



Emisyon ticareti sistemlerinin iklim değişikliğinin azaltılmasına yönelik teknolojik yenilikler üzerindeki etkisi: sistematik bir inceleme

Zihong Chen, Paul E. Brockway, Sheridan Few & Jouni Paavola

Bu makaleye atıfta bulunmak için: Zihong Chen, Paul E. Brockway, Sheridan Few & Jouni Paavola (22 Aralık 2024): Emisyon ticareti sistemlerinin iklim değişikliğinin azaltılmasına yönelik teknolojik yenilikler üzerindeki etkisi: sistematik bir inceleme, Climate Policy, DOI: [10.1080/14693062.2024.2443464](https://doi.org/10.1080/14693062.2024.2443464)

Bu makaleye bağlantı vermek için: <https://doi.org/10.1080/14693062.2024.2443464>



© 2024 Yazar(lar). Taylor & Francis Group olarak ticaret yapan Informa UK Limited tarafından yayınlanmıştır



Tamamlayıcı materyali görüntüle



Çevrimiçi yayınlandı: 22 Aralık 2024.



Makalenizi bu gönderin



Makale görünümü: 1136



İlgili makaleleri görüntüleyin



Crossmark verilerini



görüntüleyin



Atıf yapılan makaleler: 1 Atıf yapılan makaleleri görüntüle

Emisyon ticareti sistemlerinin iklim değişikliğinin azaltılmasına yönelik teknolojik yenilikler üzerindeki etkisi: sistematik bir inceleme

Zihong Chen¹, Paul E. Brockway², Sheridan Few³ ve Jouni⁴

Sürdürülebilirlik Araştırma Enstitüsü, Dünya ve Çevre Okulu, Leeds Üniversitesi, Leeds, Birleşik Krallık

ÖZET

Giderek aciliyet kazanan iklim krizinin ele alınması, geleneksel yüksek emisyonlu teknolojilerde köklü bir dönüşümü gerektirmektedir. Tipik bir piyasa temelli çevre politikası aracı olan emisyon ticareti sistemlerinin (ETS'ler), iklim değişikliğinin azaltılması için teknolojik yeniliği (TICCM) teşvik etmesi amaçlanmaktadır. Ancak, bu ilişkiye dair kanıtların incelenmesi genellikle metodolojik olarak sistematik değildir, analitik olarak sınırlıdır ve sonuçlarda farklılık göstermektedir. Buna cevaben, ETS'lerin üzerindeki etkisine ilişkin 2001-2023 yılları arasında yayınlanan 78 seçilmiş makaleden elde edilen kanıtları sistematik olarak incelemek ve sentezlemek için titiz ve şeffaf bir prosedür oluşturduk. Bulgularımız, Avrupa Birliği ETS (EU ETS) ve Çin ETS (CN ETS) pilotlarının, boş veya olumsuz etkilere dair bazı sınırlı kanıtlara rağmen, teknolojik yatırımı, patent almayı ve yeni teknolojilerin benimsenmesini teşvik ederek olumlu ve istatistiksel olarak anlamlı etkiler yarattığını göstermektedir. Farklı sektör ve bölgelerdeki teşvik etkisinin heterojenliği, literatürdeki farklı sonuçların başlıca nedenidir. Çalışma dönemlerindeki ve araştırılan konulardaki farklılıklar, gözlemlenen tutarsızlıkların bir kısmını açıklamaktadır. Teşvik etkisi önemli olmakla birlikte, kapsamı orta düzeydedir ve uzun vadeli ve radikal TICCM etkileri için potansiyel olarak daha zayıftır. Teşvik etkisi büyük ölçüde ETS'lerin yetersiz katılımı ve yüksek belirsizliği ile sınırlıdır. Bu sınırlamaların ele yönelik koordineli çabalar, ETS'lerden kaynaklanan inovasyon teşviklerinin güçlendirilmesi için çok önemlidir. Son olarak, ETS'lerin TICCM üzerindeki etkisine ilişkin kanıtlar eksik kalmaktadır. Sektörler, bölgeler ve teknolojiler arasındaki heterojenliğe sınırlı odaklanma ve son teşvik etkinliğinin değerlendirilmemesi, ETS teşvik etkinliğinin kapsamlı bir şekilde anlaşılmasını kısıtlamaktadır.

Temel politika öngörülleri

- Avrupa Birliği ETS (EU ETS) ve Çin ETS (CN ETS) pilot uygulamaları, iklim değişikliğinin azaltılmasına yönelik teknolojik inovasyonun (TICCM) çeşitli aşamaları için genellikle olumlu ve istatistiksel olarak anlamlı teşvikler sağlamıştır.
- TICCM için AB ETS ve CN ETS pilotlarından gelen teşvikler orta düzeyde kalmaktadır. İklim hedeflerine ulaşılması için ETS kaynaklı inovasyon teşviklerinin etkinliğinin artırılması gerekecektir.
- ETS teşviklerinin etkinliği bölgeler ve sektörler arasında farklılık göstermektedir. Bu teşviklerin etkisini genişletmek için sektöre veya bölgeye özgü ayarlamalar gereklidir.
- ETS'lerin sıklığının işbirliği içinde artırılması ve belirsizliğinin azaltılması, TICCM'ye yönelik teşviklerin artırılması için kritik bir yoldur.

MAKALE GEÇMİŞİ

Alındı 13 Haziran 2024

Kabul Tarihi 10 Aralık 2024

ANAHTAR KELİMELER

ETS; iklim politikası; iklim değişikliği azaltımı için teknolojik yenilik; uyarılmış yenilik; katılık; belirsizlik

İLETİŞİM Zihong Chen[✉] Sürdürülebilirlik Araştırma Enstitüsü, Yeryüzü ve Çevre Okulu, Leeds Üniversitesi, Leeds LS2 9JT, Birleşik Krallık

 Bu makalenin tamamlayıcı verilerine <https://doi.org/10.1080/14693062.2024.2443464> adresinden erişilebilir.

© 2024 Yazar(lar). Taylor & Francis Group olarak ticaret yapan Informa UK Limited tarafından yayınlanmıştır.

Bu, orijinal çalışmaya uygun şekilde atıfta bulunulması koşuluyla, herhangi bir ortamda sınırsız kullanım, dağıtım ve çoğaltmaya izin veren Creative Commons Attribution License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>) koşulları altında dağıtılan bir Açık Erişim makalesidir. Bu makalenin yayınlandığı koşullar, Kabul Edilen Makalenin yazar(lar) tarafından veya onların rızasıyla bir depoda yayınlanmasına izin verir.

1. Giriş

İklim değişikliğinin azaltılması için teknolojik inovasyon (TICCM) son yıllarda önemli ölçüde ilerleme kaydetmiştir (Blanco vd., 2022). Ancak, iklim krizinin ele alınmasına yardımcı olmak için daha da hızlanması gerekmektedir (Dhakal vd., 2022). İnovasyon ve çevre ekonomistleri, knowl- edge yayımları ve çevrenin çifte dışsallığı nedeniyle, bu tür teknolojik inovasyon için yeterli teşvikleri teşvik etmenin serbest piyasa ortamında pek mümkün olmadığını savunmuşlardır (Jaffe vd., 2005; Popp vd., 2010; Rennings, 2000). Bu nedenle, TICCM'yi teşvik etmek için ek müdahaleler gerekmektedir (Borghesi vd., 2015a; Rennings, 2000).

Çevresel düzenlemeler, çevreye faydalı inovasyonun teşvik edilmesi açısından kritik öneme sahiptir (Jaffe vd., 2002; Jaffe vd., 2005; Rennings, 2000; Rennings ve Rexhäuser, 2011). Standart ekonomik mantık çevresel düzenlemelerin üretim maliyetlerini artırarak ve böylece inovasyon kaynaklarını dışlayarak inovasyonu engelleyebileceğini öne sürse de (Chen vd., 2021; Ren vd., 2022), Uyarılmış İnovasyon Hipotezi ve Zayıf Porter Hipotezi aksini iddia etmektedir. Bunlardan ilki, düzenlemelerin çevresel faktör girdilerinin maliyetlerini örtük veya açık bir şekilde artırabileceğini ve böylece bunların kullanımını azaltmayı amaçlayan inovasyonu teşvik edebileceğini öne sürmektedir (Hicks, 1963; Jaffe ., 2002). İkinci ise iyi tasarlanmış çevresel düzenlemelerin işletmeler için kar fırsatlarını sınırlayabileceğini ve böylece bu kısıtlamayı ele almak için inovasyonu teşvik edebileceğini öne sürmektedir (Jaffe & Palmer, 1997; Porter & Linde, 1995).

Emisyon ticaret sistemleri (ETS'ler), maliyet-etkinlikleri ve dinamik ve sürdürülebilir inovasyon teşvikleri sağlama kabiliyetleri nedeniyle TICCM'yi teşvik etmek için kilit bir politika aracı olarak görülmektedir (Jaffe vd., 2002; Liu vd., 2022; Rennings, 2000; Requate, 2005; Rogge vd., 2011a). Bununla birlikte, ETS'lerin TICCM üzerindeki etkisini değerlendiren çalışmalar, inceleme çalışmalarına bile yansıyan farklı görüşler ortaya koymuştur. Avrupa Birliği ETS (AB ETS) ile ilgili ampirik kanıtları sentezleyen birkaç inceleme makalesi, ETS'nin inovasyon yatırımlarını, araştırma geliştirmeyi (Ar-Ge) ve yeni teknolojilerin benimsenmesini olumlu yönde etkilediğini öne sürmektedir (Joltreau ve Sommerfeld, 2018; Laing vd., 2014; Teixidó vd., 2019). Buna karşılık Mandaroux (2023), AB ETS'nin uzun vadeli iklim hedeflerine ulaşmak için gereken teknolojik yeniliği teşvik etmede etkinliğini göstermediği sonucuna varmıştır. Benzer şekilde, Lilliestam ve diğerleri (2020), ETS'nin net sıfır karbon emisyonlarına yönelik teknolojik yeniliği teşvik ettiği argümanı için yeterli destek olmadığını bildirmiştir. Bu tür çelişkili kanıtlar, araştırmanın ilerlemesini engelleyebilir ve politika geliştirme ve benimsemeyi olumsuz etkileyebilir.

Mevcut incelemelerde üç ana sınırlama daha bulunmaktadır. Birincisi, bunların çoğu Çin ETS (CN ETS), Kore ETS ve Kaliforniyagibi diğer önemli ETS'leri göz ardı ederek yalnızca AB ETS'nin kanıtlarına odaklanmaktadır (Hermwille vd., 2015; Joltreau ve Sommerfeld, 2018; Laing vd., 2014; Mandaroux vd., 2023; Teixidó vd., 2019). İkinci olarak, birkaç çalışma ETS'lerin TICCM'nin belirli yönleri üzerindeki etkilerini incelemektedir. Örneğin, Laing ve (2014) yalnızca düşük karbonlu teknolojilere yapılan yatırımları değerlendirerek, TICCM'nin daha geniş süreçlerine kapsamlı bir bakış açısı sunmak yerine sadece bir yönünü ele almıştır. Üçüncü olarak, mevcut incelemelerin çoğu sistematik değildir ve bazı çalışmalar literatür tarama, tarama ve geçerlilik değerlendirme yöntemlerinde şeffaflıktan yoksundur. Bu durum, sonuçlara önyargılı yaklaşılmasına neden olabilir. Bu nedenle, ETS'lerin TICCM üzerindeki etkisine ilişkin mevcut bilgi durumunu daha iyi açıklığa kavuşturmak için hem çalışma metodolojisini hem de kapsamını iyileştirmeye açık bir ihtiyaç vardır.

