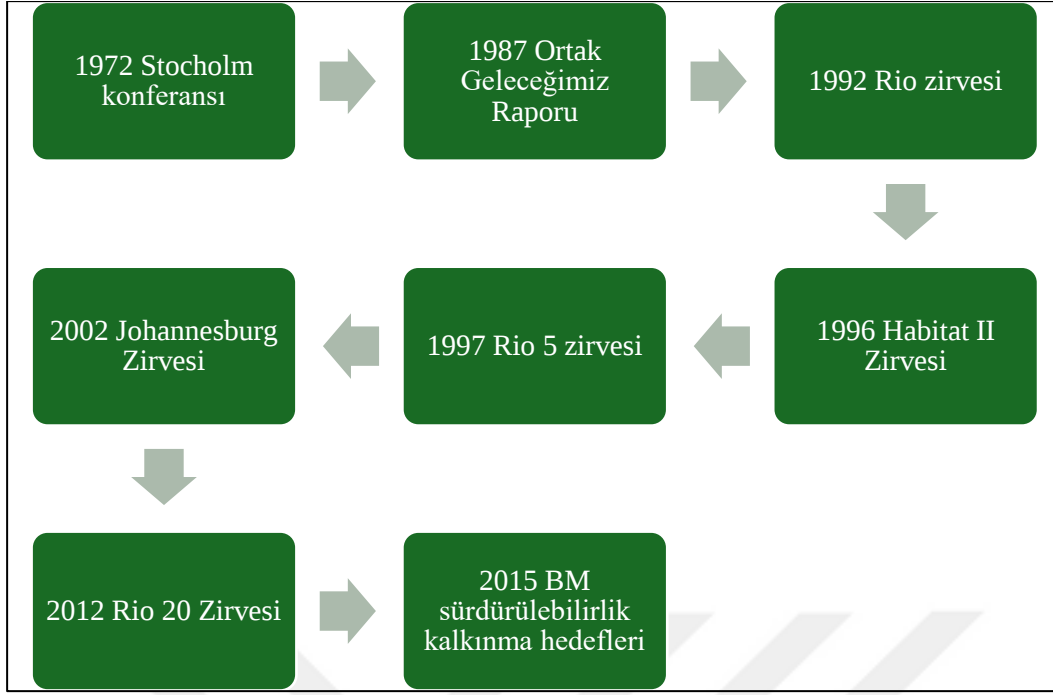
Metan gazı organik bileşiklerin oksijensiz ortamda parçalanması ile oluşur. Normal şartlarda doğal gaz olarak bulunmaktadır. Ancak metan gazı insan faaliyetleri (evsel atık depolama alanları, madencilik faaliyetleri, doğalgaz üretim tesisleri ve motorlu taşıtlar) sonucu ortaya çıkmaktadır. Metan gazı atmosferde karbondioksitten yaklaşık 200 kat daha az bulunan sera gazıdır. Atmosferde bulunma süresi yaklaşık 12 senedir [15].

2.1.4.6. Azot oksitler (NO_x)

Azot oksitler diğer sera gazlarına oranla doğal ortama %15'lik kadar etkide bulunmaktadır. N₂O birçok sera gazında olduğu gibi ulaşım kaynaklı, ısınma kaynaklı ve tarımsal gübre üretimi kaynaklı olarak ortaya çıkmaktadır. Atmosferde kalma süresi yaklaşık olarak 114 yıldır [15].

2.2. Yasal Mevzuatlar

İklim değişikliğiyle mücadele kapsamında ilk girişimler 1972 yılında İsveç'in Stockholm kentinde gerçekleşen insan çevresi konferansında başlamıştır. 1992 Rio Konferansı itibarıyla Birleşmiş Milletler bünyesinde küresel olarak sürdürülmektedir [15].



Şekil 2.5. Sürdürülebilir kalkınma adına uluslararası platformda atılan adımlar [4].

2.2.1. Stockholm konferansı (insan çevresi konferansı)

Haziran 1972’de Stockholm’de gerçekleştirilen BM İnsan Çevresi Konferansı Avrupa Yeşil Mutabakatı sosyo-ekonomik yapıları farklı olan 86 ülke bir araya gelerek çevre sorunlarıyla ilgili önemli bildiriler sunmuştur. Bu konferansta çevrenin korunmasının ortak sorumluluk kavramı olduğu vurgulanmıştır. Bu konferans ile çevre konusuyla ve ilgili ilk kez bir araya gelinmiştir. Konferans sonunda BM İnsan Çevresi Bildirisi kabul edilmiştir [16].

2.2.2. Hükümetler Arası İklim Değişikliği Paneli (IPCC)

Birleşmiş Milletler’in iklim değişikliği ile ilgili değerlendirme organı olan Hükümetler Arası İklim Değişikliği Paneli (IPCC) küresel çapta iklim değişikliği ile ilgili kapsamlı raporlar hazırlamaktadır. IPCC değerlendirmeleri aracılığıyla iklim değişikliği ile ilgili bilgi durumunu belirlemektedir. IPCC, Birleşmiş milletler çevre programı (BM Çevre) ve Dünya Meteoroloji Örgütü (WMO) tarafından 1988’de kurulmuştur. IPCC’ye 195 ülke üyedir [48].

2.2.3. II. Dünya çevre zirvesi: birleşmiş milletler çevre ve kalkınma konferansı (UNCED)

3-4 Haziran 1992 tarihinde Rio de Janeiro kentinde gerçekleşen BM Çevre ve kalkınma konferansına (Rio konferansı) birçok devletin yetkili isimleri katılmıştır. Bu konferans sonucunda ulusların çevreye duyarlı yönetim şekli benimsemeleri

adına bir dizi karar alınmıştır. Bu bağlamda iklim değişikliği sözleşmesi (UNFCCC) ve biyolojik çeşitliliğin korunması adına Biyolojik Çeşitlilik Sözleşmesi imzalanmış, bir eylem planı olan Gündem 21’de yapılan konferansta alınan kararların vurgulanması adına Rio Deklarasyonu ve ormanların korunmasına yönelik ilkeler kabul edilmektedir [48].

2.3. Uluslararası Sözleşmeler

2.3.1. İklim değişikliği sözleşmesi (UNFCCC-BMİDÇS)

İklim değişikliği sözleşmesi, insan kaynaklı sera gazı emisyonlarının iklim üzerindeki etkilerine karşı küresel anlamda mücadele adına hukuksal bir çerçeve kazandırmış bulunmaktadır. Bu sözleşmeye 196 ülke ve Avrupa Birliği taraf olarak katılmış, sözleşme 1994 tarihinde yürürlüğe girmiş ve Türkiye ise 2004 tarihinde taraf olmuştur.

Söz konusu sözleşmenin 2.maddesi gereğince “atmosferdeki sera gazı miktarlarını iklim sistemi üzerindeki insan kaynaklı olumsuz etkiyi önleyecek bir miktarda tutmayı başarmak” şeklinde tanımlanmıştır. Söz konusu anlaşma katılımcı ülkeleri sera gazı emisyonlarının salınımının azaltılmasına yönelik araştırma ve çalışma yapmaya teşvik etmeyi amaçlamaktadır. Bu araştırmalar ve çalışmalar bağlamında taraf ülkelerin teknoloji ve bilgi paylaşımı, sera gazı yutakları olan ormanları ve doğal alanları korumaya yönelik iş birliklerini sağlamayı amaçlamaktadır [15].

2.3.2. Kyoto protokolü

Kyoto protokolü, İklim Değişikliği Sözleşmesi (UNFCCC) çerçevesinde iklim değişikliği ile mücadele kapsamında hazırlanmış bir uygulama protokolüdür. Kyoto protokolü, sera gazı emisyonlarının azaltılması kapsamında taraf ülkelerin taahhütte bulunması yönünde hazırlanmış bir protokoldür. 1997 yılında Japonya’nın Kyoto kentinde oluşturulmuş ancak 2005 yılında yürürlüğe girmiştir. Kyoto Protokolü kapsamında sera gazı olarak karbondioksit (CO₂), metan (CH₄), azotoksit (N₂O), hidroflorokarbonlar (HFC), perflorokarbonlar (PFC), kükürt heksaflorür (SF₆), nitrojen triflorür (NF₃) listelenmiştir [17].

2.3.3. Paris anlaşması

Paris iklim anlaşması olarak da geçen bu anlaşma Kyoto Protokolü'ndeki sürenin bitmesi üzerine Paris'te düzenlenen BM İklim Değişikliği Konferansı'nda kabul edilmiştir.

Paris Anlaşması 2015 yılında 196 taraf ülkenin katılımıyla gerçekleştirilmiş olup sera gazı emisyonlarının %55'ini oluşturan en az 55 ülkenin anlaşmayı kabul etmesiyle 2016 yılında yürürlüğe girmiştir. Paris anlaşması, iklim değişikliği ile mücadele kapsamında küresel mücadele, emisyon azaltımı, teknoloji geliştirme gibi konulara ilişkin uygulama usullerini belirtmektedir. Anlaşmanın diğer bir kriterinde günden güne artan küresel sıcaklık artışını 2 °C'de sınırlandırmayı amaçlamaktadır. Bu hedefe ulaşma yolunda en önemli adım fosil yakıt kullanımının azaltılması ve fosil yakıtlar yerine yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının yaygınlaştırılmasıdır [17].

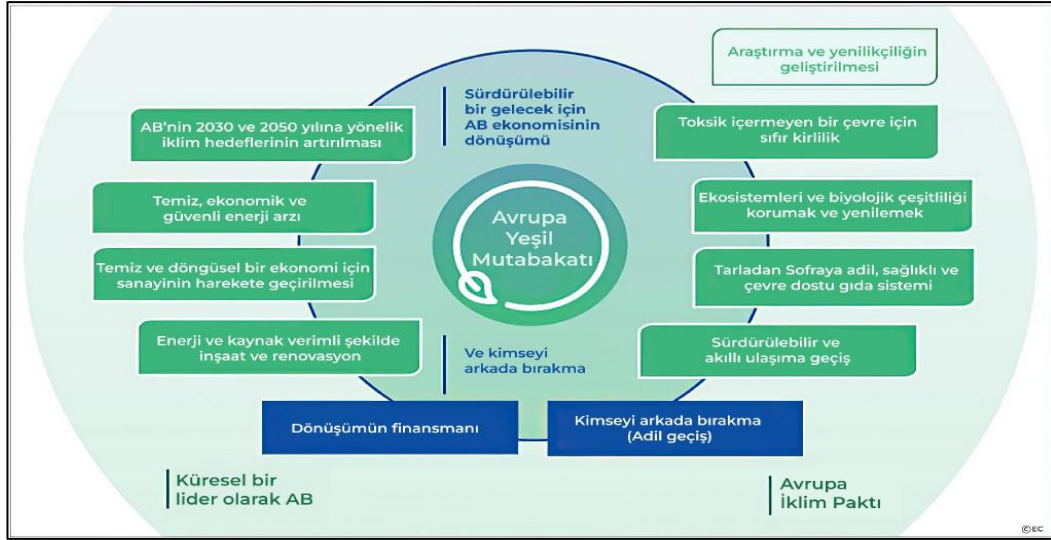
2.3.4. Avrupa yeşil mutabakatı (Green Deal)

Küresel ölçekte iklim değişikliği azaltma politikaları, yeşil ekonomik büyüme ve düşük karbonlu ekonomiye geçişler getirmeyi amaçlayan kapsamlı reformlar ile yeşil anlaşmalar olarak tanımlanmaktadır [18].

Avrupa Yeşil Mutabakatı Avrupa Birliği'nin stratejik hedeflerini belirleyerek sürdürülebilir bir ekonomiye sahip olmayı ve iklim değişikliğiyle mücadele etmeyi amaçlamaktadır.

Avrupa Yeşil Mutabakatı Avrupa Birliğine üye olan ülkelerin çevresel sorumluluklarına odaklanarak, ekonomik büyümeyi sürdürülebilirlikle uyumlandırmayı ve toplumların yaşam şartlarını daha iyi bir hale getirme üzerine hazırlanmış stratejik planlar bütünüdür [2].

Avrupa Yeşil Mutabakatı çeşitli eylem planları ve politikalar ile AB'nin küresel anlamda sürdürülebilirlik ve iklim eylemlerini yönlendirmeyi amaçlar. Şekil 2.6'da Avrupa Yeşil Mutabakat şemasında amaçlar yer almaktadır. Biyoçeşitliliğin korunması, temiz enerji uygulamaları, sürdürülebilir endüstri, sürdürülebilir tarım uygulamaları, yeşil inşaat sektörü, döngüsel ekonomik yaklaşım, çevre dostu ulaşım ve sürdürülebilir gıda sistemleri konuları Avrupa Yeşil Mutabakatı'nda yer almaktadır [19].



Şekil 2.6.Avrupa yeşil mutabakatı şeması [51].

Avrupa Yeşil Mutabakatı ile beraber sınırda karbon düzenleme mekanizması uygulamaya konmuştur. Sınırda karbon düzenleme mekanizması bir ülkenin sınırında ithal edilen ürünlerin karbon oranına göre belirli bir düzenleme uygulaması olarak ifade edilmektedir. İthal edilen mal ve hizmetlerin üretim süreçlerindeki karbon ayak izi göz önünde bulundurularak ithalatçı ülkeye ait olan karbon düzenlemesine benzer biçimde ithal ürünlerin karbon maliyetlerinin içermesini konu edinmektedir. Bu düzenlemeler, iklim değişikliği ile mücadele amacı taşırken aynı zamanda adil rekabeti koruma hedefi de taşımaktadır. Bu tür düzenlemeler küresel ticarete çevresel etkileri göz önünde bulundurarak sürdürülebilir kalkınma hedeflerine katkıda bulunmayı amaçlamaktadır [20].

Karbon nötr hedefi atmosfere salınan antropojenik emisyonlarının net sıfır durumuna gelmesini hedeflemektedir. Paris Anlaşması'nın ardından UNFCCC (Birleşmiş Milletler Çerçeve Sözleşmesi) üyesi ülkeler kademeli olarak karbon nötrlüğü hedefleri koymaktadır. Karbon nötrlüğü; ürün faaliyet veya işletme tarafından belirli zaman içinde doğrudan veya dolaylı olarak üretilen toplam karbondioksit veya sera gazı emisyonlarının miktarlarını için göreceli olarak "sıfır emisyon" elde etmek için pozitif ve negatif dengeleme yeteneği olarak ifade edilmektedir. Ağaç dikimi, enerji tasarrufu, emisyon azaltımı gibi yollarla dengelemeyi amaçlar. Taraf ülkeler karbon nötr hedefine ulaşmak amacıyla yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı, enerji verimliliğini artırma ve düşük karbonlu teknolojilere geçiş çalışmalarıyla karbon emisyonlarını azaltmayı amaçlamaktadır [21-22-25].

Karbon nötr hedefleri:

1. 2050 hedefi: Anlaşmaya üye ülke ve kuruluşlar 2050 yılına kadar sera gazı emisyonlarını absorbe eden ya da telafi eden yöntemlerle net sıfır emisyon sağlama hedefi içerisindedir.
2. Emisyon azaltım hedefi: Kısa ve orta vadeli hedefler belirlenerek karbon emisyonlarının belirli bir yüzde oranında azaltılması hedeflenmektedir.
3. Yenilenebilir enerji hedefleri: Enerji üretiminde kullanılan kaynakları yenilenebilir enerji kaynaklarına dönüştürmeyi hedeflemektedir.
4. Enerji verimliliği hedefleri: Enerji tüketiminin azaltılması ve yüksek oranlarda enerji verimliliği sağlanması hedeflenmektedir.
5. Ağaçlandırma ve koruma: Atmosferden karbonu uzaklaştırmak amacıyla ormanların korunması ve yeniden ağaçlandırma projelerini desteklemektir [19].