ETS'lerin TICCM'deki rolüne ilişkin mevcut kanıtları sistematik olarak sentezlemeye çalışıyoruz. Eksik kanıtlardan kaynaklanan yanlılığı en aza indirmek için atıf takipli bir arama stratejisinin kullanıldığı yeni bir çerçeveye dayalı şeffaf ve titiz bir kanıt sentezi süreci geliştirilmiştir. Kanıt sentezi için 2001-2023 yılları arasında dünya çapında çeşitli ETS'ler üzerine yayınlanmış toplam 78 modelleme, nitel ve nicel çalışma seçilmiştir. Makalemiz, AB ETS ve CN ETS pilotlarına odaklanarak ETS'lerin TICCM üzerindeki etkinliğine ilişkin kanıtları sentezlemektedir. Daha önceki farklı sonuçların nedenlerini derinlemesine araştırıyor ve ETS teşvik etkisinin boyutuna ilişkin yeni bilgiler sunuyoruz. Teşvik etkinliği üzerindeki ana kısıtlamaları belirleyerek, potansiyel çözümleri de tanımlıyor ve politika önerileri sunuyoruz.

Aşağıda, Bölüm 2'de temel kavramlar ve metodolojiler özetlenmektedir. Bölüm 3, ETS'lerin TICCM üzerindeki etkisine ilişkin literatürü sentezlemekte ve farklı bulguların nedenlerini ele almaktadır. Bölüm 4 teşvik etkilerinin kapsamını ve kısıtlarını incelemektedir. Bölüm 5'te ana bulgular özetlenmekte ve gelecekteki araştırmalar için öneriler sunulmaktadır.

2. Metodoloji

Sistematiik inceleme, önceden belirlenmiş bir dizi kriteri karşılayan tüm kanıtları sentezleyerek belirli bir soruya ilişkin mevcut bilgi durumunu değerlendirmek için kullanılan bir yöntemdir (Higgins vd., 2023). Bu yaklaşım, standartlaştırılmış, şeffaf ve tekrarlanabilir bir süreç kullanarak araştırma yanlılığını en aza indirme ve güvenilir ve doğru sonuçlar elde etme kabiliyeti nedeniyle seçilmiştir (Collaboration for Environmental Evidence (CEE), 2022). Metodolojik kılavuza dayanarak (CEE, 2022; Higgins vd., 2023), aşağıda açıklandığı gibi ayrıntılı soru açıklama, arama stratejisi, tarama stratejisi, geçerlilik değerlendirmesi ve veri çıkarma süreçleri geliştirilmiştir.

2.1. Araştırma sorusunun netleştirilmesi ve kavram tanımı

Bu araştırma, ETS'lerin TİCCM üzerindeki etkisini belirlemeyi amaçlamaktadır. Araştırma kapsamını belirlemek ve alt sıralı adımları yönlendirmek için soru, çevresel kanıtların sentezlenmesinde yaygın olarak kullanılan Nüfus-Müdahale-Karşılaştırmacı-Sonuç (PICO) çerçevesine dayalı olarak ifade edilmiştir (CEE, 2022). Her bir unsurun ayrıntıları Tablo 1'in (1) numaralı sütununda gösterilmektedir.

Araştırma sorumuzun kilit kavramlarından biri olan TİCCM'nin üzerinde uzlaşılmış bir tanımı bulunmamaktadır. Bu kavram daha geniş teknolojik inovasyon veya eko-inovasyonun yönü ve kapsamının nitelendirilmesi olarak yorumlanabilir. Yukarıdaki iki kavrama ilişkin tartışması doğrultusunda (Garcia ve Calantone, 2002; Grubb vd., 2021; Manual, 2005; Rennings, 2000; Schiederig vd., 2012), TİCCM'yi 'üretim faaliyetlerinden kaynaklanan atmosferik sera gazı (GHG) emisyonlarını kontrol etmeye, azaltmaya ve önlemeye yönelik teknolojilerin icadı, geliştirilmesi, pilot uygulaması ve benimsenmesinden yayılmasına kadar olan yinelemeli bir süreç' olarak tanımlıyoruz.

2.2. Literatür taraması, tarama ve geçerlilik değerlendirmesi

Arama stratejisi hem klasik bibliyografik aramayı hem de yeni bir atıf takibi aramasını içererek kapsamlı literatürün yakalanmasını sağlamıştır. İlgili hakemli literatürü belirlemek için Web of Science ve Scopus taranırken, tezler ve gri literatür için ProQuest ve Google Scholar araştırılmıştır. Arama dizisi, yazar önerileri ve pilot aramalar yoluyla yinelemeli olarak geliştirilen P, I ve O unsurlarıyla ilgili birden fazla arama terimi içeriyordu. Veri tabanlarına uygulanan kapsam ve arama terimi dizisi Tablo 2'de gösterilmiştir. Atıf takibi stratejisi, karşılaştırmalı literatürün referanslarına (ileri atıf takibi) ve karşılaştırmalı literatüre atıfta bulunan yayınlara (geri atıf takibi) odaklanmıştır. Kıyaslama literatürü, Andor ve Fels'in (2018) yaklaşımını izleyerek, bibliyografik aramadan elde edilen tüm ilgili derleme makalelerinden oluşmaktadır. Atıf takibi sonuçları farklı araçlar kullanıldığında değişiklik gösterdiğinden, üç ana araç (Scopus, Web of Science ve Citationchaser (Haddaway et al., 2021)) performansını test ettik ve karşılaştırdık. Geçerlilik ve kapsamlilik açısından en iyi kombine performansla sahip olan Citationchaser, nihayetinde atıf takibi aramasını gerçekleştirmek için seçildi. Her iki arama stratejisinde de yayınlanma zamanına ilişkin bir kısıtlama yoktu, ancak İngilizce olmayan yayınlar hariç tutuldu.

Tarama stratejisi uygunluk kriterlerinin belirlenmesini içeriyordu: PICO'nun tüm temel unsurlarını içeren (Tablo 1'in (2) numaralı sütununda ayrıntılı olarak açıklandığı üzere) ve ETS'nin TİCCM üzerindeki etkisine odaklanan çalışmalar dahil edildi. Birincil olmayan

Tablo 1. PICO unsurları ve uygunluk kriterleri. PICO unsurları ve uygunluk kriterleri.

Elementler	(1) Açıklayan	(2) Uygunluk kriterleri
Nüfus	TİCCM	Dahil edilen çalışmalar teknolojik inovasyonun bir veya daha fazla aşamasına odaklanmalıdır. Bu aşamalar arasında teknolojik buluş, geliştirme, pilot uygulama, benimseme ve yayılma yer almaktadır. İlgili teknolojik yenilik, iklim değişikliğinin azaltılmasıyla ilgili olmalıdır. Bu, 'düşük karbonlu', 'karbon azaltıcı', 'sıfır' veya 'yeşil' gibi niteleyicilerin mevcut gerektiği anlamına gelir.
Müdahale ETS		Dahil edilen çalışmalar sera gazı emisyonlarını kısıtlayan ETS'lere odaklanmalıdır. Kükürt dioksit veya nitrojen oksitler gibi sera gazı olmayan emisyonları sınırlayan ETS'lere odaklanan çalışmalar hariç tutulacaktır.
Karşılaştırmacı	ETS içermeyen bir kontrol veya karşı olgusal senaryo	Modelleme ve nitel yayınlarda karşılaştırmacı örtük olabilir.
Sonuç	TİCCM'deki Değişiklikler	Dahil edilen çalışmalar, ETS'nin teknolojik yenilik üzerindeki etkisini değerlendirmelidir. sonuçların pozitif, negatif veya boş olması.

Tablo 2. Kapsam ve arama terimi dizesi.

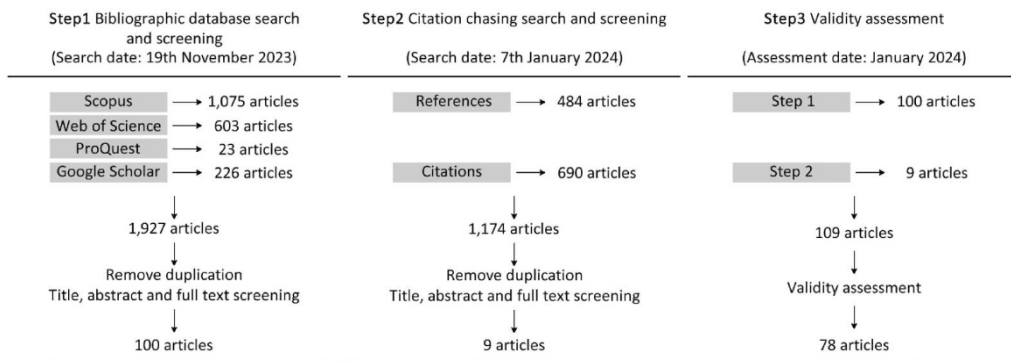
Veritabanı	Kapsam	Arama dizesi
Scopus	TITLE-ABS-KEY	('karbon ticareti' VEYA 'emisyön ticareti' VEYA 'karbon piyasası' VEYA 'üst sınır ve ticaret' VEYA 'emisyön ticareti' VEYA
Web of Science	TS	'ticarete konu emisyön' VEYA 'emisyön izni' VEYA 'karbon izni' VEYA 'ticarete konu izin') VE ('yenilik' VEYA 'yenilik' VEYA
ProQuest	noft	'teknolojik değişim' VEYA 'teknolojik ilerleme' VEYA 'teknolojik ' VEYA 'teknolojik devrim' VEYA 'teknolojik devrim' VEYA
Google Akademik ^a	-	'teknolojik geçiş' VEYA 'teknolojik geçiş' VEYA 'teknolojik yükseltme' VEYA 'teknoloji yükseltme' VEYA 'teknolojik ilerleme' VEYA 'teknoloji ilerleme' VEYA 'teknoloji geliştirme')

^a Google Scholar'da arama dizeleri için 256 karakter sınırına uymak için, önce orijinal uzun dizeyi daha kısa parçalara böldük. Daha sonra bu segmentler, her biri karakter uyarken orijinal dizinin tüm kapsamını toplu olarak kapsayan birden fazla yeni arama dizesi halinde yeniden birleştirildi. Daha sonra, bu kısa dizelerin her biri için arama sonuçlarını almak üzere 'Publish or Perish' (Harzing, 2007) aracını kullandık. Alınan tüm sonuçları birleştirerek, sonuçta Google Scholar'a dayalı doğru bir arama sonucu elde ettik.

incelemeler ve yorumlar gibi araştırma yayınları hariç tutulmuştur. Tarama süreci, arama sonuçlarının birleştirilmesi ve mükerrerlerin elenmesiyle başlamış, öncelik en yeni veya hakemli versiyonun korunmasına verilmiştir. Daha sonra tüm yayınlar uygunluk kriterlerine göre başlık, özet ve tam metin olarak sırayla taranmıştır. Tarama sonuçları kesin olmayan yayınlar bir sonraki aşama için saklanmıştır. Tarama sürecinin herhangi bir aşamasında kriterleri karşılayamayan yayınlar değerlendirme dışı bırakılmıştır.