2.3.4.1. Avrupa yeşil mutabakatının kullanıldığı sektörler

Avrupa Yeşil Mutabakatı kapsamında belirlenen hedefler doğrultusunda bir dizi uygulama öne sürülmüş olup farklı sektörlerle ait eylem planları oluşturulmuştur. Avrupa Yeşil Mutabakatı kapsamında oluşturulan sınırdaki karbon düzenleme mekanizmasına tabi olan sektörler alüminyum, demir-çelik, çimento, elektrik, gübre ve çimento sektörleri olarak belirlenmiştir. 1 Ekim 2023 tarihi ile geçiş dönemi başlamış olup 2026 yılında ana uygulama dönemi başlayacaktır. AB'ye ihraç edilen ilgili ürünlere ilişkin gömülü emisyonlar üzerinden mali yükümlülükler oluşacaktır. Ocak 2026 tarihi itibarıyla ithal ürünlere gömülü emisyonlar için, AB'de yetkilendirilmiş ithalatçılar tarafından AB Emisyon Ticaret Emisyon (ETS)'deki karbon fiyatlarına uygun olarak bir karbon ücreti ödenmeye başlanacaktır. Çimento ve gübre sektörlerinde dolaylı emisyonlar ücretlendirmeye tabi olacaktır [23].

2.4. Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri

Sürdürülebilirlik kavramı son yıllarda farklı disiplinler arasında gündemde olan bir kavramdır. Bu kavram gelecek nesillerin ihtiyaçları göz önünde bulundurularak bugünün ihtiyaçlarını karşılamak olarak ifade edilebilmektedir. Sürdürülebilirlik kavramı kısa vadeli karlara hedeflenip uzun vadede zarara neden olmanın önüne geçilebilmesi adına oluşturulmuş bir kavramdır.

Sürdürülebilirliğin temel amacı geleceği yok etmeden yaşam kalitesini artırma ve devam ettirme yönünde oluşturulan çalışmalar olarak ifade edilebilmektedir. Bu kavram ilk kez birleşmiş Milletler Kalkınma Komisyonunda sunulmuş olan “Ortak Geleceğimiz” raporunda somut olarak yer almıştır. Şekil 2.7’de sürdürülebilir kalkınma hedefleri yer almaktadır. Son yıllarda doğal kaynakların tükenmesi ve iklim değişikliklerinin etkileri sürdürülebilirlik kavramının önemini de ortaya koymuştur.



Şekil 2.7. Sürdürülebilir kalkınma hedefleri.

25/27 Eylül 2005 tarihlerinde 193 ülke Birleşmiş milletler öncülüğünde 193 ülke ekonomik, sosyal ve çevresel açıdan sürdürülebilirliği 17 temel amaç ve 169 alt amacın yer aldığı bir bildirge sunmuştur. “Dünyamızı Dönüştürmek: 2030 Sürdürülebilir Kalkınma Gündemi” olarak adlandırılan bu bildirge BM kurulunda kabul edilmiştir. 17 temel amacın yer aldığı sürdürülebilir kalkınma hedeflerinin sonuca ulaşması konusunda 193 ülke taahhütte bulunmuştur [48].

Sürdürülebilir kalkınma hedefleri 5 temel ilke (5P) çerçevesinde oluşturulmuştur. Bu ilkeler şunlardır;

1. People (İnsanlar): Bütün insanlar adına açık ve yoksulluğun son bulması, sağlık eğitim vb. temel ihtiyaçların kolay ulaşılabilir olması, cinsiyet eşitsizliğinin son bulması adına gereken mücadelenin verilmesi
2. Planet (Dünya): Doğal kaynakların korunması, iklim değişikliği ile mücadele için acil olarak eylem planları oluşturulması, üretimde ve tüketimde sürdürülebilirliğin sağlanması konusunda harekete geçilmesi
3. Prosperity (Refah): Tüm insanların refah düzeylerini arttırmak, gelir dağılımını eşit biçimde olması için mücadele edilmesi
4. Peace (Barış): İnsan hayatının tehdit altında olmadığı daha güvenilir bir toplumda yaşamın sağlanması

5. Partnership (Ortaklık): Karşılaşılan problemlere küresel ortaklıklar kurarak sürdürülebilir kalkınmanın sağlanması.

Sürdürülebilir kalkınma hedefleri 5P adı ile belirtilen beş ilke doğrultusunda 17 amaç ortaya sunulmuştur.

1. Yoksulluğun tüm dünya üzerinde son erdirmek.
2. Açlık problemini bitirmek, sürdürülebilir tarımı desteklemek, gıda güvenliğini sağlamak.
3. Sağlıklı ve kaliteli yaşam sağlamak.
4. Herkes için kapsayıcı eğitim sağlamak ve hayat boyu öğrenim fırsatları sağlamak.
5. Cinsiyet eşitliğini sağlamak.
6. Herkes için su, atık su hizmeti sağlamak ve sürdürülebilir su yönetimi sağlamak.
7. Herkes için karşılanabilir sürdürülebilir ve modern enerji sağlamak.
8. Kapsayıcı ve sürdürülebilir ekonomik büyümeyi, tam üretken istihdamı desteklemek.
9. Dayanıklı altyapı tesisleri inşa etmek.
10. Ülkeler arası eşitsizlikleri azaltmak.
11. Şehirleri ve insan yerleşimlerini kapsayıcı güvenli ve sürdürülebilir kılmak.
12. Bilinçli üretim ve tüketimi sağlamak.
13. İklim değişikliği ile ilgili acil eyleme geçmek.
14. Sürdürülebilir kalkınma için okyanusları denizleri ve deniz kaynaklarını korumak.
15. Sürdürülebilir orman yönetimini sağlamak, çölleşme ile mücadele etmek, biyolojik çeşitlilik kaybını engellemek.
16. Daha barışçıl ve kapsayıcı toplumlar yetiştirme, herkes için adalet sağlamak ve her düzeyde kapsayıcı kurumlar oluşturmak.
17. Sürdürülebilir kalkınma için uygulama araçlarını güçlendirmek, küresel ortaklığı sağlamaktır.

Bu çerçeve bütüncül ve kapsayıcı kalkınma açısından ekonomik refah, çevresel sürdürülebilirlik, eşitlik adalet ve barış konularını içeren entegre bir çözüm anlayışı içerisinde oluşturulmuştur [2].

Türkiye iklim değışikliklerinden etkilenebilecek konumda yer almakta olup iklim değışikliklerine ilişkin yasal mevzuatlara katılım konusunda temkinli yaklaşım sergilemiştir. BMİDÇ’de sera gazı emisyonlarını azaltma yükümlülüğüne sahip ülkeler (EK 1) arasında yer alan Türkiye aynı zamanda OECD üyesi de olduğu için gelişmekte olan ülkelere teknoloji, finansal ve kapasite geliştirme desteğı sağlayacak ülkeler (EK2) konumda bulunmaktaydı. 2001 Marakeş 7. Taraflar Konferansında bu sınıflandırmaya itiraz ederek EK 2 listesinden çıkarılmış ve EK 1 listesinde özel bir konumda yer almaktadır. Türkiye 2021 yılında imzaladığı ve yürürlüğe koyduğu Paris İklim Anlaşması ile 2053 yılı için “sıfır emisyon” hedefini açıklamıştır. 1994 yılından itibaren BMİDÇS’nin yürürlüğe girmesi ile beraber her yıl Taraflar Konferansı (COP) düzenlenmekte olup küresel ısınma ve sera gazı emisyonlarının azaltım çalışmaları ele alınmaktadır [2].

2.5. Bibliyometri

1969 yılından önce E. Wyndlam Hulme tarafından belgelerin sayılarak sınıflandırılmasıyla veriler elde ederek adına “istatistiksel bibliyografya” vererek bibliyometrinin temellerini atmıştır. Bilim ve teknolojik süreçlerin kolaylaştırılması adına yapılan bu uygulama 1969 yılında Pritchard tarafından “bibliyometri” adı altında kullanılmıştır.

Latince “biblion” kitap, “metricus” ölçme kelimeleri bibliyometri kelimesinin kökenlerini oluşturmaktadır [44].

Bibliyometrik “istatistiksel ve matematiksel yöntemlerin kitaplara ve diğer iletişim araçlarına uygulanması” olarak tanımlanır. Pritchard bibliyometriyi “kitaplar ve süreli yayınların; tarihsel hareketlerini izlemek, araştırmalara katkılarını görmek amacıyla, söz konusu çalışmaların istatistiksel ve matematiksel olarak analizini yapmak” olarak tanımlamıştır. Fairthorne’e göre “yazıya geçirilmiş söylemlerin ve onunla ilgili davranışların niteliklerinin nicel olarak ele alınması” olarak ifade eder [25-37-45].

Bilim adına oluşturulan çalışmaların çoğalması nedeniyle belirli bir alanda oluşturulan verilerin bütüncül biçimde analiz edilmesini sınırlamaktır. Bu sorunun çözümü konusunda bibliyometrik analiz yöntemi yoğun bir şekilde kullanılmaktadır [44].

Bibliyometrik teknikleri bir konu veya disiplin içindeki sosyal yapının, büyüme ve gelişmenin incelenmesi, bir bölgedeki verileri karşılaştırarak durumlarını yorumlamak için kullanılmaktadır. Bilimsel ilerlemeler ile ilgili, verilerin analiz edilerek, geleceğe yönelik politikalar belirlenmesinde, eksik ve zayıf yönlerin tespitinde, sonraki çalışmalara yön vermesi adına bibliyometrik teknikleri kullanılmaktadır [25-45].

Ülkeler, kurumlar ve kişiler tarafından üretilen bilimsel yayınların atıf, makale, Q değeri, etki faktörü, h –indeksi, yazar vb. verilerin sayısal olarak analiz edilmesini ve bulgular ortaya çıkarılması bibliyometrik analizdir [25-45].

2.5.1. Bibliyometri çeşitleri

Araştırmacının; herhangi bir konuda farklı araştırmalar arasındaki etkileşimlerini ölçmek amacıyla çeşitli yöntemler kullanılır. Ortak atıf, ortak yazar, bibliyografik eşleme gibi yöntemler kullanılır [45].

2.5.2. Bibliyometrik araştırmanın amacı

Bilimsel süreçlerde yenilikler geliştirmek için literatürü doğru analiz ederek girişimlerde bulunulması gerekmektedir. Bilimsel çalışmaların konusu yazarı atıf sayısı gibi verilerin nicel olarak ortaya konması bibliyometri ile sağlanmaktadır. Bibliyometrik çalışmaların amacında araştırma konusu hakkındaki en verimli çalışmalar belirlenirken, etkileşim süreçlerini gösterdiği ve böylece çalışmalar için bir yol haritası gösterdiği belirtilmiştir [50].

Makalelerin yer aldıkları disiplinlerdeki eksikliklerin tespitinde bibliyometrik çalışmalar önem taşır.

Akademik çalışmaların farklı kriterler yönünden incelenmesine olanak sağlayan bibliyometri belli bir zaman dilimi içindeki çalışmaların seçilmesi ile tanımlayıcı olarak yeni yapılacak olan çalışmalar için araştırmacılara bir yol gösterici olma niteliği taşır [26].

2.5.3. Bibliyometrik analizlerde kullanılan veri tabanları

Bibliyometrik analiz yapılırken çok çeşitli veri tabanları kullanılmaktadır. Bibliyografik veri tabanları çalışmaların haritalandırılmasında oldukça önemlidir. Araştırma yapılırken genellikle kullanılan veri tabanları şunlardır:

- Web of science (Wos)

- Scopus
- Microsoft Academic (MA)
- Education Resources Information Center (ERIC)
- Google Scholar (GS)

2.6. Araştırma Makalelerinin Yayınlandığı Dergilerin Q Değerleri ve Etki Faktörleri

Etki faktörü, bir derginin göreceli etkisini değerlendirmek için kullanılan yöntemdir. Son 2 yılda yayınlanan makalelerin dergi alıntı raporlarında ortalama olarak alıntılanma sayısıdır. Etki faktörü tanımı 1955 yılında ilk kez kullanılmıştır. 1961 yılından itibaren ise Science Citation Index'in ortaya çıkması ile dergilerin seçimi için dergi etki faktörü olarak kullanılmıştır [50].

Q değeri İngilizce “quartile” kelimesinden türetilmiş olup çeyrek anlamına gelmektedir. Birçok dergi etki faktörüne ek olarak “usage factor”, “h-index”, “immediacy index” gibi kriterleri de kullanmaktadır. Web of Science, Scopus, Google Scholar gibi veri tabanları dergi kalitesini değerlendirmek amacıyla h-index, immediacy index gibi faktörleri kullanmaktadır. Dergiler her yıl farklı konu başlıkları altında sıralanmakta olup ve sıralamada ilk % 25'lik çeyrekteki yayınlar Q1, ikinci çeyrektekiler Q2, üçüncü çeyrektekiler Q3 ve son çeyrektekiler ise Q4 olarak gruplandırılmıştır [25-45].

2.7. Literatür Araştırması

Khashayar ve arkadaşları Covid 19 sonrasında gelişen enerji kriziyle birlikte yenilenebilir enerji ihtiyacının artmasına yönelik karbon ve su ayak izlerinin bibliyometrik analizi ile ilgili çalışma yürütmüştür. Scopus veri tabanı üzerinden veri sağlanmış ve Vosviewer uygulaması üzerinde analiz gerçekleştirmiştir. Analiz sonucunda kaynak yönetimine bütünsel bir yaklaşım için karbon ve su ayak izlerinin kalkınma planlarında yer almasının oldukça önemli olduğunu vurgulamıştır [28].

Zhaofeng ve arkadaşlarının Çin'de yürüttüğü çalışmada, yükseköğretimde karbon ayak izine ilişkin araştırmaların eğilimlerini bir bibliyometrik analiz ile tespit etmiştir. Bu çalışmada yükseköğretimde karbon ayak izi durumunu kümeleme analizi yaparak ortaya koymuştur. Karbon ayak izi ile ilgili anahtar kelimeleri tespit

etmiş, ilerleyen süreçte bu anahtar kelimeleri ile ilgili çalışmaların yürütülebileceği olası olarak görmüştür [29].

Wu ve arkadaşları, Çin’de gıda, su, karbon, ve enerji ayak izinin zamansal ve mekânsal evrimi hakkında bir bibliyometrik analiz çalışması yürütmüştür. Bu çalışmalarında üretim sırasında ortaya çıkan karbon, su, ve enerji ayak izleri ölçmeyi amaçlamışlardır. 2011 yılından 2020 yılına kadar olan verileri kullanarak bir çalışma yürütmüşlerdir. Çin’in Kuzeybatı Kurak bölgesinde yürüttükleri çalışmada mısır ve buğdayın CF, EF ve WF’si değerlendirilmiştir. Sonuç olarak buğdayın değerlerinin yüksek olduğu tespit edilmiştir [30].

Durmuş ve arkadaşı 2024 yılında yayınlamış oldukları bir çalışmada karbon ayak izi ve yeşil organizasyon kavramlarına yönelik çalışmaları bir bibliyometrik analiz ile incelemişlerdir. Analizi Scopus ve Web of Science veri tabanlarından veri elde ederek gerçekleştirmişlerdir. Analiz çalışmasını “karbon ayak izi ve yeşil organizasyon” anahtar kelimelerini kullanarak arama gerçekleştirmişlerdir. Herhangi bir yıl sınırlaması yapmadan elde ettikleri verileri Rstudio ile görselleştirmişlerdir. Sonucunda ise daha temiz ve yaşanabilir bir çevre için yeşil organizasyona ihtiyaç duyulduğu tespit edilmiştir [31].