Yayınların geçerliliğinin değerlendirilmesi, yanlılığın azaltılması ve sonuçlarının sağlamlığının artırılması için kritik bir adımdır (CEE, 2022; Higgins ve ark., 2023). Bu süreçteki ilk adım, değerlendirme araçlarının oluşturulmasıdır. CEE'nin standart araçlarını (Konno vd., 2021) modelleme, nitel ve nicel çalışmalar için özel olarak geçerlilik değerlendirme araçları tasarlamak üzere uyarladık (her bir araç Ek Materyal A'da ayrıntılı olarak açıklanmıştır). Bu araçlar modelleme çalışmalarında dış geçerliliği, nitel ve nicel çalışmalarda ise hem iç hem de dış geçerliliği değerlendirebilmektedir. Dış geçerlilik değerlendirmesi uygulanabilirlik ve taşınabilirliğe odaklanırken, iç geçerlilik değerlendirmesi karıştırma riski, müdahale sonrası/maruziyet seçimi, tespit, sonuç raporlama ve sonuç değerlendirme yanlılıklarını ele almıştır. Taranan her yayın ilgili araçla değerlendirilmiş ve düşük geçerliliğe sahip olduğu düşünülenler hariç tutulmuştur.

Yukarıda önceden belirlenmiş protokol kullanılarak Kasım 2023 ile Ocak 2024 tarihleri arasında literatür taraması, tarama ve geçerlilik değerlendirmesi yapılmıştır (bkz. Şekil 1). Bibliyografik taramada başlangıçta toplam 1927 yayın tespit edilmiştir. Tekilleştirme ve taramadan sonra 100 yayın elde tutulmuştur. Bibliyografik arama ve tarama sonucunda, atıf takibi araştırması için kıyaslama literatürü olarak kullanılan sekiz ilgili inceleme makalesi belirlenmiştir. Atıf takibi yoluyla 484'ü ileri atıf ve 690'ı geri atıf olmak üzere toplam 1174 yayın tespit edilmiştir. Tekilleştirme ve taramadan sonra dokuz yayın daha tespit edilmiştir. Daha sonra, iki arama stratejisi ve tarama ile belirlenen yayınlar geçerlilik açısından değerlendirilmiştir. Otuz bir yayın düşük geçerliliğe sahip olarak değerlendirilmiş ve hariç tutulmuştur. Sonuç olarak, veri çıkarımı ve kanıt sentezi için 78 yayından oluşan bir külliyat elde tutulmuştur (makalemizin ve ilgili sekiz derleme makalesinin çalışma tasarımı özellikleri, geçerlilik değerlendirmesinin sonuçları ve

**Şekil 1.** Arama, tarama ve geçerlilik değerlendirme süreci ve sonuçları.

Tutulan tüm yayınların listesi sırasıyla Ek Materyal B'deki Tablo S1, S2 ve S3'te sunulmuştur).

2.3. Veri çıkarma ve kanıt sentezi

Veri çıkarma ve sentez metodolojileri, araştırma sorusunun özelliklerini dikkate alırken standart kılavuzları takip etmiştir. Yinelemeli test ve optimizasyon yoluyla, yayın düzeyindeki bilgileri, çalışma tasarımını ve çalışma sonuçlarını kapsayan bir kanıt veri tabanı geliştirdik. Çalışma tasarımının konu, bölge, dönem, kullanılan göstergeler ve veri düzeyi gibi ayrıntılarına özellikle dikkat edilmiş, bu da rapor edilen sonuçların farklılaşmasının nedenlerini araştırmak için temel oluşturmuştur. ETS'nin birden fazla TCCM göstergesi üzerindeki etkisini inceleyenler gibi birden fazla sonuç içeren yayınlar ayrı çalışmalar olarak ele alınmış ve bunlardan bilgiler ayrı ayrı çıkarılmıştır.

Verileri analiz etmek ve sonuçlara varmak için anlatı sentezi yaklaşımı ve görsel tanımlayıcı istatistiksel analiz kullanılmıştır. Meta-analiz gibi nicel sentez yöntemleri mevcut verileri etkili bir şekilde kullanabilir, etki tahminlerinin kesinliğini optimize edebilir ve çelişkileri ve farklı sonuçların nedenlerini ölçebilirken, araştırmaya dahil edilen yayınların tasarımı ve sonuçlarındaki önemli heterojenlik ve sağlam ve genelleştirilebilir bulgular üretme potansiyelini sınırlayan küçük örneklem büyüklüğü nedeniyle çalışmamız için uygun değildir (CEE, 2022; Higgins ve ark., 2023; Homar ve Cvelbar, 2021).

2.4. Metodolojik sınırlamalar

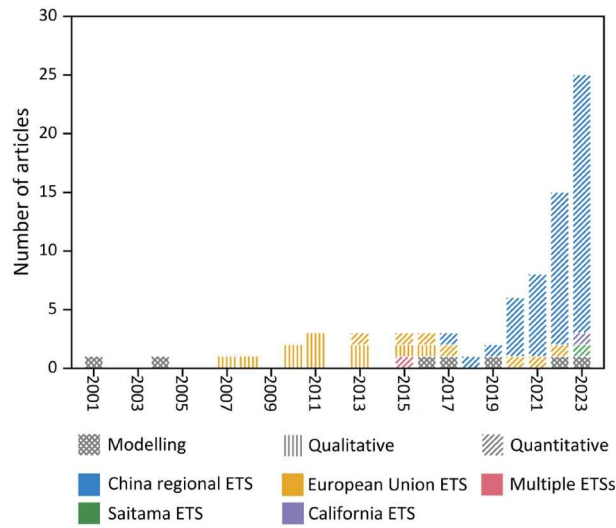
Sistematiik incelemenin kapsamlılığını, nesnelliliğini ve geçerliliğini sağlama çabalarımıza rağmen, bazı metodolojik sınırlamalar devam etmektedir. İlk olarak, gri literatüre tam olarak erişilememesi ve İngilizce olmayan yayınların hariç tutulması nedeniyle potansiyel olarak ilgili literatür gözden kaçmış olabilir. Gri literatürün çoğu katı geçerlilik değerlendirme kriterlerimizi karşılamayabilirken, Çince yayınların hariç tutulması CN ETS ile ilgili çalışmaların eksik kalmasına ve dolayısıyla potansiyel yanlılığa yol açabilir. İkinci olarak, kaynak kısıtlamaları birden fazla yazarın tüm tarama ve geçerlilik değerlendirme sürecini bağımsız olarak yürütmesini engellediğinden, incelenen yayınları belirleme süreci bazı öznellikler içerebilir. Son olarak, titiz ve ayrıntılı bir geçerlilik değerlendirme aracı geliştirmemize rağmen, bu araç modelleme çalışmalarının iç geçerliliğini değerlendirmemektedir; bu da incelenen çalışmaların güvenilirliğini ve genel sonuçlarımızın sağlamlılığını etkileyebilir.

3. Sonuçlar

Metodolojimiz 88 farklı çalışmadan oluşan 78 ilgili yayın tespit etmiştir. Takip eden analiz ilk olarak incelenen yayınların özelliklerini inceleyerek bu alandaki araştırmalara genel bir bakış sunmaktadır (Bölüm 3.1). Daha sonra, ETS'lerin TCCM üzerindeki etkisini tanımlamak ve ön yorumunu yapmak için oy sayımı kullanılmıştır (Bölüm 3.2). Bulgular, incelenen yayınlarda kullanılan araştırma yöntemi türüne göre sunulmuştur, çünkü farklı metodolojiler farklı sonuçlar verebilir ve tüm yaklaşımlar arasında kanıt sentezini zorlaştırabilir (Peñasco vd., 2021). İncelenen çalışmalardaki farklı sonuçların nedenleri sonuçların sonunda araştırılmıştır (Bölüm 3.3).

3.1. Literatürün genel özellikleri

Şekil 2, derlemdaki 78 yayını yayın yılı, kullanılan araştırma yöntemi ve çalışılan popülasyona göre göstermektedir. İncelenen yayınlar 2001 yılından bu yana yayımlanmıştır. Kümülatif sayıları 2020 yılına kadar nispeten düşük kalmış, yılda beşten fazla yayın çıkmamıştır. Bununla birlikte, CN ETS'nin nicel analizlerinin akını nedeniyle yayın sayısı 2020'den 2023'e kadar önemli ölçüde artmıştır. Modelleme çalışmaları (N= 7) en küçük metodolojik grubu oluşturmuş ve aynı zamanda ilk ortaya çıkanlar olmuştur. Nitel çalışmalar (N= 11) çoğunlukla 2007 ve 2015 yılları arasında yayınlanmış olup, özellikle AB ETS'ye odaklanmıştır. Kantitatif çalışmalar (N= 60) en büyük gruptur ve çoğunlukla 2018'den bu yana yayınlanmıştır. Şu anda dünya çapında 30'dan fazla ETS kullanılıyor olsa da, incelenen yayınlar ya



Şekil 2. İncelenen 78 yayının yayın yılı, metodolojisi ve popülasyonu.

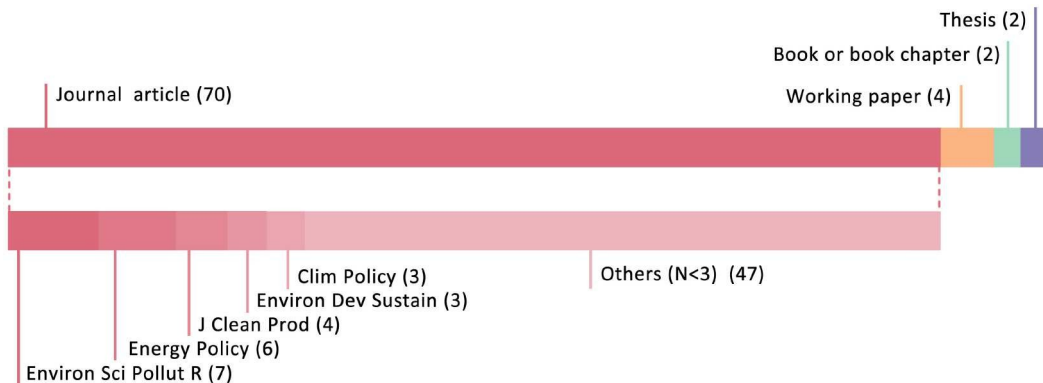
AB ETS veya CN ETS, Saitama ETS, Kaliforniya ETS birden fazla ETS ile ilgili sadece birer çalışma bulunmaktadır. Bu durum, AB ETS ve CN ETS'nin önemine ve araştırma alanındaki diğer ETS'ler için kanıt eksikliğine işaret etmektedir.

Şekil 3, incelenen yayınların türlerini ve dergi bağlantılarını göstermektedir. Derlemin %90'ını (N= 70) dergi makaleleri oluşturmaktadır. Çoğu ekonomi veya çevre bilimleri alanında olmak üzere 45 farklı dergide yayımlanmıştır. Dergilerden ikisi, *Çevre Bilimi ve Kirlilik Araştırmaları* ve *Enerji Politikası* en az beş ilgili makale içerirken, 33 dergi yalnızca bir makale içermektedir.