Yingxin ve arkadaşlarının yürütmüş olduğu çalışmada karbon ayak izinin azaltılması için çamur arıtma ve bertaraf teknolojilerinin analizinde bibliyometrik analiz kullanmışlardır. Web of Science veri tabanına “sera gazı veya küresel ısınma veya iklim değişikliği ve çamur arıtma” yazarak arama gerçekleştirmiştir. Analiz yılları olarak 1998-2020 arası dönemi seçmişlerdir. Arama sonuçlarını Gephi uygulamasında görselleştirmişlerdir. Araştırma sonucunda sera gazı emisyonlarını azaltabilecek çamur arıtma yöntemlerini tespit etmişlerdir [32].

Yue ve arkadaşları 2006-2015 yılları arasında su ayak izi araştırmalarının haritalanması çalışmasında bibliyometrik analiz yöntemini kullanmışlardır. Araştırma verilerini Web of Science veri tabanından sağlamışlardır. Belirlenen yıllar arasında 636 kayıt elde etmişlerdir. Ülkeler, kurumlar, dergiler ve çok atıf alan yayınlar hakkında bilgiler sunmuşlardır [33].

Yiyang ve arkadaşları Çin’in ekolojik ayak izi araştırmalarının odak noktalarını ve sınırlarının evrimi üzerine bir çalışma yürütmüştür ve bu çalışmada bibliyometrik analiz yöntemini kullanarak analiz gerçekleştirmişlerdir. Araştırmayı Web Of

Science veri tabanı üzerinden “topic” seçilerek “ecological footprint” yazılarak ve 2000-2017 yılları arasında bulunan yayınların incelemesi gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmada ekolojik ayak izi kavramının 21.yy. başlarından 2017 yılına kadar yapılan çalışmaların literatür kalitesi, yazar grubu, organizasyon kategorilerinde analizi yapılmıştır [34].

Humood ve arkadaşları Güney Asya’da iklim değişikliği ve sürdürülebilir geçim hakkında yürüttüğü çalışmada analiz yöntemi olarak bibliyometrik analiz yöntemini kullanmıştır. Scopus veri tabanı üzerinden elde ettiği verileri Vosviewer uygulaması üzerinde analiz ağı elde ederek görselleştirmiştir. Çalışmaları sonucunda Hindistan, Bangladeş ve ABD gibi ülkelerin sürdürülebilir geçim kaynakları hakkında en çok çalışma yapan ülkeler olduğunu ortaya koymuştur [35].

Sayanta ve arkadaşları ekoturizmin sürdürülebilir kalkınma doğrultusundaki gelişmeleri hakkında analiz gerçekleştirmişlerdir. Analiz yöntemi olarak bibliyometrik analiz yöntemini seçmişlerdir. Analiz için verileri Scopus veri tabanından elde etmişlerdir. Bu çalışmada Vosviewer ve Gephi uygulamaları kullanarak analiz sonuçlarını elde etmişlerdir. Gephi uygulaması üzerinden eş zamanlılık analizi ve dinamik eşgüdüm analizi gibi analizleri gerçekleştirmişlerdir [36].

Yin ve Şi, karbon ayak izi ile ilgili küresel bir araştırma çalışmasında bibliyometrik analiz yöntemini kullanmışlardır. Karbon ayak izi araştırmalarını daha kapsamlı bir şekilde incelemek adına bibliyometrik analiz çalışması yapmışlardır. Web of Science veri tabanı üzerinden elde edilen verileri Citaspace uygulaması üzerinde anahtar kelime, eş geçerlilik, iş birliği ağı ve eş atıf analizi gibi analizler gerçekleştirmişlerdir. Sonuç olarak bölgeler ve ülkeler arası, dengesiz gelişme karbon ayak izi araştırmalarının önünde bir engel olduğu tespit edilmiştir [37].

Istvan ve arkadaşları tekstil endüstrisinde yeşil üretim hakkında analiz için bibliyometrik analiz yöntemini kullanmışlardır. Çalışmalarında Scopus veri tabanı üzerinden elde ettikleri verileri Vosviewer uygulaması kullanarak görselleştirmişlerdir [38].

Maria ve arkadaşları OECD ülkelerinde ekolojik ayak izi ve enerji inovasyonu hakkındaki gelişmeleri incelemek için bibliyometrik analiz yöntemini kullanmışlardır. Scopus ve Web of Science veri tabanlarından elde ettikleri verileri

Vosviewer uygulamasında işleyerek analiz görselleştirmesi gerçekleştirmişlerdir [39].

Ruixia ve arkadaşları, orman toprağı karbon yutağı ve kaynağının gelişim durumu hakkında çalışma yürütmüşlerdir. Bu çalışmalarında analiz yöntemi olarak bibliyometrik analiz yöntemini kullanmışlardır. Web of Science veri tabanında SCI ve SSCI (Social Science Citation Index) kategorileri seçilerek araştırma gerçekleştirilmiştir. Bibliometrix ve Citespace üzerinden analiz çalışmaları görselleştirilmiştir [40].

Meiyye ve arkadaşları düşük karbonlu şehirlerin ölçümü çalışmasında bibliyometrik analiz yöntemini kullanmışlardır. Web of Science veri tabanı “düşük karbon” ve “şehir” anahtar kelimeleri ile veri sağlamıştır. Verilerin ağ analizleri için Citespace ve Vosviewer uygulamaları kullanılmıştır [41].

SaedeH ve arkadaşları karbon fiyatlandırmasının kamuoyunda kabul görmesi konusunda bir çalışma yürütmüş ve bu çalışmayı bibliyometrik analiz yöntemi ile gerçekleştirmiştir. Web of science veri tabanı üzerinden elde edilen verileri Rstudio uygulamasıyla görselleştirmişlerdir. Atıf analizi, eşleşme analizi ve prestij analizi gibi analizler gerçekleştirmişlerdir [42].

Sara ve arkadaşları çevresel ayak izi konusu ile ilgili yürütmüş oldukları araştırmada bilimsel haritalandırma için bibliyometrik analiz yöntemini kullanmışlardır. Veri eldesi için Web of Science veri tabanını kullanmışlardır. Ortak atıf analizi ve anahtar kelime analizi yaparak, Vosviewer uygulamasında görselleştirmişlerdir [43].

Xu ve arkadaşları, karbon nötrlüğü hakkındaki araştırmaların bibliyometrik analizini gerçekleştirmişlerdir. Araştırma verilerini Web of Science veri tabanı üzerinden elde etmişlerdir. Elde edilen veriler Vosviewer ve Bibliometrix uygulamaları üzerinden görselleştirilmiştir. Ülke analizi, yazarlar analizi ve anahtar kelime analizi yapılmıştır. Sonuç olarak karbon nötrlüğü için karbon azatlımı, karbon replasmanı ve CCUS (karbon yakalama, kullanma ve depolanması) önemli adımlardan olduğu tespit edilmiştir [25].

Pratama ve arkadaşları, 2050 karbon net sıfır hedeflerine ulaşılması adına gerçekleştirilen enerji sürdürülebilirliği için yenilenebilir enerji kaynaklarından biri olan yeşil dizel üretimindeki gelişmeler hakkındaki yayınlanan araştırmaların bir

bibliyometrik analizi gerçekleştirmişlerdir. Veri kaynağı olarak scopus veri tabanını kullanmışlardır. Elde edilen veriler Vosviewer ve RStudio uygulamaları ile görselleştirilmiştir. Sonuç olarak, karbon emisyonlarının yeşil dizelin sürdürülebilir bir yakıt olarak kullanılması ile azaltılabileceğı tespit edilmiştir [50].

Zhang ve arkadaşları, karbon nötrlüğü araştırmalarının bibliyometrik analizlerini gerçekleştirmişlerdir. Verileri Web of Science veri tabanından elde etmişlerdir. Elde edilen veriler Citespace uygulaması üzerinden analiz etmişlerdir. Yayın analizi, anahtar kelime analizi ve bağlantı analizlerini gerçekleştirmişlerdir. Sonuç olarak, ABD, Çin ve İngiltere'nin karbon nötrlüğü konusunda en üretken üç ülke oldukları tespit edilmiştir [51].

Mateus ve arkadaşları, sürdürülebilir kalkınma kapsamında Latin Amerika'da döngüsel ekonomiyi konu alan çalışmaların bibliyometrik analizini gerçekleştirmişlerdir. Veri kaynağı olarak Scopus veri tabanını kullanmışlardır. Elde edilen veriler Vosviewer uygulamasında görselleştirilmiştir. Sonuç olarak, Latin Amerika'da döngüsel ekonomi, sürdürülebilir tüketim ve üretim modellerine teşvik etme potansiyeline sahiptir [52].



3. MATERYAL METOD

3.1. Verilerin Toplanması

Bu çalışmada kullanılan veriler Web of Science (WOS) veri tabanı üzerinden veriler alınmıştır. Arama çalışması 2024 yılının kasım ayında gerçekleştirilmiştir. Arama işlemi “2020-2021-2022-2023-2024” yıllarında yayınlanmış olan makaleler arasından “engineering environmental” kategorisi seçilerek yapılmıştır. Emerging Sources Citation Index (ESCI), Social Science Citation Index (SSCI), Science Citation index (SSCI) olarak üç adet kategori seçilerek aramalar özelleştirilmiştir. Kullanılan veri tabanının kullanım dili İngilizce olduğu için arama kelimeleri İngilizce olarak aranmıştır.

Bibliyometrik çalışmalarda bibliyometrik çalışmaların analizleri için kullanılan bibliyometrik yazılım araçları büyük önem taşımaktadır. Bibliyometrik analizlerde kullanılan yazılımlar görselleştirme yaklaşımlarında mesafe tabanlı ve grafik tabanlı yaklaşım harita türleri kullanılmaktadır. Veriler arası ilişkilerin araştırma durumu olduğunda mesafe tabanlı haritalar kullanılırken, sadece mevcut verilerin ortaya konması söz konusu olduğunda grafik tabanlı haritaların kullanıldığı bibliyometrik analizler yapılmaktadır. Grafik tabanlı haritalandırma için, Kamada-Kawai, Fruhterman-Reingold ve Patfinder ağırları gibi yazılımlar bulunurken, mesafe tabanlı haritalama için Vos, Vxord gibi yazılımlar kullanılmaktadır.

Vosviewer uygulaması ile gerçekleştirilen çok sayıda analiz bulunmaktadır. Ortak yazarlık, ortak alıntı bağları, yayınların ve dergilerin atıf ilişkileri, anahtar kelime grupları gibi analizler gerçekleştirilmektedir. Vosviewer uygulamasında gerçekleştirilen analizlerde veriler farklı dosya formatlarında yüklenebilmektedirler. Bu çalışmada, bibliyometrik veri olarak Web of Science veri tabanından elde edilen verileri Txt dosyaları olarak analizi gerçekleştirilmektedir.

İlk arama olarak sürdürülebilirlik Web of Science arama kısmına “sustainability” yazılarak ve arama kriteri olarak ana konuda geçerli olabilmesi adına konu başlık (topic) seçilerek arama yapılmıştır. “sustainability” yazılarak ve gerekli özelleştirmeler sağlanarak 8539 adet veri olduğu elde edilmiştir.

İkinci arama kelimesi çevresel sürdürülebilirlik seçilmiştir. Program diline uygun olması açısından arama kısmına “environmental engineering” şeklinde yazılarak arama işlemi gerçekleştirilmiştir. Arama sonucu olarak 1233 adet veri elde edilmiştir.

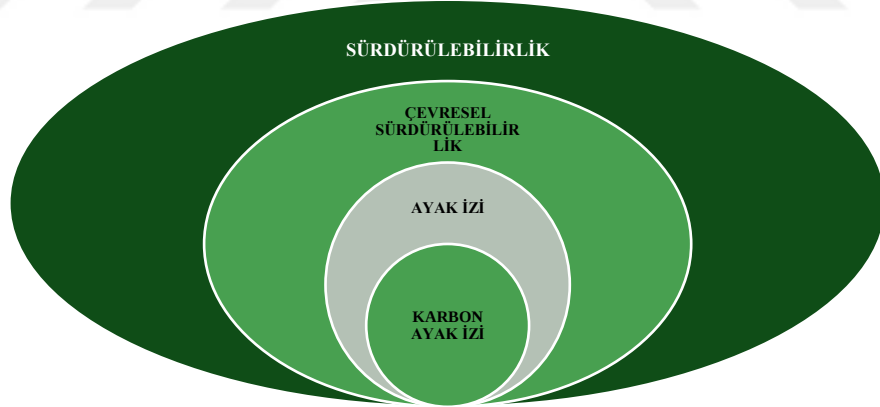
Üçüncü arama kelimesi olan ayak izi kelimesi program dili sebebiyle “footprint” yazılarak arama yapılmıştır. Arama sonucunda 2756 tane veri elde edilmiştir.

Dördüncü arama kelimesi karbon ayak izi olup en kapsamlı inceleme bu aramada gerçekleştirilmiştir. Program diline uygun olması sebebiyle “carbon footprint” yazılarak arama gerçekleştirilmiş olup arama sonucunda 1305 adet veri elde edilmiştir. Elde edilen bu veriler Vosviewer uygulamasında analiz edilmiştir.



4. ANALİZ BULGULARI

Bu tezde iklim değışikliği ile mücadele için gerekli olan kavramların yer aldığı çalışmaların genelden özele doğru ele alınarak dağılımlarını ve aşamalardaki anahtar kelimeler tespit edilmektedir. Bu analiz çalışmasında elde edilecek veriler konu ile ilgili diğer araştırmacıların gerçekleştirecekleri yeni çalışmalarda yön göstermesi amaçlanmaktadır. Şekil 4.1’de genelden özele doğru kavramların şeması verilmektedir. En genel kavram olarak nitelendirebileceğimiz sürdürülebilirlik kavramını en geniş alana sahiptir. İkinci en geniş alan, sürdürülebilirlik kavramının iklim değışikliği ile bağlantılı olan alt bileşeni çevresel sürdürülebilirlik yer almaktadır. Üçüncü geniş alanda ise iklim değışikliği ile mücadele için oluşturulan sistem olarak ayak izi kavramını yer almaktadır. Avrupa Yeşil Mutabakatı hedeflerinde yer alan karbon sıfır hedefine yönelik çalışma olarak karbon ayak izi kavramını en dar alanda yer almaktadır.