3.2. ETS'lerin TICCМ üzerindeki etkisi

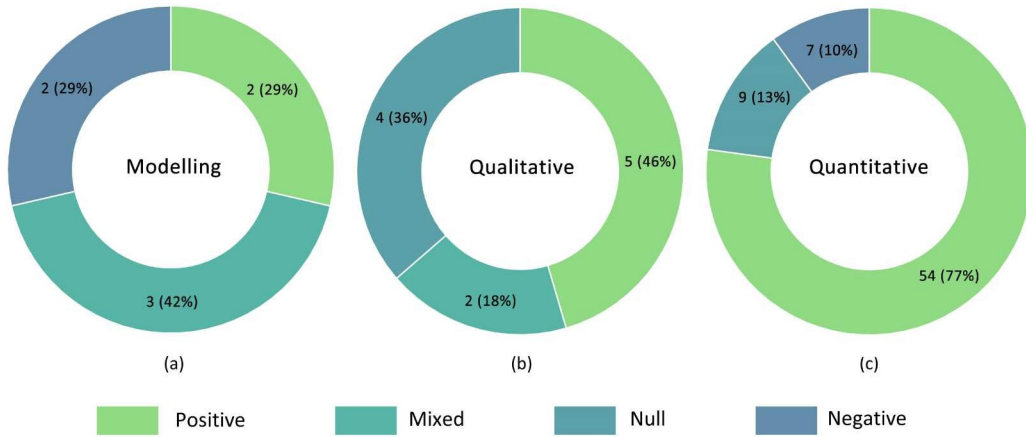
3.2.1. Modelleme çalışmalarından elde edilen bulgular

Modelleme veya simülasyonlara dayanan yedi makalenin analizi, ETS'lerin TICCМ üzerinde karışık bir etkisi olduğunu göstermektedir (bkz. Şekil 4 (a)). İki makale, ETS'nin iklim değişikliği azaltım teknolojilerine yatırım yapılmasını ve bu teknolojinin yaygınlaştırılmasını teşvik ettiğini ortaya koymuştur. Özellikle, Ju ve Fujikawa (2019), ETS'nin üreticilerin faktör girdi maliyetlerini artırarak teknolojik ilerlemeyi teşvik ettiği görüşünü ortaya koymuştur ki bu da İndüklenmiş İnovasyon Hipotezi ile örtüşmektedir.



Şekil 3. İncelenen yayın türleri İncelenen yayın türleri ve dergi bağlantısı.

Not: N < 3, derginin üçten az ilgili makale içerdiği anlamına gelir.



Şekil 4. ETS'lerin TICCM için etkisi: modelleme, nitel ve nicel araştırma.

Not: Karışık sonuçlar, hem olumlu hem de boş veya olumsuz etki bildiren bir çalışmayı ifade eder.

İki çalışma, tahsisat ticareti yoluyla çevre politikasına uyumun teknolojik yenilik peşinde koşmanın alternatif olacağını savunarak ETS'nin teknolojik yeniliği caydırabileceğini öne sürmüştür (Barreto ve Kypreos, 2004; Buonoanno vd., 2001). Bu durum ödenek fiyatının önemini vurgulamaktadır, zira daha düşük bir fiyat ödenek ticaretini daha cazip bir strateji haline getirmektedir. Bazı modelleme çalışmaları da tahsisat fiyatının inovasyonu teşvik etmedeki rolünü vurgulamıştır (Lyu vd., 2023; Yang vd., 2016). Wei ve arkadaşları (2022), 30-40 CNY/tonluk sabit bir fiyata sahip CN ETS'nin elektrik sektöründe teknolojik yeniliği motive etmede başarısız olduğu, ancak fiyat 50-60 CNY/tona yükseldiğinde belirgin teşviklerin ortaya çıktığı eşik etkisi bulmuştur. Patent süresi sınırları, piyasa gücü ve firma Ar-Ge kararlarının etkileşimi gibi dış faktörler de ETS'den kaynaklanan yetersiz ve çarpık Ar-Ge teşviklerine yol açabilir (Lechthaler-Felber & Krysiak, 2017).

Modelleme makaleleri, ETS'nin teknolojik yenilik üzerindeki etkisine dair yalnızca önceden tahmin edici kanıtlar sağlayabilir ve sayısal simülasyon sonuçlarının model varsayımlarına ve parametre ayarlarına karşı oldukça hassas olması nedeniyle dış geçerlilikleri sınırlıdır. Dahası, teknolojik yenilik süreçlerini simüle etmenin karmaşıklığı, ETS'ler ile teknolojik yenilik arasındaki ilişkinin analizini kısıtlamaktadır (Grubb., 2021). Bu sınırlama, modelleme literatürünün teknolojik inovasyonun göstergesi olarak yalnızca Ar-Ge yatırımlarına veya teknoloji uygulamalarına dayanmasında kendini göstermektedir.

3.2.2. Nitel çalışmalardan elde edilen bulgular

Nitel çalışmaların çoğu, ETS'nin TICCM üzerinde olumlu (%46) veya boş (%36) bir etkisi olduğunu bulmuştur (bkz. Şekil 4 (b)), ancak iki çalışma sınırlı olumsuz kanıtlarla karışık sonuçlar bildirmiştir.

Olumlu etkilere ilişkin nitel kanıtlar farklı ülke ve sektörlerden gelmektedir. Küresel sera gazı emisyonlarına en büyük katkıyı yapan elektrik sektörü (IEA, 2023), en önemli teşvik etkilerini yaşamıştır (Rogge vd., 2011a; Skjærseth & Eikeland, 2016). Rogge ve diğerlerinin (2011a) etkili bir makalesi, Alman elektrik sektörüne ilişkin çoklu vaka analiziyle öne çıkmaktadır. Elektrik üreticileri, teknoloji tedarikçileri ve proje geliştiricileri ile yapılan 61 görüşmeye dayanan bu çalışma, AB ETS'nin yenilenebilir enerji üretim teknolojilerine geçişi hızlandırmanın yanı sıra düşük karbonlu kömürden elektrik üretim teknolojileri ve karbon yakalama teknolojilerinin araştırma, geliştirme ve tanıtımını önemli ölçüde hızlandırdığını ortaya koymuştur. Seramik, çimento, kok kömürü ve petrol rafinasyonu diğer sektörler de ETS'nin teknolojik yatırımlar, Ar-Ge faaliyetleri ve yeni teknolojilerin gösterimi ve benimsenmesi üzerinde olumlu etkilerini deneyimlemiştir (Anderson vd., 2010; Skjærseth & Eikeland, 2016).

Boş etkilere ilişkin nitel kanıtlar sadece kağıt hamuru ve kağıt endüstrisi için rapor edilmiştir. Almanya, İtalya ve İskandinav ülkeleri üzerine yapılan araştırmalar, AB ETS'nin sektördeki teknolojik yatırım, Ar-Ge ve teknolojinin benimsenmesi üzerinde ihmal edilebilir bir etkisi olduğunu ortaya koymuştur (Gasbarro, 2013; Gulbrandsen ve Stenqvist, 2013; Pontoglio, 2008; Rogge vd., 2011b). Tek bir sektörde kümelenen boş etki kanıtının nedenleri tam olarak araştırılmamıştır.

araştırılmıştır. Akla yatkın bir açıklama, ETS'nin rekabet gücü ve belirsizliğine ilişkin endişelerin kağıt hamuru ve kağıt şirketlerini politikaya karşı pasif stratejiler benimsemeye sevk ettiği ve böylece teşvik edici etkileri kısıtladığıdır (Borghesi ., 2015b; Pontoglio, 2008; Rogge ., 2011b; Skjærseth & Eikeland, 2016). Olumsuz etki, Hoffmann'ın (2007) Alman enerji sektörüne ilişkin araştırmasında ve Borghesi ve diğerlerinin (2015a) AB ETS katılımcısı sekiz ülkedeki çeşitli sektörlerle ilişkin kapsamlı analizinde tespit edilmiştir. Her iki çalışma da düzenleyici belirsizliğin teknolojik yatırımlar üzerindeki zararlı etkisini vurgulamıştır.

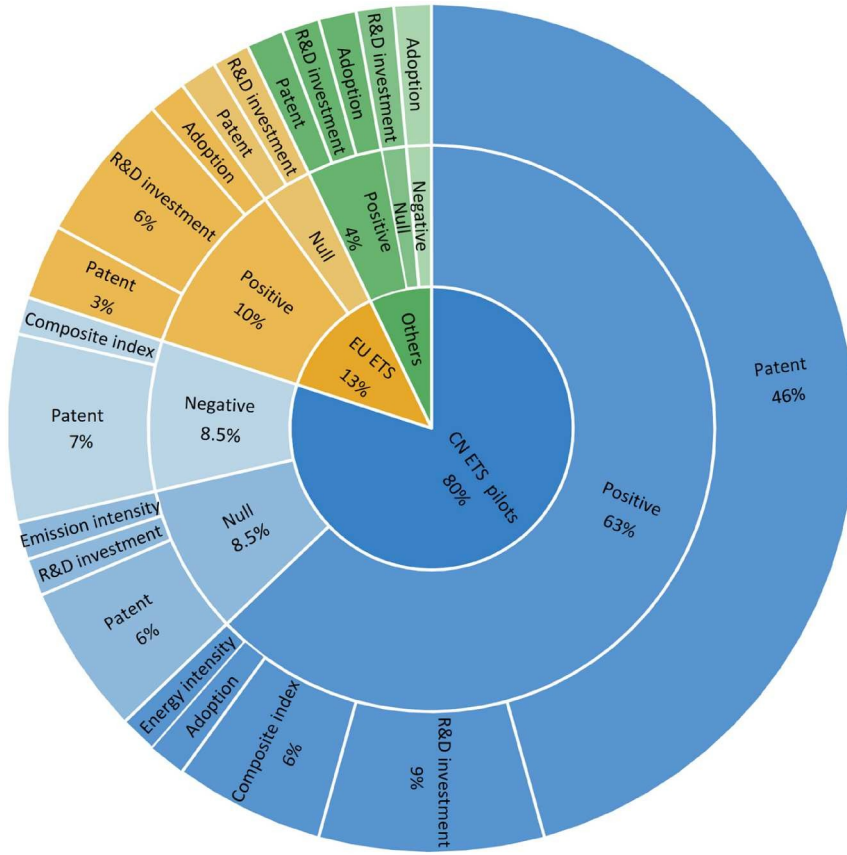
Nitel çalışmaların belirgin bir ortak özelliği ve sınırlaması, AB ETS'nin daha yeni performansını veya diğer ETS'lerin etkinliğini değerlendirmeksizin AB ETS Aşama I (2005-2007) ve II'ye (2008-2012) odaklanmaları ve bulgularının genelleştirilebilirliğini sınırlandırmalarıdır. Küçük örneklem büyüklükleri de bu sınırlamaya katkıda bulunmakta ve sonuçlarının uygulanabilirliğini daha da zorlaştırmaktadır. Son olarak, bazı nitel araştırmalar teknolojik inovasyona atıfta bulunurken 'inovasyon faaliyeti' veya 'inovasyon karar alma süreçleri' gibi muğlak terminolojiler kullanmaktadır (Borghesi vd., 2015b; Pontoglio, 2008) ve bu da ETS'nin farklı inovasyon aşamaları üzerindeki etkisinin değerlendirilmesini zorlaştırmaktadır. Dolayısıyla, nitel araştırmalar AB ETS'nin bazı sektörlerde ve bölgelerde teknolojik yeniliği teşvik ettiğini ortaya koymuş olsa da, bu bulgu özellikle AB ETS kapsamı dışındaki alanlar ve daha yakın dönemler genellenebilirlikten yoksundur.