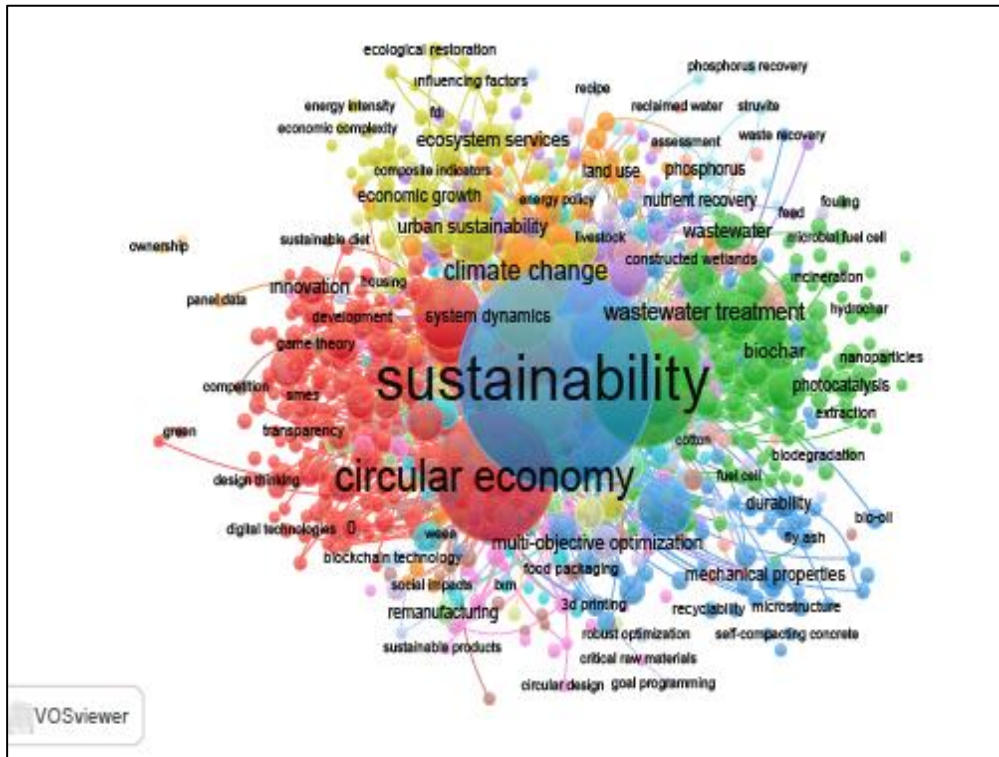
Şekil 4.1. Genelden özele kavram şeması.

Bu tezde iklim değışikliği ile mücadele için gerekli olan kavramların yer aldığı çalışmaların genelden özele doğru ele alınarak dağılımlarını ve aşamalardaki anahtar kelimeler, yayınlanan çalışmaların ülkeleri tespit edilmiştir. Bu analiz çalışmasında elde edilecek veriler konu ile ilgili diğer araştırmacıların gerçekleştirecekleri yeni çalışmalarda yön göstermesi amaçlanmıştır. Avrupa Yeşil Mutabakatı ile planlanan hedefler doğrultusunda iklim değışikliği ile mücadele için sürdürülebilirlik kavramı ve alt bileşenlerini konu alan makaleler incelenmiştir.

İklim değişikliği ile mücadele için en genel kavram olan sürdürülebilirlik kavramının ilk olarak incelemesi yapılmıştır.

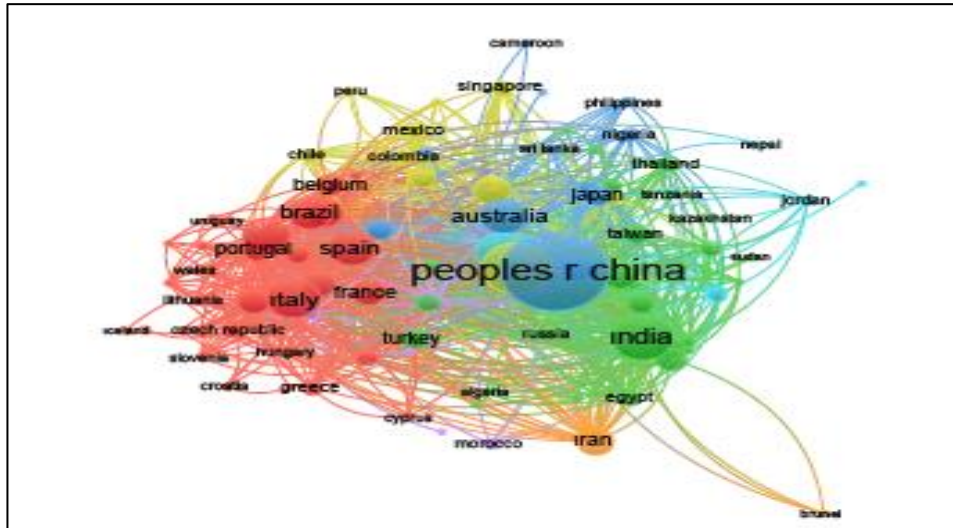
4.1. Sürdürülebilirlik Konulu Yayınların İncelemesi

Web of Science veri tabanında “sustainability” yazılarak yapılan aramada 8539 adet makale olduğu belirlenmiştir. Çevre mühendisliği anabilim dalında yapılan sürdürülebilirlik çalışmalarının anahtar kelime analizi yapılarak sürdürülebilirlik konusu ile ilişkili olarak kelimelerin tespiti yapılmıştır. Şekil 4.2’de makalelerde bulunan anahtar kelimelerin ağ analizi görseli verilmiştir. Görselde yer alan şekillerin büyüklüğü ile anahtar kelimenin kullanım sıklığı doğru orantılıdır.



Şekil4.2. Sürdürülebilirlik konulu yayınlanmış makalelerin anahtar kelimelerinin bibliyometrik ağ analizi.

Şekil 4.2’de verilen ağ analizi sonucunda “döngüsel ekonomi - atık su arıtma - iklim değişikliği - çevresel sürdürülebilirlik - sera gazı emisyonu - sürdürülebilirlik gelişimi - geri dönüşüm” sözcükleri bu çalışmalarda en çok kullanılan kelimeler olmuştur. Çevre mühendisliği anabilim dalında sürdürülebilirlik temalı çalışmalarda bu konularla oldukça ilişkili olduğu tespit edilmiştir. Sürdürülebilirlik konusu kapsamında yapılan çalışmaların küresel olarak dağılımının belirlenmesi adına ülkeler arası yayınların bibliyometrik ağ analizi gerçekleştirilmiştir.

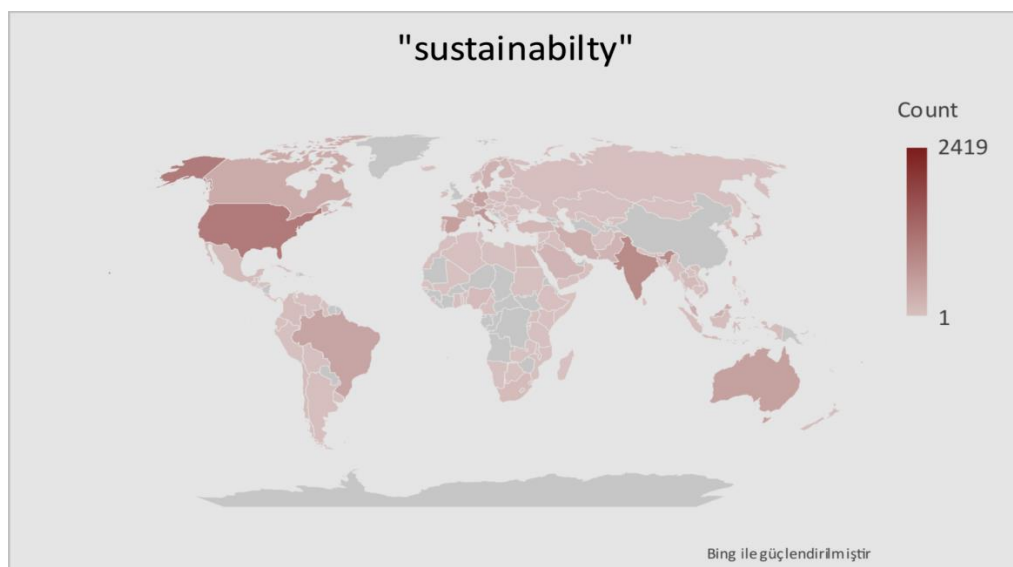


Şekil4.3.Sürdürülebilirlik konulu yayınlanmış makalelerin ülkeler arası bibliyometrik ağ analizi.

Şekil 4.3’ deki görselde görüldüğü üzere sürdürülebilirlik konulu makale yayınların büyük çoğunluğu Çin Halk Cumhuriyeti’nde yayınlanmıştır. Brezilya, Avustralya, Hindistan, İtalya ve Japonya gibi ülkeler de bu alanda diğer ülkelere oranla daha fazla yayın yaptığı görülmektedir.

En genel kavram olarak sürdürülebilirlik çatısı altında gerçekleştirilmiş olan çalışmaların ülkelere göre dağılımı Şekil 4.4’de verilmiştir.

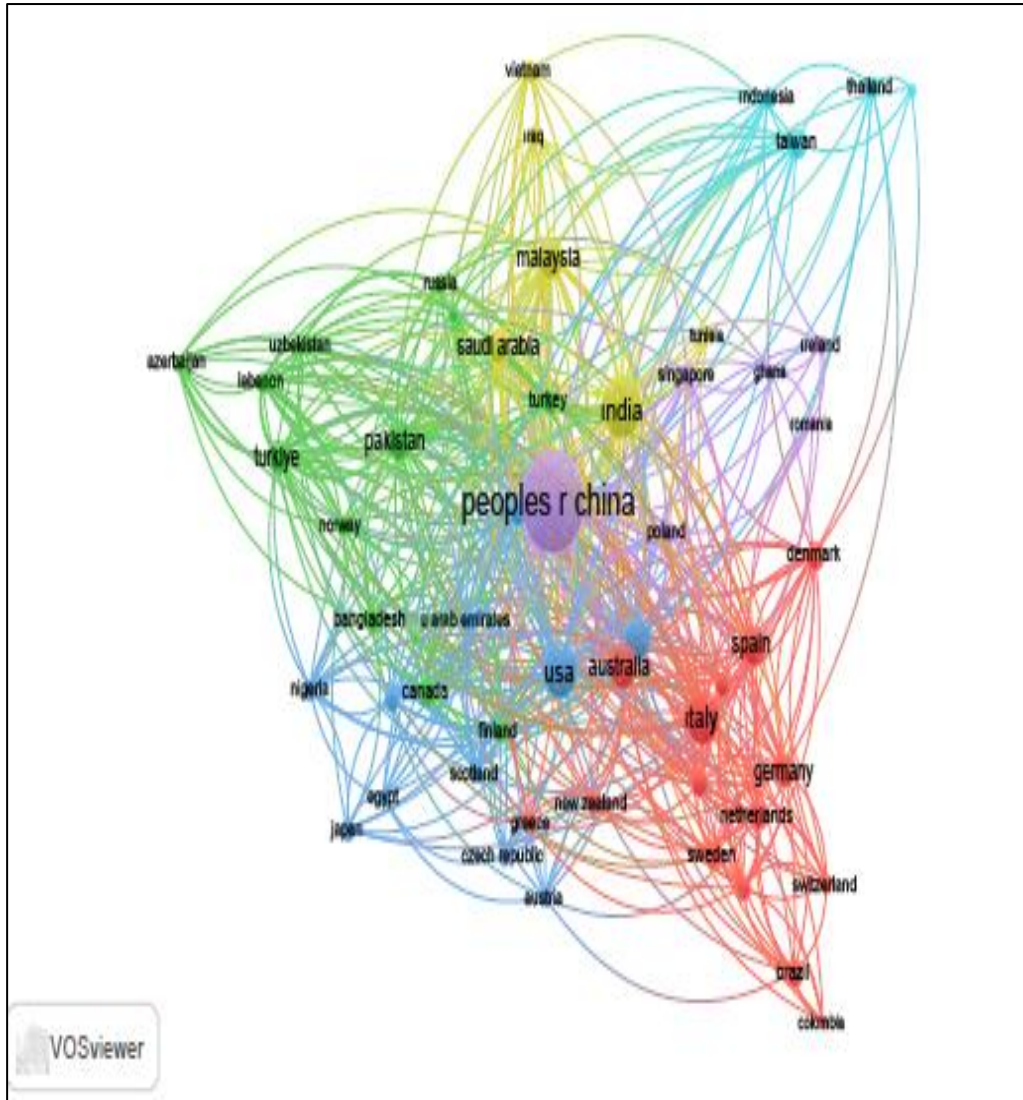
Şekil 4.4’de koyu renkte gösterilen ülkelerde “sustainability” konulu makale çalışmalarının daha yoğun olarak çalışıldığı daha açık renkte bulunan ülkelerin bu konu ile ilgili yayınlamış oldukları makalelerin daha az olduğu belirtilmiştir.



Şekil 4.4. Sürdürülebilirlik konulu yayınların ülkelere göre dağılımı.

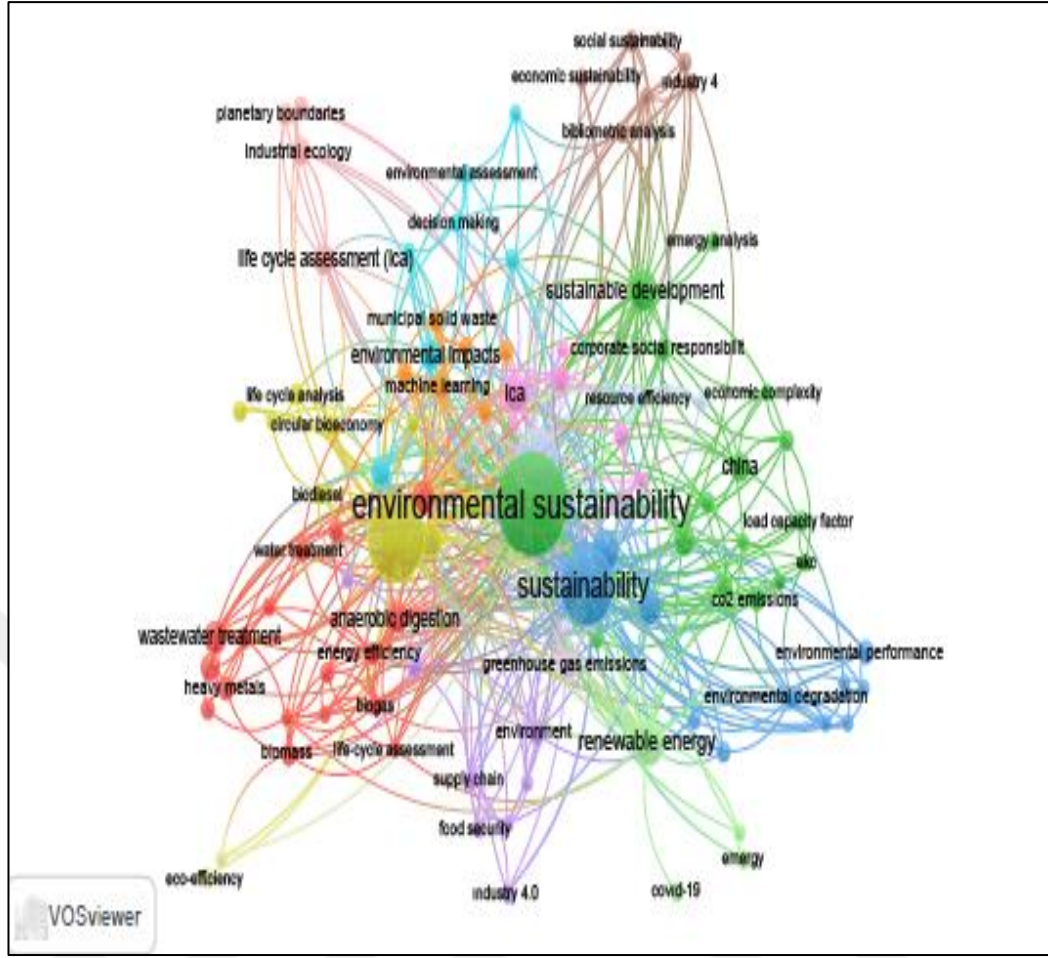
4.1.1. Çevresel sürdürülebilirlik konulu yayınların incelemesi

Sürdürülebilirlik kavramı birçok alanda geçerli olan bir kavram iken onun alt kavramı olan çevresel sürdürülebilirlik çevre mühendisliği ana bilim dalı için daha çok ilgili olmaktadır. Çevresel sürdürülebilirlik ile ilgili arama Web of Science veri tabanına “environmental sustainability” yazılarak gerçekleştirilmiştir. Arama sonucunda 1233 adet makale olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 4.5. Çevresel sürdürülebilirlik konulu yayınlanmış makalelerin ülkelerinin bibliyometrik ağ analizi.