3.2.3. Nicel çalışmalardan elde edilen bulgular

Nicel yayınlar (N= 60) çoğunlukla ETS'lerin TICCİM'yi teşvik ettiğini bulmuştur: incelenen 70 çalışmadan 54'ü (%77) olumlu etkiler bildirirken, sadece 9 ve 7 çalışma boş veya olumsuz bir etki bildirmiştir (bkz. Şekil 4 (c)). Niceliksel çalışmalar CN ETS pilotlarından Kaliforniya ETS ve Japonya'nın bölgesel 'sine kadar geniş bir yelpazede ETS'yi incelemiştir, ancak çoğu CN ETS pilotlarına (56 çalışma, %80) ve AB ETS'ye (9 çalışma, %13) odaklanmaktadır (bkz. Şekil 5). Bu nedenle, sonraki analizimiz bu iki ETS üzerinde yoğunlaşmaktadır.

Birçok çalışma (N= 44) CN ETS pilot uygulamalarının TICCİM üzerindeki olumlu etkisini çeşitli göstergelerle desteklemiştir. Olumlu etkiler bildiren çalışmalar, başta patent sayısı (30 çalışma) olmak üzere, ağırlıklı olarak TICCİM'nin patentle ilgili göstergelerini kullanmıştır. Zhu ve diğerlerinin (2019) bir makalesi, CN ETS pilotlarının TICCİM üzerindeki nedensel etkisini belirlemek için kapsamlı firma düzeyinde veriler kullanması ve düzenlemeye tabi firmalarda düşük karbonlu patentlerde %10,1'lik bir artış bulmasıyla öne çıkmaktadır. Diğer çalışmalar, CN ETS pilot uygulamalarının hem toplam patentler arasında iklim değişikliği azaltım teknolojilerine CCMT) yönelik patentlerin oranını (Shao ., 2023; Yang vd., 2023) hem de bunların atfı sıklığını (Qin ve Xie,) olumlu şekilde etkilediğini göstermiştir. Ar-Ge yatırımı (6 çalışma) ve bileşik bir endeks (4) kullanılarak yapılan çalışmalarda da olumlu etkiler bildirilmiştir. Çok az çalışma boş veya olumsuz etkiler bulmuştur, ancak kullandıkları inovasyon göstergeleri de geniş ve patentlere odaklanmıştır (12 çalışmadan 9'u). Ar-Ge yatırımı, karbon yoğunluğu ve bileşik endeksin her biri bir çalışmada kullanılmıştır. Boş veya ters etki bulguları olan çalışmaların dikkate değer bir sınırlaması, kontrol ve tedavi gruplarının endüstri veya bölgesel bir perspektiften oluşturulmasıdır. Bu yaklaşım her zaman ETS tarafından kısıtlanmayan kuruluşları içeren muamele gruplarına yol açmakta ve böylece sonuçların geçerliliğini zayıflatmaktadır. Bununla birlikte, CCMT için patent sayısı ve payı üzerine yapılan iki önemli çalışma, CN ETS pilotlarının önemli olumsuz etkisine dair ikna edici kanıtlar sunmaktadır (Chen vd., 2021; Zhang vd., 2022).

AB ETS ile ilgili nicel çalışmaların bulguları, nitel çalışmalardan daha olumludur ve olumlu sonuçlar %46'dan %78'e yükselmektedir. AB ETS'nin olumlu etkisine dair nicel kanıtlar patentlere (2 çalışma), Ar-Ge yatırımlarına (4 çalışma) ve teknolojinin benimsenmesine (1 çalışma) odaklanan çalışmalarda belgelenmiştir. Calel ve Dechezleprêtre (2016) patent düzeyinde kapsamlı kanıtlar üretmiştir. AB ETS tesislerinin ve emisyonlarının yaklaşık %80'ini kapsayan benzersiz bir veri seti oluşturmak için patent verilerini şirket bilgileriyle entegre ederek, düzenlemeye tabi firmalar arasında CCMT için patentlerde %9,1'lik bir artış bulmuşlardır. Calel (2020) ve Goerger (2021), AB ETS nedeniyle CCMT'ye yapılan yatırımda %32 ve %28'lik bir artış olduğunu gösteren benzer bulgular bildirmiştir. Sonuncusu ayrıca ETS'nin aşamalar arasında artan etkisinin altını çizmiştir - I. Aşamada negatif etkiden II. (%24,7) ve III. aşamalarda (%38,4') anlamlı etkiye. AB ETS'nin İsveç Ar-Ge yatırımları (Löfgren vd., 2014) ve Norveç patent başvuruları (Lunde, 2022) üzerindeki etkisini değerlendiren sadece iki çalışma boş bir etki bulmuştur.



Şekil 5. Araştırma nesnesi sınıflandırması. Araştırma nesnesi sınıflandırmasına dayalı nicel sonuçlar.

Not: En içteki katman farklı araştırma konularının ağırlıklandırılmasını yansıtmaktadır. Orta katman çalışma sonuçlarına tepki verir. En dıştaki katman, çalışmalar için kullanılan TİCKM göstergesine yanıt verir.

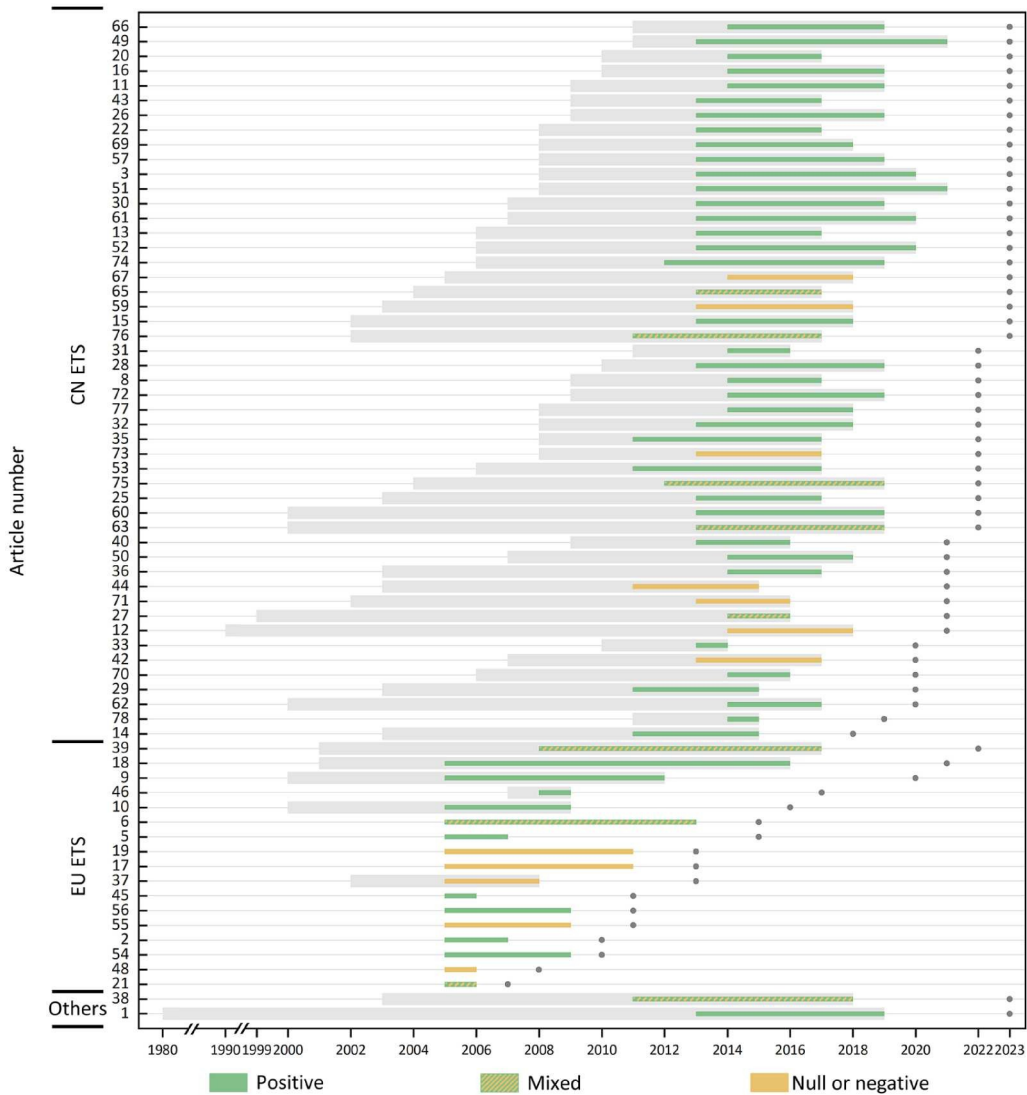
3.3. Farklı bulguların nedenlerinin analizi

Modelleme, nitel ve nicel çalışmalardan elde edilen bulgulardaki farklılık, ETS'lerin TİCKM üzerindeki etkisinin karmaşıklığını vurgulamaktadır. Bu nedenlerini anlamak, kanıtları sentezlemek ve ilişki hakkında yargıda bulunmak için çok önemlidir. Farklı çalışmaların araştırma tasarımlarını karşılaştırarak, farklılığın bir kısmını açıklamak zor olsa da sektör, bölge, konu ve zaman aralığındaki çeşitliliğin buna katkıda bulunduğunu, ancak teknolojik yenilik göstergesinin seçiminin buna neden olmadığını öne sürüyoruz. Farklılığın büyük kısmı, incelenen endüstriler veya bölgelerdeki farklılıklara atfedilebilir. Sonuçların sektörel heterojenliği, AB ETS teşvik etkisinin kağıt hamuru ve kağıt endüstrisinde bulunmaması, buna karşın diğer sektörlerde, özellikle de elektrik sektöründe belirgin olmasıyla en belirgin şekilde ortaya çıkmaktadır. CN ETS pilotları üzerine yapılan araştırma da enerji ve kaynak yoğun endüstrilerde önemli teşvikler olduğunu ancak imalatda olmadığını göstermektedir (Zhao ., 2022). Bu heterojenlik muhtemelen sektörel özelliklerdeki farklılıklardan ve emisyon yoğunluğu, azaltım potansiyeli ve kota tahsis kuralları gibi sektörler arasındaki ETS tasarımıyla kaynaklanmaktadır (Skjær- seth & Eikeland, 2016). Teşvik etkilerinin bölgesel heterojenliği, bölgesel CN ETS pilotlarında gözlemlenmiştir.² Örneğin, Chongqing pilotu TİCKM için teşvik oluşturmada başarısız olmuştur (Wang vd., 2020; Wang vd., 2022; Yao vd., 2021; Zhao vd., 2023), Hubei pilot uygulaması için ise tam tersi geçerlidir (Fu vd., 2022; Liu ve Sun, 2021; Ren ve Liu, 2023; Wang vd., 2020; Wang vd., 2022; Yao vd., 2021). Bu farklılaşma kota üst sınırları, kota tahsis kuralları, dahil etme eşikleri ve cezaların ağırlığındaki tasarım farklılıklarına bağlanmaktadır.

bölgesel CN ETS pilotları (Wang vd., 2022; Yao vd., 2021).