Çevresel sürdürülebilirlik konulu makalelerin yayınlanmış olduğu ülkeler arası bağ bibliyografik ağ analizi yapılarak tespit edilmiştir. Şekil 4.5’de görüldüğü üzere Çin Halk Cumhuriyeti bu alanda en çok makale yayınlayan ülke olmuştur. Amerika Birleşik Devletleri, Hindistan, Pakistan, İtalya, İspanya gibi ülkeler ise Çin’ den sonra en çok yayın yapan diğer ülkeler arasında olduğu görülmektedir.

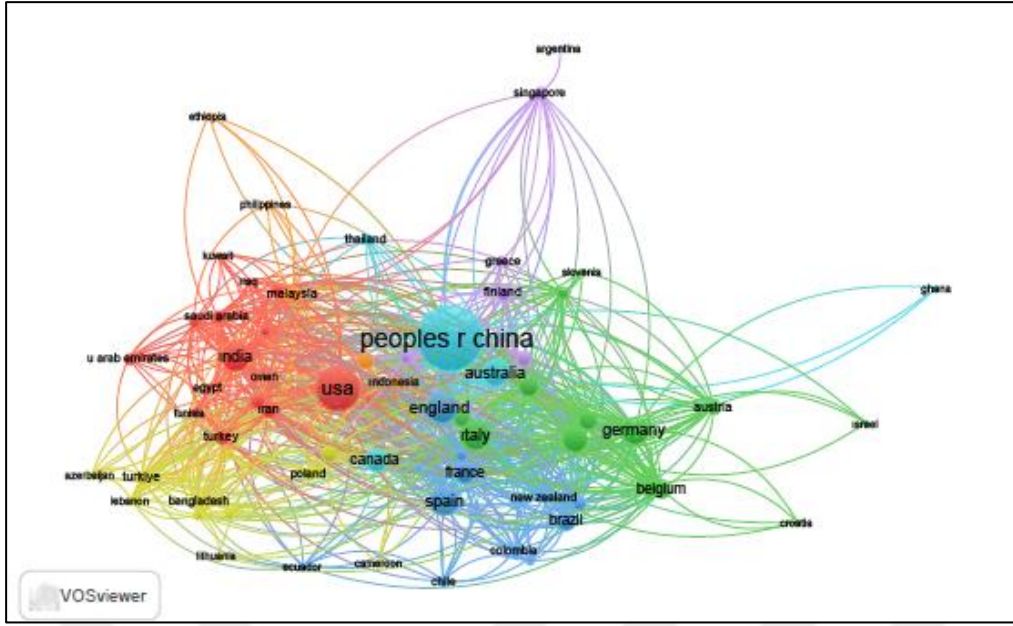


Şekil4.6. Çevresel sürdürülebilirlik konulu makalelerde kullanılan anahtar kelimelerin bibliyometrik ağ analizi.

Çevresel sürdürülebilirlik konulu makalelerin anahtar kelimelerinin bibliyometrik ağ analizi yapılmıştır. Burada çevresel sürdürülebilirlik kelimesi ana kelime grubu olup bu kelimenin yanında en çok “sürdürülebilirlik – yaşam döngüsü değerlendirmesi – döngüsel ekonomi - sürdürülebilir kalkınma – yenilenebilir enerji- bibliyometrik analiz - çevresel değerlendirme” kelimeleri kullanıldığı tespit edilmiştir.

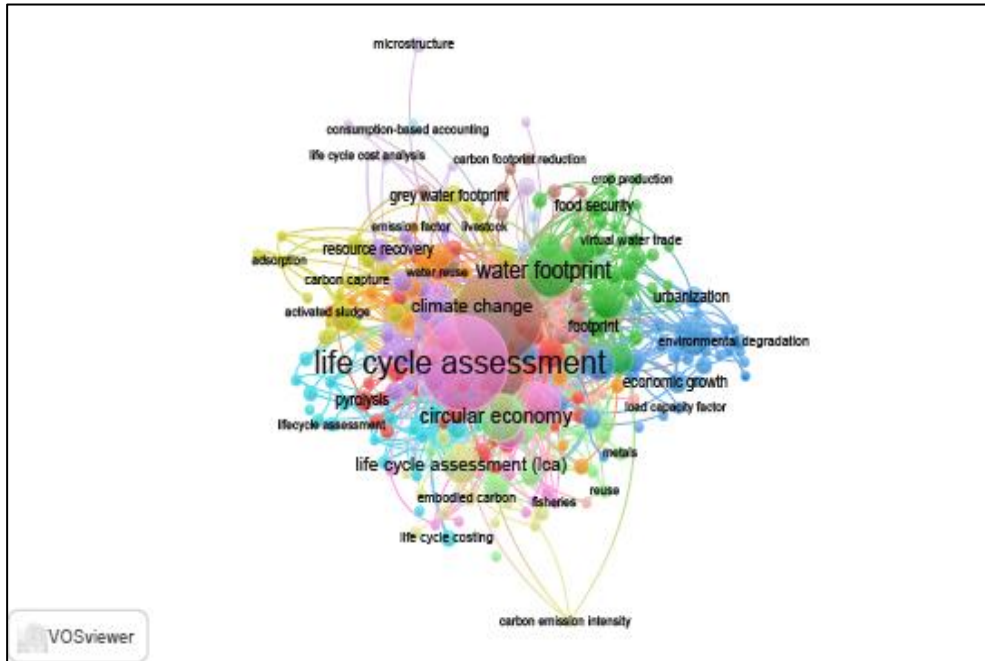
4.2. Ayak İzi Konulu Makalelerin İncelemesi

Web of Science veri tabanına “footprint” yazılarak arama gerçekleştirilmiştir. Arama sonucunda 2756 adet makale yayınlandığı tespit edilmiştir. Ayak izi kavramı çevresel sürdürülebilirlik kavramının içinde yer alıp bu alanda yer alan makalelerin kapsamının belirlenmesi adına ayak izi konulu makalelerin yayınlandığı ülkelerin ağ analizi yapılmıştır. Şekil 4.7’de ağ analizi görseli verilmiştir.



Şekil 4.7. Ayak izi konulu yayınlanmış makalelerin ülkelerinin bibliyometrik ağ analizi.

Bu ağ analizinde de görüldüğü üzere bu alanda yayınlanan makalelerin büyük bölümü Çin Halk Cumhuriyeti'ne aittir. Amerika Birleşik Devletleri, İngiltere, Hindistan, Almanya, Avustralya, İspanya gibi ülkeler bu alanda en çok makale yayımlayan ülkeler olduğu görülmektedir. Şekil 4.8'de yer alan kelimeler ayak izi konulu küresel bazda yayınlanmış makalelerde yer alan anahtar kelimelerdir.



Şekil 4.8. Ayak izi konulu makalelerde kullanılan anahtar kelimelerin bibliyometrik ağ analizi.

Burada en büyük halkaya sahip olan ve en çok kullanılan karbon ayak izi kelimesi olduğu görülmektedir. “yaşam döngüsü analizi – su ayak izi – döngüsel ekonomi- sera gazı - ekolojik ayak izi - endüstriyel ekoloji - sürdürülebilir kalkınma - atık su arıtma” kelimeleri en çok kullanılan kelimeler arasında olduğu tespit edilmiştir.

4.2.1. Karbon ayak izi konulu makalelerin yıllara göre analizi

Avrupa Yeşil Mutabakatı’nın yürürlüğe girmesi sonrası ekolojik ayak izi, karbon-su ayak izi ve sürdürülebilirlik çalışmalarının ivme kazanmış olmasından dolayı bu çalışmada arama yılı olarak 2020-2024 yılları arası seçilmiştir. Aşağıdaki tabloda görüldüğü üzere konu ile ilgili en az yayın yapılan yıl 206 ile 2020 yılı olmuştur. İlerleyen yıllarda bu sayı artmıştır. En çok yayın yapılan yıl ise 2024 yılı olduğu tespit edilmiştir.

Tablo 4.1. Karbon ayak izi çalışmaların yıllara göre dağılımı.

Yıllar	Makale sayısı
2024	290
2023	268
2022	272
2021	277
2020	206

Tablo 4.1’deki veriler Microsoft Excel programında işlenerek Şekil 4.9’daki sütun grafiği elde edilmiştir.



Şekil 4.9.Karbon ayak izi konulu yayınların yıllara göre dağılımı.

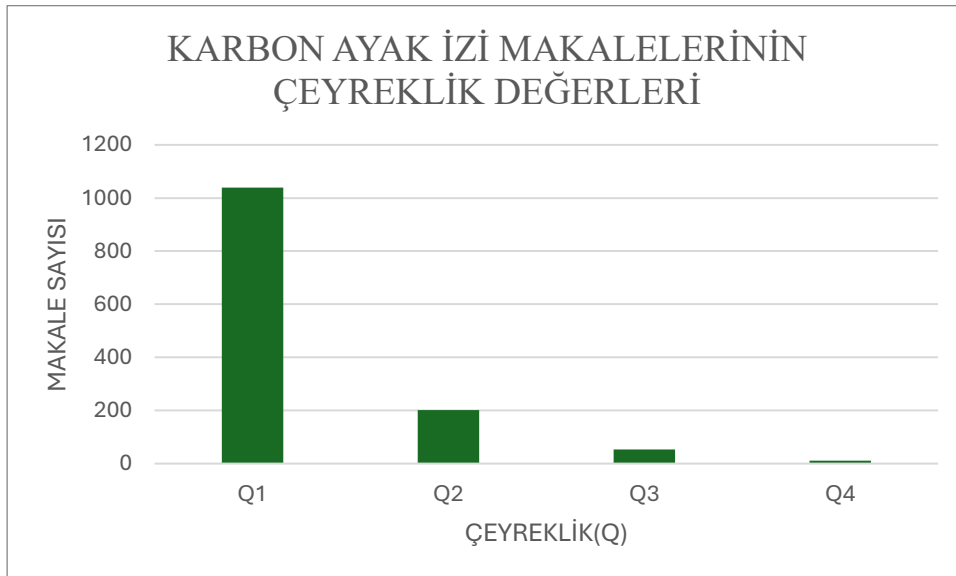
4.2.2. Karbon ayak izi konulu makalelerin Q değerlerinin analizi

Q değeri bir makalenin kalitesinin ölçüsüdür. Q1 kategorisinde yer alan makaleler ilk %25'lik dilimde, Q2 kategorisinde yer alan makaleler ikinci %25'lik dilimde, Q3 üçüncü %25'lik dilimde yer alırken, en az bilgi ürettiği varsayılan son %25'lik ise Q4 olarak gruplandırılmaktadır. Karbon ayak izi konulu makalelerin Q değerleri Web of Science veri tabanındaki 1305 adet makaleler tek tek incelenerek not alınmıştır. Q değerlerinin analizi yapılarak karbon ayak izi konusunda yayınlanmış çalışmaların kaliteleri, bilgi içerik üretimi açısından değerinin anlaşılması adına gerçekleştirilmiştir.

Tablo 4.2.Karbon ayak izi konulu makalelerin Q değerleri tablosu.

Çeyreklik	Makale sayısı
Q1	1039
Q2	202
Q3	53
Q4	11

Karbon ayak izi konulu makalelerin Tablo 4.2'de verilen değerleri alınarak sütun grafiği oluşturulmuştur. Şekil 4.10'da verilen sütunlar Q değerlerini ifade etmektedir.



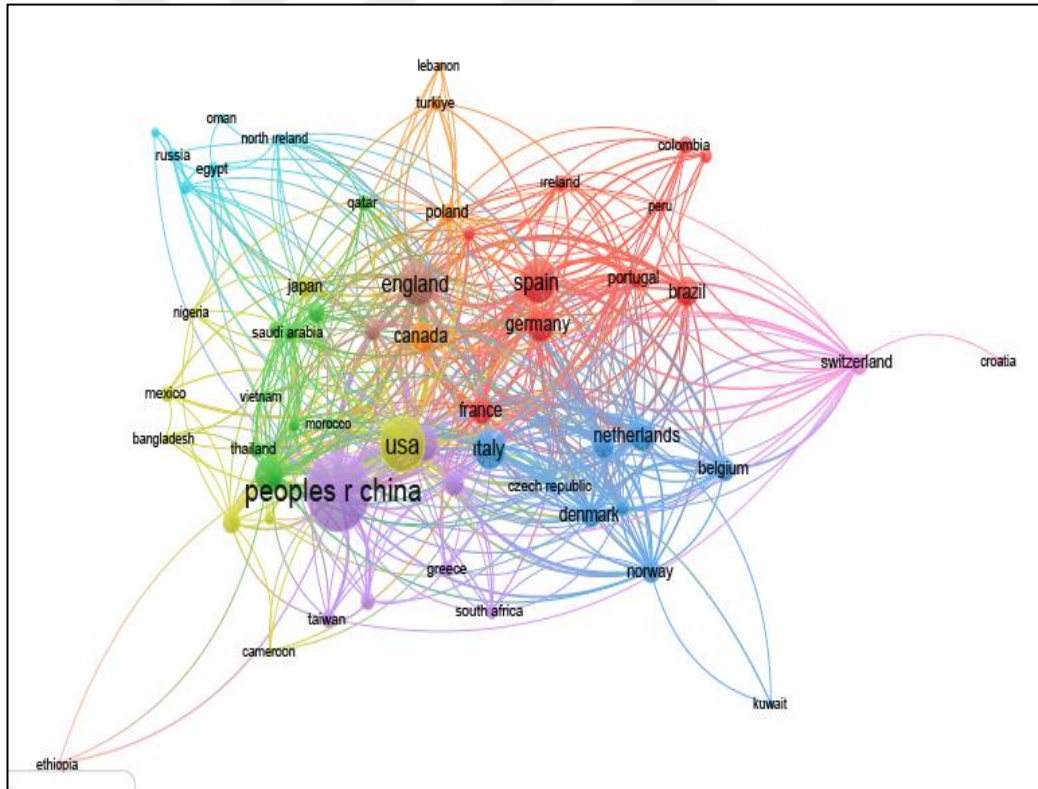
Şekil 4.10. Karbon ayak izi konulu makalelerin Q değerleri.

Şekil 4.10'da görüldüğü üzere Q1 değerindeki yayınların çoğunlukta olduğu görülmüştür. Q1 kategorisindeki makaleler %79,6'lık dilimi, Q2 kategorisindeki

makaleler %15.48'lik dilime, Q3 kategorisindeki makaleler %4.06'luk dilimi ve Q4 kategorisindeki makaleler %0.84'lük dilimi oluşturmaktadır. Q1 kategorisindeki makalelerin çoğunlukta olması bu alanda yapılan çalışmaların bilgi ve içerik bakımından değerli olduğu anlamı taşır.