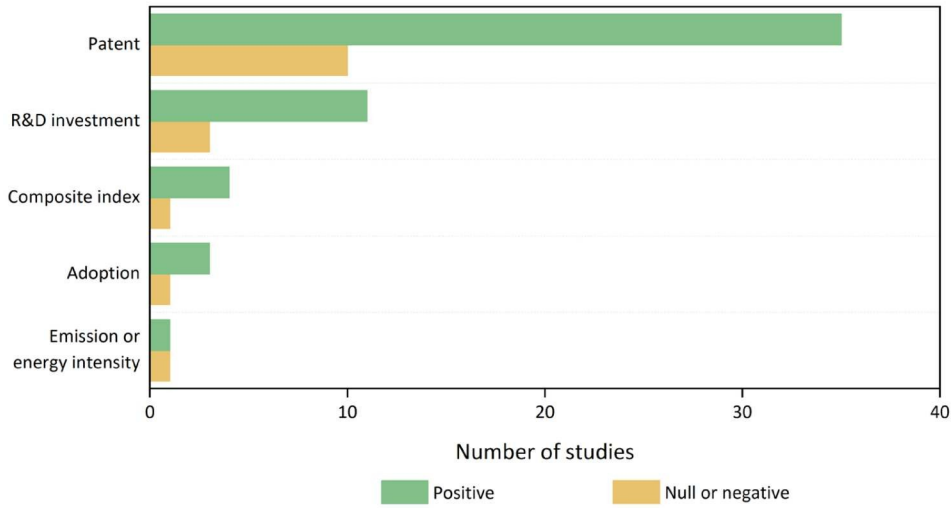
Çalışma dönemlerindeki farklılıklar, ayrışmanın yalnızca küçük bir kısmını açıklamaktadır. ETS'lerin teşvik edici etkileri, teknoloji inovasyon göstergelerinin çevre politikalarına gecikmeli tepkisi nedeniyle muhtemelen uygulamanın erken ve sonraki aşamaları arasında farklılık göstermektedir (Teixidó vd., 2019). Örneğin, AB ETS'nin I. Aşamasında teknolojik yatırımı teşvik etmenin etkinliğine ilişkin ilk sonuçlar (Gasbarro vd., 2013; Gulbrandsen ve Stenqvist, 2013; Löfgren vd., 2014) daha sonraki araştırmalardan elde edilen sonuçlarla uyumludur, ancak I. Aşamadan III. Aşamaya kadar olan genel değerlendirmeyle çelişmektedir (Goerger, 2021). Bununla birlikte, benzer kanıtlar sınırlıdır ve genel bulguların daha olumlu olması yönünde belirsiz bir eğilim olsa da, bulgular ile çalışma zaman dilimleri veya yayın tarihleri arasında net bir ilişki yoktur (bkz. Şekil 6).

Çalışma popülasyonundaki farklılıklar da sonuçlardaki farklılığın sadece küçük bir kısmını açıklamaktadır. Bu durum, CN ETS'ye karşı AB ETS'ye kıyasla daha fazla olumsuz kanıt olmasında özellikle belirgindir. Bununla birlikte, hem CN ETS hem de AB ETS, nispeten yüksek oranda TICCİM için olumlu teşvikler yaratmıştır.



Şekil 6. Çalışma dönemi ile yayın ve sonuç yılı arasındaki ilişki.

Not: Gri çubuklar çalışılan örneklerin zaman aralığını göstermektedir. Yeşil, sarı ve karışık renkli çubuklar değerlendirilen ETS etkisinin zaman aralığını göstermektedir. Gri noktalar makalenin yayın tarihini göstermektedir. Bilinmeyen veya belirlenmesi zor çalışma veya örneklem dönemleri olan yayınlar hariç tutulmuştur.



Şekil 7. Nicel çalışmalar Nicel çalışma göstergeleri ve sonuçları.

Politika tasarımı ve bağlamdaki farklılıklara rağmen olumlu çalışmalar (sırasıyla yaklaşık %79 ve %65). Bu durum, piyasa temelli çevre politikasının teknolojik yeniliği teşvik etme kapasitesinin altını çizmektedir.

Son olarak, inovasyon göstergelerinin seçimi, ETS teşviklerinin etkinliğine ilişkin bulgularla ilişkili görünmemektedir. Tüm göstergelerde, sonuçlar tutarlı bir ağırlıklı olarak olumlu bir etki göstermekte, sadece birkaç boş veya olumsuz sonuç ortaya çıkmaktadır (bkz. [Şekil 7](#)). Başka bir deyişle, ETS'lerin teşvik edici etkisi inovasyonun belirli bir aşamasıyla sınırlı olmayıp tüm süreci kapsamaktadır.

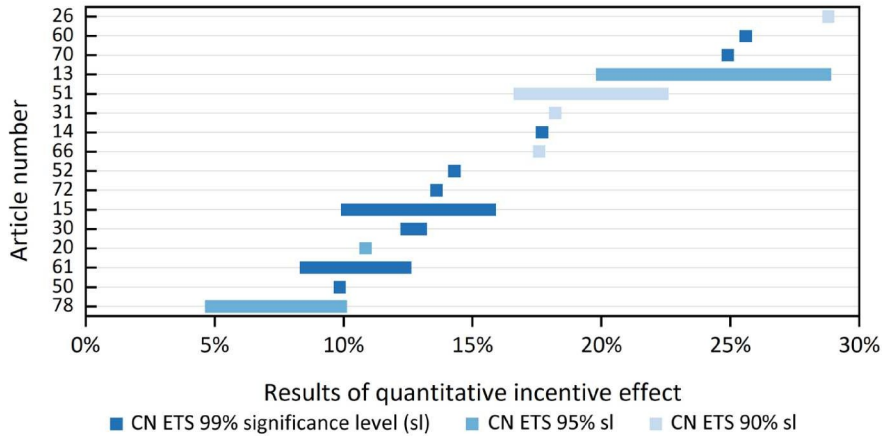
4. Tartışma

ETS'ler belirli sektörlerde veya bölgelerde inovasyon üzerinde dönüştürücü etkiler yaratmamış olsa da, genel olarak teknolojik inovasyon üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir pozitif etkiye sahip olmuştur. Ancak, basit bir oy sayımı sentezinden elde edilen bu sonuç, etkinin boyutunu açıklığa kavuşturmamaktadır. Belirli sektör ve bölgelerdeki sınırlı teşvikleri daha iyi anlamak için, bu sonuçlara katkıda bulunan altta yatan faktörleri araştırmak da çok önemlidir. Bu hususların belirlenmesi, ETS tasarımı potansiyel iyileştirmelere rehberlik edebilir. Aşağıdaki bölümlerde, (1) ETS'lerin teşvik etkisinin kapsamına ve (2) bunların etkinliğini sınırlayan engellere odaklanıyoruz.

4.1. Teşvik etkisinin boyutunun analizi

Teşvik etkisinin boyutunun belirlenmesi, ETS'ler ve TICC arasında ilişkinin netleştirilmesine yardımcı olur. Bu konu halihazırda dikkat çekmiş ve tartışma yaratmıştır. AB ETS'ye ilişkin incelemelerin çoğu, olumlu bir etkisi olsa da bunun sınırlı veya ılımlı olduğu konusunda hemfikirlerdir (Joltreau & Sommerfeld, 2018; Laing ., 2014; Van Den Bergh & Ivan, 2021). İncelemeler ayrıca sıklıkla mevcut ETS'nin uzun vadeli iklim değişikliği hedeflerine ulaşmak için radikal ve uzun vadeli teknolojik yenilikleri teşvik etmede başarısız olduğu sonucuna varmaktadır (Hermwille vd., 2015; Lillies- tam vd., 2020; Mandaroux ., 2023). Buna karşılık, Teixidó ve diğerleri (2019) AB ETS'nin inovasyon üzerindeki etkisinin, özellikle patent başvurularında olumlu ve önemli olduğunu savunmaktadır. Ayrıca, Joltreau ve Sommerfeld (2018) ve Van Den Bergh ve Ivan (2021) teşvik etkisinin mutlak anlamda zayıf olsa da, göreceli olarak önemli olduğunu öne sürmektedir.

Çalışmamız, AB ETS ve CN ETS'nin teşvik edici etkilerinin boyutuna ilişkin yeni bilgiler sunmaktadır. İlk olarak, nitel çalışmaların yaklaşık yarısı ve önemli bir nicel çalışma, AB ETS'nin teşvik edici etkisinin sınırlı veya orta düzeyde olduğunu öne sürmektedir. Almanya'da yapılan üç çalışma, elektrik sektöründe bile AB ETS'nin



Şekil 8. CN ETS pilot uygulamalarına atfedilen CCMT patentlerindeki yüzde artış.

Not: Çizgi parçaları, bir çalışmadan elde edilen birden fazla sayısal sonucu temsil etmekte olup, çizginin başlangıcı ve sonu maksimum ve minimum etkiyi temsil etmektedir. Sonuçlar, ortalama değerlerine göre en düşüğe en yükseğe doğru artan sırada sunulmuştur.

ETS teşvik etkisinin en güçlü olduğu, yenilenebilir enerji ve talep yönlü enerji verimliliği üzerindeki etkisinin hala sınırlı olduğu (Rogge vd., 2011a) ve mevcut teşvikin inovasyonda dönüştürücü değişiklikleri motive etmede başarısız olduğu (Hoffmann, 2007; Rogge vd., 2011a; Rogge & Hoffmann, 2010). Skjærseth ve Eikeland (2016) tarafından yapılan ülkeler arası vaka çalışması da benzer şekilde ETS'nin radikal ve uzun vadeli tekno-mantıksal inovasyon üzerindeki etkisinin artan ilgiyi çekmekle sınırlı kaldığını ortaya koymaktadır. Bir başka detaylı nicel çalışma, AB ETS'nin ilk yıllarında (2005-2009), kısıtlı firmalara yönelik teşvikinin 183 ilave düşük karbonlu patent eklediğini ve Avrupa Patent Ofisi'ne yapılan bu tür patentlerin toplam sayısındaki artışın sadece %0,83'ünü açıkladığını göstermektedir (Calel & Dechezleprêtre, 2016). İkinci olarak, CN ETS pilot uygulamalarını inceleyen nicel çalışmaların bir sentezi, TICCİM için teşvikinin sınırlı olduğunu ve teknolojik yenilikte düşük karbonlu dönüşümü önemli ölçüde yönlendiremediğini göstermektedir. ETS'nin patentler üzerindeki etkisine ilişkin incelenen 16 nicel çalışma, teşvik etkisinin boyutunu nicel olarak değerlendirme fırsatı sunmaktadır. Bulgularının bir sıralaması, CN ETS pilotlarının CCMT için patentlerdeki büyümenin yaklaşık %10-%25'ini oluşturduğunu göstermektedir (bkz. Şekil 8). CN ETS pilot uygulamalarının, politikanın 2011'de başlatılmasından bu yana sekiz pilot bölgenin tamamında etkili olduğu şeklindeki abartılı varsayım altında bile, yukarıdaki nicel kanıtlara dayanarak, 2011-2023 döneminde CCMT ve tüm teknoloji türleri için patent başvurularının sırasıyla sadece %4,27-%10,66 ve %0,8-%2,00'sini açıklamaktadır.³

Analizimiz, ETS'lerin teknolojik inovasyon üzerindeki teşvik edici etkisinin sınırlı veya orta düzeyde olduğunu göstermektedir, ancak bu, teknolojik inovasyonu teşvik etmede başarısız oldukları anlamına gelmemektedir. Kuşkusuz uzun vadeli iklim değişikliği hedeflerine ulaşmak için yenilikleri motive etmek çoklu politika veya politika karışımı stratejisi gerektirmektedir (Rennings, 2000; Rogge & Reichardt, 2016; Van Den Bergh & Ivan, 2021). Dolayısıyla, tek başına bir ETS'nin istenen hedefe ulaşmasını beklemek mantıksızdır. Ayrıca, incelenen çalışmalar AB ETS'nin ilk iki aşamasına ve CN ETS'nin pilot aşamasına odaklanmaktadır. ETS'ler gelişmeye ve iyileşmeye devam ettikçe, TICCİM üzerindeki teşvik edici etkilerinin güçlenmesi muhtemeldir (Teixidó vd., 2019). Bu nedenle, ETS'ler henüz TICCİM'yi teşvik etmede beklenen etkiye ulaşmamış olsa da, uygulamalarının ilk sınırlı ancak olumlu ve önemli etki göz ardı edilmemelidir.

4.2. Teşvik etkisi üzerindeki kısıtlamaların analizi

Yukarıdaki analiz, ETS'lerin TICCİM'yi teşvik etmesine rağmen, etkinin ne büyük ne de sektörler ve bölgeler arasında eşit olduğunu koymakta ve daha fazla iyileştirme ihtiyacını ve potansiyelini vurgulamaktadır. ETS kaynaklı teknolojik inovasyon teşvikleri üzerindeki başlıca kısıtlamaları tespit ederek iyileştirme için umut verici yolları ortaya çıkarmaya çalışıyoruz.

Teşvik etkisi üzerindeki kısıtlamaları tartışan 29 yayında, yetersiz katılık (20 yayında belirtilmiştir) ve yüksek belirsizlik (16 yayında) birincil kısıtlamalar olarak tanımlanmıştır, çünkü her ikisi de çalışmaların yarısından fazlası tarafından belirtilmiştir. Yetersiz bağlayıcılık, ETS tarafından firmalara uygulanan düzenleyici kısıtlamaların eksikliğini ifade etmektedir. Esas olarak düşük ödenek fiyatları, sınırlı işletme katılımı ve zayıf cezalar ile kendini gösterir. Yetersiz sıklık ile işletmeler düşük uyum maliyetleri ile karşılaşır ve fazla tahsisatların satışından elde edilen mali kazançlar sınırlıdır. Zayıf maliyet ve gelir teşvikleri inovasyon motivasyonunu kısıtlamaktadır (Chen ., 2021; Hoffmann, 2007; Skjærseth & Eikeland, 2016).

ETS'lerdeki yüksek belirsizlik genellikle, ödenek fiyatlarının oynaklığı ve düzenleyici belirsizlikte kendini gösterdiği gibi, uyum maliyetlerinin ve emisyon azaltma faydalarının yüksek öngörülemezliğini ifade eder. TİCCM genellikle karmaşık ve büyük ölçekli olduğundan (Grubb ., 2021), teknolojik inovasyona yapılan yatırımlar ile etki yaratma arasında önemli bir zaman gecikmesi ile sonuçlandığından (Joltreau ve Sommerfeld, 2018; Van Den Bergh ve Ivan, 2021), gelecekteki faydaları değerlendirmek inovasyon kararları için çok önemlidir. Yüksek belirsizlik altında, değişken ödenek fiyatları ve kısa vadeli düzenleyici akış ile teknolojilere yatırım için uzun amortisman süreleri arasındaki uyumsuzluk, beklenen getirilerin değerlendirilmesini zorlaştırmaktadır. Bu durum, işletmelerin Ar-Ge yatırımlarını ertelemek veya inovasyondan vazgeçmek gibi temkinli veya bekle ve gör stratejileri uygulamasına yol açarak ETS'nin TİCCM için yarattığı teşvikleri zayıflatmaktadır (Borghesi vd., 2015b; Gasbarro vd., 2013; Gulbrandsen ve Stenqvist, 2013; Pontoglio, 2008).

Çalışmamız ETS'lerin teknolojik yeniliği teşvik etmede karşılaştığı iki temel zorluğu tespit etmiştir, ancak ETS'lerin hem sıklığı hem de belirsizliği zaman içinde iyileştiğinden bu bulgu son gelişmeler için geçerli olmayabilir. AB ETS'nin III. Aşamasında kota belirleme yetkisi merkezleştirilmiş ve tahsisat arzını ayarlamak için piyasa istikrar rezervi (MSR) oluşturularak aşırı düşük tahsisat fiyatları önlenmiştir. Benzer şekilde, CN ETS Pekin pilot uygulaması, 2015 yılında yıllık 10.000 ton karbondioksit emisyonunu dahil etme eşiğini 5.000 tona düşürmüştür. Hem AB ETS hem de CN ETS pilot uygulamaları, zaman içinde kota fiyatlarında genel bir artış eğilimi sergilemektedir (bkz. Ek Materyal B'deki Şekil S1) ve bu da sıklıktaki gelişmeleri yansıtmaktadır. AB ETS'deki belirsizlik, uygulama sürelerinin Aşama I ve II'de 3 ve 5 yıldan Aşama III ve IV'te 8 ve 10 yıla uzatılmasıyla da azaltılmıştır. Bu değişiklikler politika yapımcıların ETS eksikliklerini ele almaya başladığını göstermektedir, ancak yetersiz sıklık ve yüksek belirsizliğin ileriye dönük teşviklerin etkinliği üzerinde kısıtlamalar olarak kalıp kalmayacağı konusunda sorular ortaya çıkarmaktadır. Ayrıca, bağlayıcılığın artırılması veya belirsizliğin azaltılması birbirine bağlı olduğu için tek başına istenen iyileşmeleri sağlamayabilir. Örneğin, sıklığı artırmak için aşırı tahsisat arzını ele almak, politika belirsizliğini artırabilecek politika müdahaleleri gerektirir (Sato ., 2022). Bu durum, ETS'lerin uygulamada inovasyon üzerindeki teşvik edici etkisinin artırılmasının karmaşık ve zorlu olabileceğini ve bu alanda daha fazla derinlemesine araştırma ve keşif yapılması gerektiğini göstermektedir.

5. Sonuçlar

ETS'lerin TİCCM'yi teşvik etme kabiliyetini değerlendirmek çok önemlidir. Ancak, kısmen metodolojik sınırlamalar , ETS'lerin etkisine kanıtlar yetersiz kalmıştır. Bu boşluğu gidermek için, sistematik ve titiz bir literatür taraması gerçekleştirdik ve ETS'lerin TİCCM üzerindeki etkisini inceleyen modelleme, nitel ve nicel çalışmaları anlatsal olarak sentezledik. İnceleme ayrıca, daha önceki literatürdeki bulguların farklılaşmasının nedenlerine ve teşvik etkisinin kapsamına ilişkin tartışmalara dair yeni kanıtlar ve içgörüler sunmaktadır. İnceleme ayrıca, ETS'lerin TİCCM'yi teşvik etmedeki etkinliğini kısıtlayan temel faktörleri araştırmakta ve bu kısıtlamaları ele almak için potansiyel yolları tanımlamaktadır.

Kanıt sentezimiz, ETS'lerin TİCCM üzerinde pozitif ve istatistiksel olarak anlamlı bir etkiye sahip olduğunu göstermektedir. Teşvik etkisi, hem AB ETS hem de CN ETS pilotları için patentle ilgili çıktılar, yatırım ve teknolojinin benimsenmesi gibi çeşitli inovasyon göstergeleri için mevcuttur. Ancak, teşvik etkisi belirli sektörler ve bölgeler için söz konusu değildir. Sektörel ve bölgesel heterojenlik, önceki literatürdeki farklı bulguların başlıca nedenleridir. Farklılık kısmen çalışma dönemleri ve çalışma konularındaki farklılıklardan da kaynaklanmaktadır. Pozitif teşvik etkisine ilişkin bulgular cesaret verici olmakla birlikte, teşvik etkisi ılımlı veya sınırlıdır ve uzun vadeli ve radikal teknoloji inovasyonu için daha zayıftır. ETS'nin teşvik edici etkisinin artırılması için kapsam mevcuttur. Teşvik etkisini sınırlayan ana faktörler yetersiz katılık ve yüksek belirsizliktir

ETS'lerden kaynaklanmaktadır. Her iki kısıtlamayı sinerjik bir şekilde ele alabilen MSR gibi esnek politika araçlarının etkin kullanımı, değerli bir iyileştirme stratejisini temsil etmektedir.

ETS'lerin TICCIM üzerindeki etkisi karmaşıktır ve bu alandaki kanıtlar eksik kalmaktadır. Araştırmanın kapsamı, heterojenliğe sınırlı odaklanma nedeniyle önemli ölçüde kısıtlanmaktadır. Sanayi ve bölgesel heterojenlik üzerine derinlemesine tartışma eksikliği, ETS'lerin etkinliği ve sanayi maliyet geçiş kapasitesi, karbon kaçağı riski ve bölgesel tasarımı gibi faktörler gibi kilit ilişkilerin araştırılmasını kısıtlamaktadır. Teknolojik yenilik heterojenliğine yeterince dikkat edilmemesi, sonuçların ayrıntı düzeyini ve sağlamlığını daha da sınırlamaktadır. Özellikle, radikal ve artımsal teknolojik yeniliklere odaklanılmaması, teşvik etkisinin kapsamı hakkındaki sonuçlarımızın, varlığı hakkındaki sonuçlarımızdan daha az sağlam kalmasına neden olmaktadır. Ayrıca, ETS'ler gelişmeye ve genişlemeye devam ettikçe, AB ve CN dışı ETS'lerin yanı sıra son ETS teşvik etkileri üzerine yapılan çalışmaların azlığı daha da belirgin hale gelmektedir. Bu durum, ETS'lerdeki gelişmelerle teşvik etkilerinin güçlenip güçlenmediği ve yetersiz sıklık ve yüksek belirsizliğin hala devam edip etmediği ve teşvik etkilerini zayıflatıp zayıflatmadığı gibi bazı soruların yetersiz bir şekilde ele alınmasına neden olmaktadır. Gelecekteki araştırmalarda bu boşlukların ele alınması, ETS'lerin tasarımının ve etkinliğinin iyileştirilmesi açısından faydalı olacaktır.

Notlar

1. Bu tahmin, tüm dönem (2013-2020) için değil, yalnızca AB ETS'nin III. aşamasının bir kısmı (2013-2016) için geçerlidir.
2. Çin, 2011 yılında yedi eyalet veya şehirde (Pekin, Şanghay, Tianjin, Hubei, Guangdong, Chongqing ve Shenzen) ETS pilotları başlatmış ve ticaret 2013 yılından itibaren kademeli olarak başlamıştır. Fujian ETS pilot uygulaması başlatıldı ve 2016 yılında ticarete başladı.
3. Patent verileri incoPat veritabanından alınmıştır. İklim değişikliği azaltımına yönelik patentlerin tanımlanması, Kooperatif Patent Sınıflandırması'ndaki (CPC) Y02 etiketine dayanmaktadır. Veri alma tarihi Eylül 2024'tür ve yalnızca geçerli statüye sahip ve Çin tarafından dosyalanmış patentler dikkate alınmıştır.

Teşekkür

Yazarlar, Sun Yat-sen Üniversitesi'nden Dr. Zexiang Wang'a ilk taslaklar hakkındaki anlayışlı yorumları için ve Leeds Üniversitesi'nden Niklas Döbeling-Hildebrandt'a hakemlerin geri bildirimlerini ele almadaki değerli desteği için minnettar. Ayrıca, bu makalenin geliştirilmesine büyük katkı sağlayan yapıcı önerileri için anonim hakemlere ve editöre içten teşekkürlerimizi sunarız. Kalan hata veya eksikliklerden yalnızca yazarlar sorumludur.