4.2.3. Karbon ayak izi konulu makalelerin ülkelere göre dağılımı

Web of Science veri tabanında yer alan ve 2020-2024 yılları arasında karbon ayak izi ile ilgili yazılmış olan makale çalışmalarının ülkelere göre oranı şekilde gösterilmiştir. En çok çalışma Çin Halk Cumhuriyeti tarafından yapıldığı tespit edilmiştir. Çin, Amerika, İngiltere gibi ülkelere göre Türkiye' de bu konu hakkında daha az çalışma yapıldığı için buradaki kümeleme çok küçüktür. Çin halk cumhuriyeti 369 adet makale ile birinci sırada yer almaktadır. Amerika Birleşik Devletleri, 185 makale ile ikinci, İspanya ise 112 makale ile üçüncü sırada yer almıştır. İngiltere, İtalya ve Avustralya gibi ülkeler takip etmektedir.



Şekil 4.11.Karbon ayak izi konulu makalelerin yayınlandığı ülkelerin bibliyometrik ağ analizi.

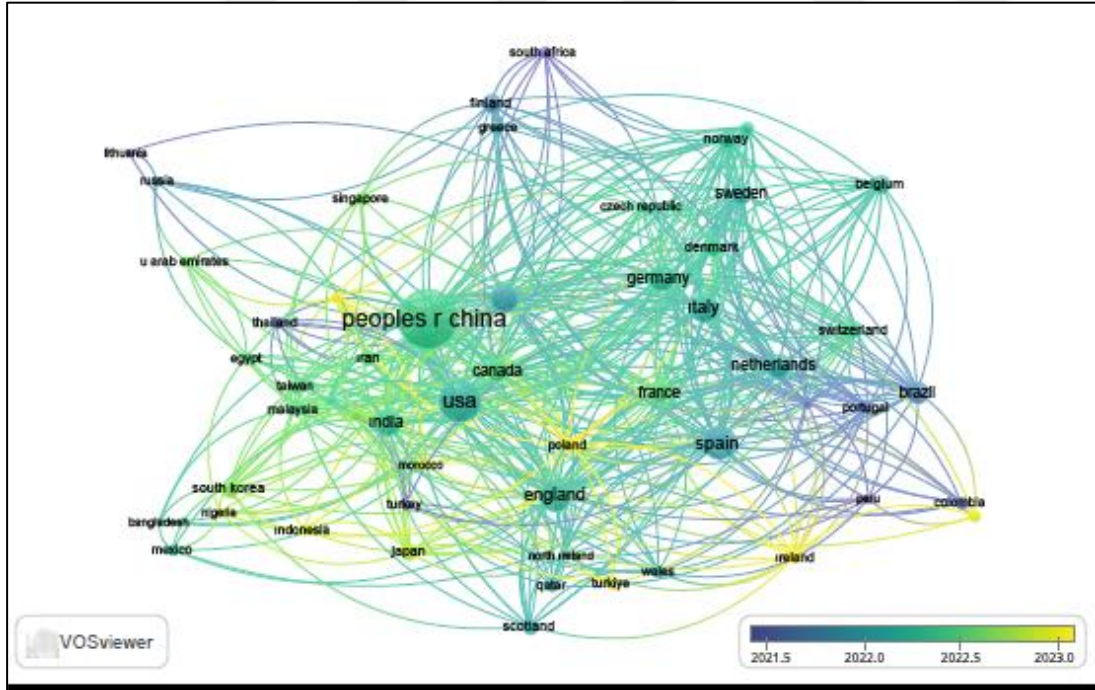
Karbon ayak izi konulu çalışmaların dünya haritası üzerinde görselleştirmesi yapılmıştır. Şekil 4.12'de verilen haritada koyu renkli alanlar karbon ayak izi

konusu ile ilgili çalışma sayısının fazla olduğu, açık renkli alanlar karbon ayak izi konusu ile ilgili çalışma sayısının az olduğu ülkeleri temsil etmektedir.



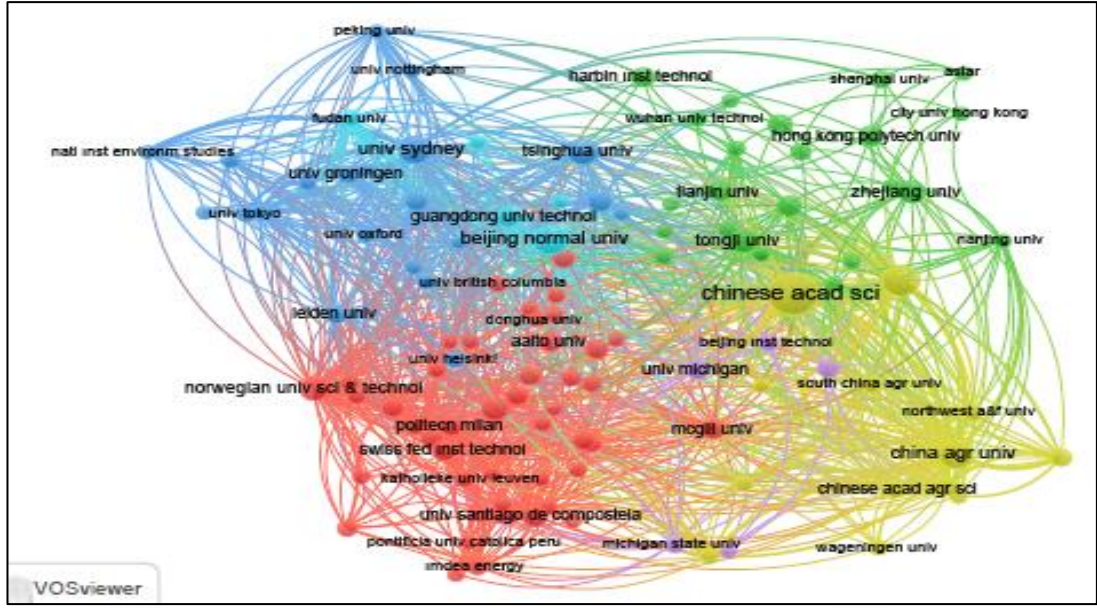
Şekil 4.12.“Karbon ayak izi” konulu çalışmaların ülkelere göre dağılımı.

Karbon ayak izi konulu makalelerin yıllara göre ağ analizi görseli Şekil 4.13’te verilmiştir. Katman analizinde ülkelerin yıllara göre çalışma yapılan ülkelerin analizi verilmektedir.



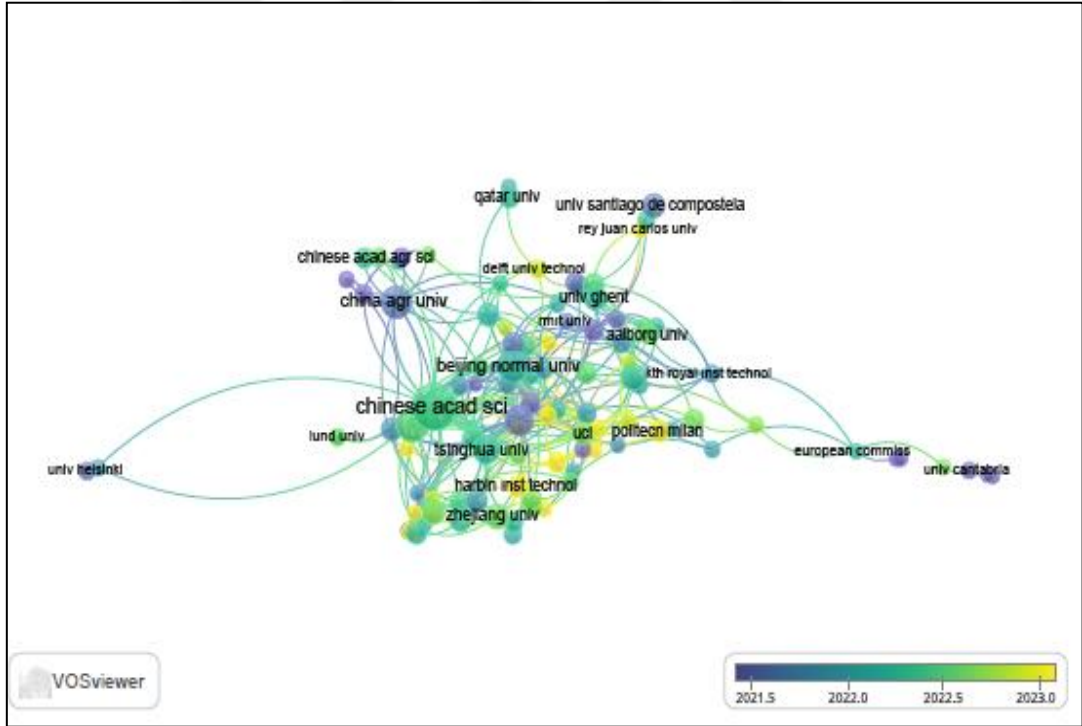
Şekil 4.13.“Karbon Ayak İzi” ülkelere göre zamansal ağ görselleştirmesi.

Şekil 4.13’ te verilen zamansal ağ analizinde mavi renkten sarı renge doğru gidildikçe daha yeni çalışmaların yayınlandığı ülkeler görülmektedir. Şekil 4.13’te



Şekil 4.16. Yayın yapan kurum ve kuruluşların bibliyografik ağı.

Karbon ayak izi konulu yayınların yayınlandığı kurum ve kuruluşların zamana göre dağılımının ağ analizi görseli Şekil 4.17’de verilmektedir.



Şekil.4.17. Yayın yapan kurum ve kuruluşların zamansal ağ analizi.

Şekil 4.17’de karbon ayak izi konulu makalelerin zamansal ağ analizi verilmektedir. Koyu mavi renkten açık sarı renge doğru gidildiğinde daha yeni yayın yapan kurumlar görülmektedir. Koyu mavi renkte yapılan yayınlar 2021 yılında ait olan yayınların yapıldığı kurumlar olduğu görülmektedir. 2021 yılında yayın yapan

kurumlardan bazıları Çin Tarım Üniversitesi ve Helsinki Üniversitesi olduğu belirlenmiştir. Yeşil renkli olan kurumlar 2022 yılına ait makalelerin yayın yapıldığı kurumlardır. 2022 yılında yayın yapan kurumlardan bazıları Çin Bilimler akademisi ve Londra Emperyal Koleji kurumları olmuştur. Sarı renkli olan kurumlar ise 2023 yılına ait yayınların yapıldığı kurumlar olduğu belirlenmiştir. 2023 yılında yayın yapan bazı kurumlar Milano Politeknik Üniversitesi ve Shandong Üniversitesi olduğu görülmektedir.

4.2.6. Karbon ayak izi konulu makalelerin sürdürülebilir kalkınma hedefleri kapsamında incelenmesi

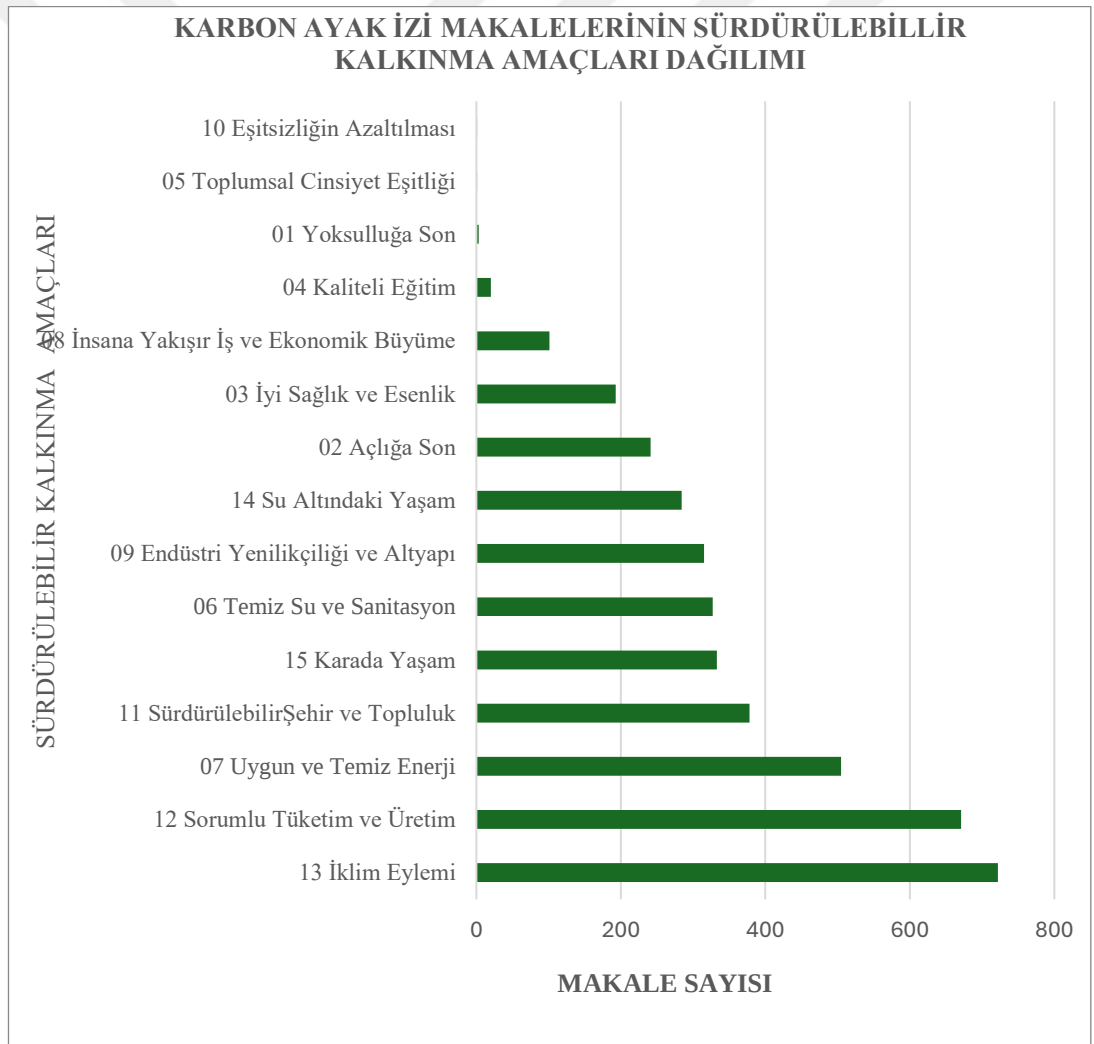
Bu tezde yapılan aramalardan elde edilen veriler sürdürülebilir kalkınma amaçlarından çoğunlukla iklim eylemi konulu 13. Amaca hizmet etmektedir. En az hizmet ettiği amaç olarak eşitsizliğin azaltılması olan 10. Amaç olduğu görülmüştür. Toplamda 17 alt amaçtan oluşan sürdürülebilir kalkınma hedeflerine, çalışma sonucunda elde edilen veriler 15 tane alt amaca hizmet ettiği belirlenmiştir. En çok çalışmanın 13. Amaç olan iklim eylemleri amacına yönelik 722 adet makale olduğu belirlenmiştir. İkinci olarak 12. Amaç olan sorumlu tüketim ve üretim konulu amaca 671 makale ile hizmet etmektedir. Tablo 4.3'te karbon ayak izi konulu makalelerin sürdürülebilir kalkınma hedefleri doğrultusunda dağılımı verilmiştir.

Tablo 4.3.Karbon ayak izi konulu makalelerin sürdürülebilir kalkınma hedefleri bağlamında dağılımı tablosu.

SÜRDÜRÜLEBİLİR KALKINMA AMAÇLARI	Sayı
13 İklim Eylemi	722
12 Sorumlu Tüketim ve Üretim	671
07 Uygun ve Temiz Enerji	505
11 Sürdürülebilir Şehir ve Topluluk	378
15 Karada Yaşam	333
06 Temiz Su ve Sanitasyon	327
09 Endüstri Yenilikçiliği ve Altyapı	315
14 Su Altındaki Yaşam	284
02 Açlığa Son	241
03 İyi Sağlık ve Esenlik	193
08 İnsana Yakışır İş ve Ekonomik Büyüme	101
04 Kaliteli Eğitim	20
01 Yoksulluğa Son	3
05 Toplumsal Cinsiyet Eşitliği	1
10 Eşitsizliğin Azaltılması	1

Tablo 4.3'deki verilerden yola çıkılarak karbon ayak izi konulu makalelerin sürdürülebilir kalkınma hedefleri bağlamında dağılımını Şekil 4.18'deki grafikte sunulmuştur. Karbon ayak izi konulu makalelerin hizmet ettiği ilk beş amaç;

Verilere göre 722 adet makale iklim eylemleri amacı, 671 adet makale sorumlu tüketim ve üretim amacı, 505 adet makale uygun ve temiz enerji amacı, 378 adet makale sürdürülebilir şehir ve topluluk amacı, 333 adet makale karada yaşam amaçlarına hizmet ettiği belirlenmekte olduğu tespit edilmektedir. Karbon ayak izi konulu makalelerin en az hizmet ettiği amaçlar ise; 20 adet makale ile kaliteli eğitim amacı, 3 makale ile yoksulluğa son amacı, 1 adet makale ile toplumsal cinsiyet eşitliği amacı ve 1 adet makale ile eşitsizliğin azaltılması amacı olduğu tespit edilmektedir. Karbon ayak izi konulu makalelerin sürdürülebilir kalkınma amaçlarına dağılımlarının daha net görülebilmesi adına Şekil 4.18’de sütun grafiği verilmektedir. Şekil 4.18’de görüldüğü üzere en fazla iklim değişimlerine hizmet ettiği belirlenmektedir.



Şekil 4.18.Sürdürülebilir kalkınma hedefleri kapsamındaki makaleler.

Tablo 4.3 ve Şekil 4.18’de görüldüğü üzere iklim değişikliği ile mücadele için karbon ayak izi çalışmaları vazgeçilemez bir adımdır. Temiz enerjinin sağlanması

fosil yakıtların kullanımının azalması ve yerine daha sürdürülebilir enerji kaynakları kullanılmasıdır. Fosil yakıtların kullanımının azaltılması karbon ayak izi miktarını düşürmesine sebep olmaktadır. Bu sebeple temiz enerji ile karbon ayak izi kavramları birbiriyle ilişkilendirilebilmektedir. Sürdürülebilir kalkınma hedefleri doğrultusunda yapılan makale çalışmalarının yayınlandığı ülkelerin dağılımları Tablo 4.4'te verilmektedir. Tabloda sürdürülebilirlik hedefleri doğrultusunda en çok çalışma yapan ülkeler ve daha az çalışma yapan ülkeler yer almaktadır. En çok çalışma yapan Çin Halk Cumhuriyeti, İspanya, Amerika Birleşik Devletleri, İngiltere, Brezilya, Almanya ülkeleri olmuştur. Sürdürülebilirlik hedefleri doğrultusunda en az çalışma yapan Arjantin, Venezuela, Irak, Beyaz Rusya gibi ülkelerin olduğu verilmektedir.



Tablo 4.4.Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri Doğrultusunda Yapılan Çalışmaların Ülke Dağılım Tablosu.

ÜLKELER	H1	H2	H3	H4	H5	H6	H7	H8	H9	H10	H11	H12	H13	H14	H15
MEKSİKA			5			1	3				1	8	6		4
ÇİN	1	75		1		98	133	40	71	1	102	153	201	107	54
İSPANYA		29	31	1		27	44	8	26		32	74	67	20	42
ABD	1	29	27	2	1	1	58	15	36		49	77	94	40	42
BREZİLYA		16	14	1		12	20	2	9		14	32	33	9	23
FİNLANDİYA		14	10	2		8	11	1	5		7	21	23	10	17
İTALYA		13	12	2		27	46	2	25		33		53	18	26
AVUSTURALYA			10	2		24	39	12	26		23	44	52	26	22
İNGİLTERE		12	19	4		18	44	12	25		26	53	52	19	19
ALMANYA		12	11	4		17	32	7	26		26	46	50	22	25
KANADA		11	8			9	17	5	13		14	20	28	13	12
FRANSA		11	9	3		7	16	4	11		15	25	24	12	
HOLLANDA		10	7	2		16	23	11	19		17	32	36	16	18
İSVEÇ		10	8	2		6	20	3	8		17	24	31	7	13
HİNDİSTAN		9	2	1		1	23	5	10		9	28	26	10	8
DANİMARKA		8	8			13	21	3	16		17	29	27	13	20
YUNANİSTAN		2	2			3	7		2		6	6	6	2	4
LÜBNAN						1	2	1	1		1	1	2	1	1
İSVİÇRE		2	1	1		8	10		6		8	8	11	9	6
SUUDİ ARABİSTAN		1		1		3	7	1	2		4	5	5	2	2
JAPONYA		6	4			3	12		9		6	13	19	6	7
TÜRKİYE						3	6	2	6		5	6	7	3	3
AVUSTURYA		3	4			3	10	2	5		7	10	12	4	5
KOLOMBİYA		2	3			2	7	2	4		4	10	8	2	3
PERU		1	1			1	2				4	5	3	2	2
BELÇİKA		3	2			12	15	4	13		13	20	18	7	7
PORTEKİZ		5	5			6			2		7	12	11	4	8
NORVEÇ		2	1	1		9	20	6	16		12	18	24	11	11
SİNGAPUR		1				5	7		1		6	7	6	3	1

Tablo 4.4. (Devamı). Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri Doğrultusunda Yapılan Çalışmaların Ülke Dağılım Tablosu.

TAYLAND	4	2		5	1	2	5	6	9	3	3
GALLER		6	1	3	2	2	2	9	11	5	9
ÇEK CUMHURİYETİ	1			4	1	2	2	4	6	3	1
GÜNEY KORE				8	19	1	6	9	8	14	3
İRAN	2	2		3	12	1	4	6	10	8	2
İSKOÇYA	2	3		3	8	1	7	5	6	11	2
POLONYA	4	2	1	3	8	2	3	4	7	9	4
MISIR				2	4			3	3	3	1
RUSYA				1	4	1	3	2	4	4	
VIETNAM	1			2	4	2	4	3	5	5	3
KUVEYT				4	1			1		1	1
KAMERUN	1				1		1	1	2	2	1
İRLANDA	8			2	4				10	8	1
KATAR			2	7	4		3	5	7	6	6
ŞİLİ	5	5		4	3	4	2	4	8	8	2
MALEZYA				3	10			5	7	8	1
TAYVAN	2		1	7	8		3	7	8	6	3
GÜNEY AFRİKA		1	1	4	5	1	2	2	6	5	1
PAKİSTAN				1	4	2	4	1	3	6	2
ENDONEZYA	1			5	6	1	5	5	5	8	6
FAS		3			2			1	6	4	3
YENİ ZELANDA		2		2	3	1	3	2	5	8	4
U ARAB EMİRLİKLER		1			3	1	2	2	4	4	1
BANGLADEŞ		1		1	2	1	1		4	1	
NİJERYA					4	1	1	1	3	2	
KUZAY İRLANDA		2		2				1	3	3	1
LİTVANYA	1				2		1	1	2	1	
EKVADOR		1		2							
ETİYOPYA					1			1	1		
MACARİSTAN	1		1	2	2		2	2	3	3	3
UMMAN	1			1	2			1	2	2	1
KOSTA RİKA	1	1		1	1			2	1	1	1

Tablo 4.4. (Devamı). Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri Doğrultusunda Yapılan Çalışmaların Ülke Dağılım Tablosu.

HIRVATİSTAN									1		
GANA				1		1			1		
İZLANDA		1	1				2	2	1	2	
ÜRDÜN				1	1						
KAZAKİSTAN		1			1		1		1	1	
KENYA		1					1	2	1	1	
LÜKSEMBURG				1	2		1	1	1	1	
TUNUS	1	1			1		1	2	2	1	
AFGANİSTAN	1									1	1
ARJANTİN							1				
AZERBAYCAN					1	1	1	2	1		
Bahreyn					1		1	1			
BEYAZ RUSYA				1							
DOMİNİK CUMHURİYETİ	1										
EL SALVADOR				1	1		1	1	1	1	
IRAK								1			
MADAGASKAR	1							1			
KUZEY KORE					1		1	1	1	1	
PANAMA				1			1		1	1	
ROMANYA					1						
SENEGAL	1							1	1		
SİRBİSTAN					1		1		1		
SLOVAKYA	1	1						1	1	1	
SLOVENYA				1	1		1	1	1	1	
SRİ LANKA				8		1	1	1	1	1	
UKRAYNA	1							1			
VENEZÜELA				1							
YEMEN					1	1	1	1	1		

Tablo 4.4'te sürdürülebilirlik hedeflerine göre ülkelerin dağılımı verilmiştir. Tabloda sürdürülebilirlik ile ilgili en fazla makale üreten ülkeler Çin, ABD, İspanya, İngiltere, İtalya ve Avustralya olmuştur. Çin ve Amerika en çok Hedef 13: İklim eylemlerine hizmet eden makale yayınladıkları belirlenmiştir. İspanya ve İngiltere ülkeleri ise en çok Hedef 12: sorumlu tüketim ve üretime hizmet eden makale yayınlamışlardır. Hedef 7: uygun ve temiz enerji hedefine hizmet eden makaleler birinci sırada Çin, ikinci sırada Amerika ve üçüncü sırada İspanya ülkeleri tarafından yayınlanmıştır. Hedef 11: sürdürülebilir şehir ve topluluk hedefine hizmet eden makale yayınlarını en çok Çin, Amerika ve İtalya ülkeleri yayınlamıştır. Hedef 15: karada yaşam hedefine hizmet eden makaleleri en çok Çin, Amerika, İspanya ve İtalya ülkelerinin yayınlamıştır.

Sürdürülebilirlik kalkınma hedefleri doğrultusunda karbon ayak izi ile ilgili en az çalışma yapan ülkeler Venezuela, Romanya, Dominik Cumhuriyeti, Hırvatistan, Beyaz Rusya ve Irak olmuştur.

Türkiye sürdürülebilir kalkınma hedefleri doğrultusunda karbon ayak izi ile ilgili çalışmaları Çin, Amerika, İspanya, İtalya ülkelerinden daha az sayıda olduğu görülmektedir. Türkiye'nin sürdürülebilir kalkınma hedeflerine hizmet eden makalelerin hedefleri ve sayıları şu şekildedir:

- Hedef 13, iklim eylemi: 7 makale
- Hedef 12, sorumlu tüketim ve üretim: 6 makale
- Hedef 9, endüstri yenilikçiliği ve altyapı: 6 makale
- Hedef 7, uygun ve temiz enerji: 6 makale
- Hedef 11, sürdürülebilir şehir ve topluluk: 5 makale
- Hedef 6, temiz su ve sanitasyon: 3 makale
- Hedef 14, su altındaki yaşam: 3 makale
- Hedef 15, karada yaşam: 3 makale

Türkiye'de yayınlanan makalelerin az olması konu ile ilgili farkındalığın yetersiz olmasından kaynaklanmaktadır. Konu ile ilgili bilinçlendirmenin artırılması, yükseköğrenim düzeyinde karbon ayak izi çalışmalarıyla ilgili eğitimlerin verilmesi, fabrikalarda karbon ayak izi ve sürdürülebilir kalkınma hedefleri hakkında bilgilendirmelerin yapılması gerekmektedir. Türkiye'nin sürdürülebilir kalkınma hedeflerinden; hedef 1: yoksulluğa son, hedef 2: açlığa son, hedef 3: iyi sağlık ve esenlik, hedef 4: kaliteli eğitim, hedef 5: toplumsal cinsiyet eşitsizliği, hedef 10:

eşitsizliğin azaltılması konularına hizmet eden makale yayınlamadığı belirlenmiştir. İncelenen makalelerde bu hedeflere hizmet eden çalışmaların az olmasının veya hiç olmasının sebebi olarak karbon ayak izi konusu ile olan ilişkisinin az olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Karbon ayak izi çalışmalarının iklim değişikliğine olan etkisinin önemi düşünüldüğünde iklim eylemleri hedefinin daha çok oranda belirlenmesi beklenen bir sonuçtur.





5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Bu tez çalışmasında sürdürülebilirlik kapsamında 2020-2024 yılları arasında, Çevre mühendisliği alanında karbon ayak izi konusunda yayınlanmış olan makalelerin bibliyometrik analiz yöntemi ile analizi ve yorumlaması sunulmaktadır.

Web of Science veri tabanında yapılan 2020-2024 yılları arasında sürdürülebilirlik konulu aramada 8539 adet, çevresel sürdürülebilirlik konulu aramada 1233 adet, ayak izi konulu aramada 2756 adet ve karbon ayak izi konulu aramada 1305 adet makale yayınlandığı belirlenmektedir. Sürdürülebilirlik konulu makalelerin yalnızca %14.44 ü çevresel sürdürülebilirlik alt konusunda yazılmaktadır. Kalan diğer makalelerin sürdürülebilirliğin diğer ana bileşenleri olan ekonomik sürdürülebilirlik ve sosyal sürdürülebilirlik alanında yazıldığı tahmin edilmektedir. Çevresel sürdürülebilirliğin sağlanabilmesi adına çevreye olan insan etkisinin tespiti için ayak izi çalışmaları gerçekleştirilmektedir. Ayak izi konulu makaleler çevresel sürdürülebilirliğin alt kategorisi olmakla birlikte diğer sürdürülebilirlik bileşenlerinin ayak izlerini de içinde barındırdığı düşünülmektedir. Avrupa Yeşil Mutabakatı'nın (Gren Deal) 2019 yılında imzalanmasının ardından karbon azaltımı ve sürdürülebilir yaşam konuları daha fazla gündeme gelmektedir. Karbon ayak izi ve sürdürülebilirlik konuları hakkındaki çalışmalar daha önceki tarihlere dayansa da Avrupa Yeşil Mutabakatı sonrasında hızlı bir artış gözlenmektedir. Karbon ayak izi konulu çalışmalar Avrupa Yeşil Mutabakatı kapsamında hedeflenen karbon sıfır hedefi için oldukça önemli bir konudur. Farklı sektörlerde konu ile ilgili çeşitli çalışmalar yürütüldüğü tespit edilmiştir. Atmosferdeki karbon dengesinin normal değerlerine geri dönebilmesi için karbon ayak izi konusunda çalışmalar arttırılmalıdır. Bu alanda yapılan çalışmalar sonucunda karbon salınımları tespit edilerek önlem alınmasına yardımcı olacaktır. Tez çalışmasında karbon ayak izi konulu makalelerin büyük çoğunluğunun yaşam döngüsü analizi etrafında gerçekleştiği tespit edilmiştir. Bu bağlamda yaşam döngüsü analizi çalışmaları yapılarak karbon ayak izi azaltımıyla ilgili verimli sonuçlara varılabileceği tespit edilmektedir.

Bu tezde analizi yapılan karbon ayak izi konulu makalelerin ülkelere göre dağılımı, yıllara göre değişimi, beraberinde kullanılan diğer anahtar kelimeler, yayınlanan dergilerin Q değerleri incelenmiştir. Q değerlerinin %79.6'lık kısmı Q1 seviyesinde yayınlandığı tespit edilmektedir. Buradan karbon ayak izi konulu küresel yayınların bilgi ve içerik üretimi açısından yeterli ve güvenilir olduğu görülmektedir. Ülkeler gelişmişlik düzeylerine oranla ve coğrafi olarak iklim değişimlerine duyarlılığı konusunda farklılıklar gösterdiği için konu ile ilgili çalışmalar da bu faktörlere bağlı olarak değişiklik göstermektedir.

Sürdürülebilir kalkınma hedefleri doğrultusunda karbon ayak izi konulu makale çalışmaları ayrıntılı olarak analiz edilmiştir. Sürdürülebilir kalkınma hedeflerinden en yoğun olarak çalışılan konu iklim eylemleri olmuştur. İklim eylemleri hedefleri konusunda ilgili çalışmalara öncülük eden ilk üç ülke Çin, Amerika ve İspanya olduğu tespit edilmiştir. En az çalışmaların yapıldığı ülkeler ise Beyaz Rusya, Irak ve Venezuela ülkeleri olmuştur. Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri doğrultusunda yapılan çalışmaların ayrıntılı analizinde Çin, Amerika ve İspanya'nın sürdürülebilirlik konusunda büyük paya sahip olduğu tespit edilmiştir. Sorumlu tüketim ve üretim, uygun temiz enerji, sürdürülebilir şehir ve topluluk karada yaşam hedeflerinin de makalelerin hizmet ettiği hedefler arasında önemli bir yer aldığı görülmektedir. Karbon ayak izi ile ilgili çalışmaların yapılmasında ülkelerin gelişmişlik düzeyleri ile ilgili olmadığı, ülkelerin iklim değişikliğine olan duyarlılıkları ile bağlantılı olduğu tespit edilmiştir. Ülkelerde iklim değişikliğine olan duyarlılığının artırılması, halkın bilinçlendirilmesi oldukça önemlidir.

Ancak genel anlamda yapılan çalışmaların yetersiz olduğu ve konu ile ilgili çalışmalarının geliştirilmeye açık olduğu görülmektedir. Sürdürülebilir kalkınma hedefleri ve Avrupa Yeşil Mutabakatı'nın amaçları doğrultusunda karbon ayak izi çalışmalarının genişletilmesi ve literatürdeki boşlukların belirlenip bu doğrultuda çalışma yapmak oldukça önemlidir. Sürdürülebilirlik ve karbon salınımının azaltılması ile ilgili toplumları bilinçlendirmesi ve sektör bazında teşviklerin artması gerekmektedir. Hukuksal anlamda gerekli düzenlemelerin genişletilmesi önem arz etmektedir.

KAYNAKLAR

- [1] Aksoy, İ.E. (2024). *Biyoklimatik konfor düzeyleri ile So₂ ve Pm₁₀'a dayalı hava kalitesi düzeyleri arasındaki ilişkinin iklim değişikliği kapsamında değerlendirilmesi: Şanlıurfa ili örneği* [Yüksek Lisans Tezi]. Harran Üniversitesi.
- [2] Köksal, Ö. (2022). *Üniversite kampüslerinin sürdürülebilirlik açısından değerlendirmesi: OnDokuz Mayıs Üniversitesi örneği* [Doktora tezi]. On dokuz Mayıs Üniversitesi.
- [3] Türkeş, M. (2008). Küresel iklim değişikliği nedir? Temel kavramlar, nedenleri, gözlenen ve öngörülen değişiklikler. *İklim Değişikliği ve Çevre*, 1(1), 26-37
- [4] Vayış, B. (2023). *Sürdürülebilirlik yaklaşımı çerçevesinde kot yıkama tesisinin kurumsal karbon ayak izinin değerlendirilmesi* [Yüksek Lisans Tezi]. Ondokuz Mayıs Üniversitesi.
- [5] Sang, M., He, H., Shen, L. ve Xu, X. (2024). Research evolution on low-carbon city measures study: A bibliometric analysis. *Environmental Impact Assessment Review*, 106, 107526.
- [6] Yar, A.Ç. (2018). *İklim değişikliği sorununun matematiksel modellerle incelenmesi* [Yüksek Lisans Tezi]. Fırat Üniversitesi.
- [7] Civelekoğlu, G. ve Bıyık, Y. (2018). Ulaşım sektöründen kaynaklı karbon ayak izi değişiminin incelenmesi. *Bilge International Journal of Science and Technology Research*, 2(2), 157-166.
- [8] Özsoy, C. E. (2015). Düşük karbon ekonomisi ve Türkiye'nin karbon ayak izi. *Hak İş Uluslararası Emek ve Toplum Dergisi*, 4(9), 198-215.
- [9] Karlı, R. G. Ö. ve Artar, M. (2021). Kentsel su yönetiminde araç olarak su ayak izi ve mavi-yeşil altyapı. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 58(1), 145-162.
- [10] Öztürk, K. (2002). Küresel iklim değişikliği ve Türkiye'ye olası etkileri. *Gazi Üniversitesi Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 22(1).
- [11] Lee, K. H. ve Min, B. (2015). Green R&D forecast-innovation and its impact on carbon emissions and firm performance. *Journal of Cleaner Production*, 108, 534-542.
- [12] Yang, Y. ve Meng, G. (2019). A bibliometric analysis of comparative research on the evolution of international and Chinese ecological footprint research hotspots and frontiers since 2000. *Ecological Indicators*, 102, 650-665.
- [13] Yılmaz, F. (2021). Hava kirliliği, bileşenleri ve sağlık. *FSM İlmî Araştırmalar İnsan ve Toplum Bilimleri Dergisi*, (18), 231-250.

- [14] Çisem, Ö. (2023). *Endüstrilerde karbon, su ve enerji ayak izlerinin belirlenmesi ve sürdürülebilirlik açısından değerlendirilmesi: Tekstil endüstrileri için bir vaka çalışması* [Yüksek Lisans Tezi]. Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi.
- [15] Akpınar, Ö. (2023). *Otomotiv endüstrisi için karbon ayak izi hesaplamaları değerlendirmesi ve azaltım yöntemlerinin araştırılması* [Yüksek Lisans Tezi]. Çukurova Üniversitesi.
- [16] Dışişleri Bakanlığı. (2022, 7 Haziran). Çevre, iklim değişikliği ve suya dair sürdürülebilir kalkınma hedefleri. <https://www.mfa.gov.tr/surdurulebilir-kalkinma.tr.mfa> adresinden 2 Eylül 2023 tarihinde alınmıştır.
- [17] Çeçen, Z. ve Güvenç, F. (2022). İklim değişikliği ve küresel ısınmanın toplum sağlığı açısından değerlendirilmesi. *SDÜ Sağlık Yönetimi Dergisi*, 4(1), 14-25.
- [18] SilvaHyldmo, H., Rye, S.A. ve Vela-Almeida, D. (2024). A globally just and inclusive transition? Questioning policy representations of the European Green Deal. *Global Environmental Change*, 89, 102946.
- [19] Barlak, Ş.N. (2024). *Avrupa yeşil mutabakatı bağlamında endokrin bozucu kimyasalların arıtılması ve sürdürülebilirlik: Su kaynaklarında bir inceleme* [yüksek lisans]. Bursa Teknik Üniversitesi.
- [20] Deal, E. G. (2020). The European Green Deal. *Communication from the Commission to the European Parliament, the European Council, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions. Brussels.*
- [21] Kharissova, A. B., Kharissova, O. V., Kharisov, B. I. ve Méndez, Y. P. (2024). Carbon negative footprint materials: A review. *Nano-Structures & Nano-*
- [22] Sheng, X., Chen, L., Liu, M., Wang, Q., Ma, Q., Zuo, J. ve Yuan, X. (2024). Input-output models for carbon accounting: A multi-perspective analysis. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 207, 114950.
- [23] Toprak, B., Katmış, Ş. Z., Bektaş, D., Çakmak, D. ve Nebati, E. E. (2024). Otomotiv Sektöründe Sürdürülebilir Tedarik Zinciri Yönetiminin Bibliyometrik Analiz ile incelenmesi. *Sürdürülebilir Çevre Dergisi*, 4(1), 1-18.
- [24] Özşarı, G.C. (2022). *Çevre sağlığı konusunda yapılmış makalelerin bibliyometrik analizi* [Yüksek Lisans Tezi]. Aydın Adnan Menderes Üniversitesi.
- [25] Xu, X., Gou, X., Zhang, W., Zhao, Y., & Xu, Z. (2023). A bibliometric analysis of carbon neutrality: Research hotspots and future directions. *Heliyon*, 9(8).
- [26] Fardnia, K., Yousefi, H. ve Abdoos, M. (2024). A bibliometric analysis of carbon and water footprints in renewable energy: The post-COVID-19 landscape. *Green Technologies and Sustainability*, 100162
- [27] Ma, B., Bashir, M. F., Peng, X., Strielkowski, W. ve Kirikkaleli, D. (2023). Analyzing research trends of universities' carbon footprint: An integrated review. *Gondwana Research*, 121, 259-275.

- [28] Wu, X., Fan, Y., Bao, Y. ve Wang, S. (2025). An integrated analysis for spatio-temporal evolution of food-water-carbon-energy footprint and its sustainable production in North west China. *Journal of Environmental Management*, 373, 123754.
- [29] Durmuş, İ. ve Gücüyeter, İ. (2024). Karbon ayak izi ve yeşil organizasyon kavramlarına yönelik bibliyometrik araştırmalar. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 61(1), 113-124.
- [30] Zhao, Y., Yang, Z., Niu, J., Du, Z., Federica, C., Zhu, Z., ... ve Emmanuel, M. (2023). Systematical analysis of sludge treatment and disposal Technologies for carbon footprint reduction. *Journal of Environmental Sciences*, 128, 224-249
- [31] Zhang, Y., Huang, K., Yu, Y. ve Yang, B. (2017). Mapping of water footprint research: A bibliometric analysis during 2006–2015. *Journal of Cleaner Production*, 149, 70-79.
- [32] Yang, Y. ve Meng, G. (2019). A bibliometric analysis of comparative research on the evolution of international and Chinese ecological footprint research hotspots and frontiers since 2000. *Ecological Indicators*, 102, 650-665.
- [33] Khanra, S., Dhir, A., Kaur, P. ve Mäntymäki, M. (2021). Bibliometric analysis and literature review of ecotourism: Towards sustainable development. *Tourism Management Perspectives*, 37, 100777.
- [34] Shi, S. ve Yin, J. (2021). Global research on carbon footprint: A scientometric review. *Environmental Impact Assessment Review*, 89, 106571.
- [35] Sarker, M. S. I. ve Bartok, I. (2024). Global trends of green manufacturing research in the textile industry using bibliometric analysis. *Case Studies in Chemical and Environmental Engineering*, 9, 100578.
- [36] Sarker, M. S. I. ve Bartok, I. (2024). Global trends of green manufacturing research in the textile industry using bibliometric analysis. *Case Studies in Chemical and Environmental Engineering*, 9, 100578.
- [37] Shabir, M., Pazienza, P. ve De Lucia, C. (2023). Energy innovation and ecological footprint: evidence from OECD countries during 1990–2018. *Technological Forecasting and Social Change*, 196, 122836.
- [38] Liu, Q., Wang, S., Ma, R., Huang, F., Li, J., Ye, S. ve Guo, Y. (2024). Comparative analysis of forest soil carbon sink and source based on bibliometrics: Development, hotspots, and trends. *Journal of Cleaner Production*, 144106.
- [39] Sang, M., He, H., Shen, L. ve Xu, X. (2024). Research evolution on low-carbon city measures study: A bibliometric analysis. *Environmental Impact Assessment Review*, 106, 107526
- [40] Martinez, S., del Mar Delgado, M., Marin, R. M. ve Alvarez, S. (2019). Science mapping on the Environmental Footprint: A scientometric analysis-based review. *Ecological Indicators*, 106, 105543

- [41] Nazari, M.,Asgary, A., Nezami, I. M. ve Ghayourisales, S. (2024). Fromresistancetoresilience: a comprehensivebibliometricanalysis of carbonpricingpublicacceptance. *EnergyResearchveSocialScience*, 107, 103340.
- [42] Kaptanoğlu, C.(2024). *Afet yönetimi çalışmalarına yönelik bibliyometrik analiz* [Yüksek lisans tezi]. Giresun Üniversitesi.
- [43] Berber, A.N. (2021). *Akuatikveatıksu toksikolojisinin izlenmesi ve değerlendirilmesi üzerine yapılan küresel bilimsel araştırmaların bibliyometrikprofili(2015-2020)* [Yüksek Lisans Tezi]. İstanbul Üniversitesi.
- [44] Özsarı, G.C. (2022). *Çevre sağlığı konusunda yapılmış makalelerin bibliyometrik analizi* [Yüksek Lisans Tezi]. Aydın Adnan Menderes Üniversitesi.
- [45] Orcan, B. (2021). *Yeşil bina ve sürdürülebilirlik açısından yeni yapılan bir hastanenin leed sertifikasyon sistemi kapsamında inşaat sürecinin incelenmesi* [Yüksek Lisans Tezi]. Sakarya Üniversitesi.
- [46] Köksal, Ö. (2022). *Üniversite kampüslerinin sürdürülebilirlik açısından değerlendirilmesi: On dokuz Mayıs Üniversitesi Örneği* [Doktora tezi].On dokuz Mayıs Üniversitesi.
- [47] Lif, Z.,Chen, Z., Yang, N., Wei, K., Ling, Z., Liu, Q., ... ve Ye, B. H. (2021). Trends in research on thecarbonfootprint of highereducation: A bibliometricanalysis (2010–2019). *Journal of CleanerProduction*, 289, 125642.
- [48] Al, U. (2008). *Türkiye'nin bilimsel yayın politikası: Atıf dizinlerine dayalı bibliyometrik bir yaklaşım* [Doktora Tezi]. Hacettepe Üniversitesi.
- [49] da SilvaHyldmo, H.,Rye, S.A. ve Vela-Almeida, D. (2024). A globallyjustandinclusivetransition? Questioningpolicyrepresentations of theEuropeanGreenDeal. *Global EnvironmentalChange*, 89, 102946.
- [50] Pratama, J. H.,Rahmawati, Z., Widyanto, A. R., Gunawan, T., Abdullah, W. N. W., Jamari, N. L. A., ... &Fansuri, H. (2024). Advancements in greendieselproductionforenergysustainability: a comprehensivebibliometricanalysis. *RSC advances*, 14(48), 36040-36062.
- [51] Zhang, Z., Hu, G., Mu, X., & Kong, L. (2022). Fromlowcarbontocarbonneutrality: A bibliometricanalysis of thestatus, evolutionanddevelopmenttrend. *Journal of Environmental Management*, 322, 116087.
- [52] Ospina-Mateus, H.,Marrugo-Salas, L., Castilla, L. C., Castellón, L., Cantillo, A., Bolivar, L. M., ... &Zamora-Musa, R. (2023). Analysis in circulareconomyresearch in Latin America: A bibliometricreview. *Heliyon*, e19999.
- [53] Şenocak, B.,& Bursalı, Y. (2018). İşletmelerde çevresel sürdürülebilirlik bilinci ve yeşil işletmecilik uygulamaları ile işletme başarısı arasındaki ilişki. *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 23(1), 161-183.

ÖZGEÇMİŞ

Ad-Soyad : Rukiye Sefanur ALTAY

ÖĞRENİM DURUMU:

- Lisans** :2021, Sakarya Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölüm
- Yükseklisans** :2025, Sakarya Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek lisans Programı