Yazar katkıları

Zihong Chen: Kavramsallaştırma, Metodoloji, Doğrulama, Biçimsel analiz, Veri küratörlüğü, Yazım - orijinal taslak, Yazım - inceleme ve düzenleme, Görselleştirme. **Paul E. Brockway:** Kavramsallaştırma, Doğrulama, Yazma - inceleme ve düzenleme, Süpervizyon. **Sheridan Few:** Kavramsallaştırma, Doğrulama, Yazma - inceleme ve düzenleme, Süper vizyon. **Jouni Paavola:** Kavramsallaştırma, Doğrulama, Yazım - inceleme ve düzenleme, Süpervizyon.

Açıklama beyanı

Yazar(lar) tarafından herhangi bir potansiyel çıkar çatışması bildirilmemiştir.

Finansman

Zihong Chen, Çin Burs Konseyi-Leeds Üniversitesi Bursu'nun desteğine teşekkür eder, ödül numarası: 202306040026. Paul Brockway'in katkısı kısmen Birleşik Krallık Araştırma Konseyi tarafından EPSRC Bursu, EP/R024254/1 ödüllü kapsamında finanse edilmiştir. Jouni Paavola, Birleşik Krallık Ekonomik ve Sosyal Araştırma Konseyi'nin (ESRC) desteğine teşekkür eder, hibe/ödül numarası: ES/K006576/1 İklim Değişikliği Ekonomisi ve Politikası Merkezi (CCCEP).

ORCID

Zihong Chen  <http://orcid.org/0009-0003-8087-9421>

Paul E. Brockway  <http://orcid.org/0000-0001-6925-8040> Sheridan
 Few  <http://orcid.org/0000-0002-0876-158X> Jouni
 Paavola  <http://orcid.org/0000-0001-5720-466X>

Referanslar

- Anderson, B., Convery, F., & Di Maria, C. (2010). Teknolojik değişim ve AB ETS: İrlanda örneği. *SSRN*, 1-22. <https://doi.org/10.2139/ssrn.1687944>.
- Andor, M. A., & Fels, K. M. (2018). Davranışsal ekonomi ve enerji tasarrufu - Fiyat dışı müdahalelerin sistematik bir incelemesi ve bunların nedensel etkileri. *Ecological Economics*, 148, 178-210. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2018.01.018>
- Barreto, L., & Kypreos, S. (2004). Teknoloji öğrenimi ile bir enerji sistemi "aşağıdan yukarıya" modelinde emisyon ticareti ve teknoloji dağıtımı. *European Journal of Operational Research*, 158(1), 243-261. [https://doi.org/10.1016/S0377-2217\(03\)00350-3](https://doi.org/10.1016/S0377-2217(03)00350-3)
- Blanco, G., de Coninck, H. C., Agbembiese, L., Diagne, E. H. M., Anadon, L. D., Lim, Y. S., Pengue, W. A., Sagar, A., Sugiyama, T., Tanaka, K., Verdolini, E., & Witajewski-Baltviks, J. (2022). Inovasyon, teknoloji geliştirme ve transferi. P. R. Shukla, J. Skea, A. Al khouradajie, R. Van diemen, D. McCollum, M. Pathak, S. Some, P. Vyas, R. Fradera, M. Belkacemi, A. Hasija, G. Lisboa, S. Luz, & J. Malley (Eds.), *IPCC, 2022: İklim değişikliği 2022: İklim değişikliğinin azaltılması. Çalışma grubu III'ün altıncı değerlendirilmeye katkısı hükümetler arası iklim değişikliği paneli raporu* (s. 2674-2814). Cambridge Üniversitesi Yayınları.
- Borghesi, S., Cainelli, G., & Mazzanti, M. (2015a). Emisyon ticaretinin çevresel inovasyonla ilişkilendirilmesi: İtalyan imalat sanayinden kanıtlar. *Research Policy*, 44(3), 669-683. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2014.10.014>
- Borghesi, S., Crespi, F., D'Amato, A., Mazzanti, M., & Silvestri, F. (2015b). Karbon azaltımı, sektör heterojenliği ve politika tepkileri: AB'de uyarılmış eko inovasyonlara ilişkin kanıtlar. *Environmental Science & Policy*, 54, 377-388. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2015.05.021>
- Buonanno, P., Carraro, C., Castelnovo, E., & Galeotti, M. (2001). İçsel teknolojik değişim ile emisyon ticareti kısıtlamaları. *International Environmental Agreements*, 1(3), 379-395. <https://doi.org/10.1023/A:1011594622427>
- Calel, R. (2020). Benimseyin ya da yenilik yapın: Cap-and-trade'e teknolojik tepkileri anlamak. *Amerikan Ekonomi Dergisi: Economic Policy*, 12(3), 170-201. <https://doi.org/10.1257/pol.20180135>
- Calel, R., & Dechezleprêtre, A. (2016). Çevre politikası ve yönlendirilmiş teknolojik değişim: Avrupa karbon piyasasından kanıtlar. *Review of Economics and Statistics*, 98(1), 173-191. https://doi.org/10.1162/REST_a_00470
- Chen, Z., Zhang, X., & Chen, F. (2021). Karbon emisyon ticareti programları işletmelerde yeşil inovasyonu teşvik ediyor mu? Çin'den Kanıtlar. *Technological Forecasting and Social Change*, 168, 120744. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2021.120744>
- Çevresel Kanıtlar için İşbirliği. (2022). *Çevre Yönetiminde Kanıt Sentezi için Kılavuz ve Standartlar*. <https://environmentalevidence.org/information-for-authors/>
- Dhakal, S., Minx, J. C., Toth, F., Abdel-Aziz, A., Figueroa Meza, M. J., Hubacek, K., Jonckheere, I. G. C., Kim, Y.-G., Nemet, G. F., Pachauri, S., Tan, X. C., & Wiedmann, T. (2022). Emisyon Eğilimleri ve Etkileri. A. R. Shukla, J. Skea, R. Slade, A. Al Khouradajie, R. van Diemen, D. McCollum, M. Pathak, S. Some, P. Vyas, R. Fradera, M. Belkacemi, A. Hasija, G. Lisboa, S. Luz, & J. Malley (Eds.), *IPCC, 2022: İklim değişikliği 2022: İklim değişikliğinin azaltılması. Hükümetlerarası iklim değişikliği panelinin altıncı değerlendirme raporuna çalışma grubu III'ün katkısı* (s. 215-294). Cambridge Üniversitesi Yayınları.
- Fu, L., Yi, Y., Wu, T., Cheng, R., & Zhang, Z. (2022). Karbon emisyon ticareti programı politikaları yeşil teknoloji inovasyonunu teşvik ediyor mu? Çin'deki İl Yeşil Patentlerinden Yeni Kanıtlar. *Environmental Science and Pollution Research*, 30(5), 13342-13358. <https://doi.org/10.1007/s11356-022-22877-1>
- Garcia, R., & Calantone, R. (2002). Teknolojik yenilik tipolojisi ve yenilikçilik terminolojisine eleştirel bir bakış: Bir literatür incelemesi. *Journal of Product Innovation Management*, 19(2), 110-132. <https://doi.org/10.1111/1540-5885.1920110>
- Gasbarro, F., Rizzi, F., & Frey, M. (2013). Çevre yönetim sistemleri ve AB ETS'nin karşılıklı etkisi: İtalyan kağıt hamuru ve kağıt endüstrisi için bulgular. *European Management Journal*, 31(1), 16-26. <https://doi.org/10.1016/j.emj.2012.10.003>
- Goerger, A. (2021). AB ETS'nin Kirlilik Azaltma Yatırımları Üzerindeki Etkileri. *SSRN'de mevcuttur*: <https://Ssrn.Com/Abstract=3798397>
- Grubb, M., Drummond, P., Poncia, A., McDowall, W., Popp, D., Samadi, S., Penasco, C., Gillingham, K. T., Smulders, S., Glachant, M., Hassall, G., Mizuno, E., Rubin, E. S., Dechezleprêtre, A., & Pavan, G. (2021). Enerji teknolojileri ve sistemlerinde indüklenmiş inovasyon: CO₂ azaltımı için kanıtların ve potansiyel sonuçların gözden geçirilmesi. *Environmental Research Letters*, 16(4), 043007. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/abde07>
- Gulbrandsen, L. H., & Stenqvist, C. (2013). AB emisyon ticaretinin kurumsal iklim stratejileri üzerindeki sınırlı etkisi: Bir İsveç ve bir Norveç kağıt hamuru ve kağıt şirketinin karşılaştırılması. *Energy Policy*, 56, 516-525. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2013.01.014>
- Haddaway, N., Grainger, M., & Gray, C. (2021). *Citationchaser: Akademik çalışmalarda ileri ve geri atıf takibi için bir R paketi* (0.0.1). Zenodo. <https://zenodo.org/records/4533747>
- Harzing, A. W. (2007). *Publish or Perish* [Bilgisayar yazılımı]. Available from <https://harzing.com/resources/publish-or-perish>
- Hermwille, L., Obergassel, W., & Arens, C. (2015). Emisyon ticaretinin dönüştürücü potansiyeli. *Karbon Yönetimi*, 6(5-6), 261-272. <https://doi.org/10.1080/17583004.2016.1151552>
- Hicks, J. R. (1963). *Ücret teorisi*. Palgrave Macmillan. <https://doi.org/10.1007/978-1-349-00189-7>
- Higgins, J., Thomas, J., Chandler, J., Cumpston, M., Li, T., Page, M., & Welch, V. (Eds.). (2023). *Cochrane Handbook for Systematic Reviews of Interventions version 6.4 (updated August 2023)*. <https://training.cochrane.org/handbook>

- Hoffmann, V. H. (2007). AB ETS ve yatırım kararları. *European Management Journal*, 25(6), 464-474. <https://doi.org/10.1016/j.emj.2007.07.008>
- Homar, A. R., & Cvelbar, L. K. (2021). Çerçevelemenin çevresel kararlar üzerindeki etkileri: Sistematik bir literatür taraması. *Ecological Economics*, 183, 106950. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2021.106950>
- IEA. (2023). *Dünya Enerji Görünümü 2023*. <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2023>
- Jaffe, A. B., Newell, R. G., & Stavins, R. N. (2002). Çevre politikası ve teknolojik değişim. *Environmental and Resource Economics*, 22(1), 41-70. <https://doi.org/10.1023/A:1015519401088>
- Jaffe, A. B., Newell, R. G., & Stavins, R. N. (2005). İki piyasa başarısızlığı hikayesi: Teknoloji ve çevre politikası. *Ecological Economics*, 54(2), 164-174. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2004.12.027>
- Jaffe, A. B., & Palmer, K. (1997). Çevresel düzenleme ve inovasyon: Bir panel veri çalışması. *Review of Economics and Statistics*, 79(4), 610-619. <https://doi.org/10.1162/003465397557196>
- Joltreau, E., & Sommerfeld, K. (2018). AB emisyon ticaret sistemi (ETS) kapsamındaki emisyon ticareti neden firmaların rekabet gücünü etkilemiyor? *Literatürden Ampirik Bulgular. Climate Policy*, 19(4), 453-471. <https://doi.org/10.1080/14693062.2018.1502145>
- Ju, Y., & Fujikawa, K. (2019). Öngörülen bir emisyon ticareti planının Çin'deki çimento endüstrisinde üretim teknolojisinin yükseltilmesi üzerindeki etkisinin ortaya çıkarılması: Bir LCA-RCOT modeli. *Kaynaklar. Koruma ve Geri Dönüşüm: X*, 4, 100019. <https://doi.org/10.1016/j.rcrx.2019.100019>
- Konno, K., Livoreil, B., & Pullin, A. (2021). Çevresel Kanıtlar için İşbirliği Kritik Değerlendirme Aracı Sürüm 0.3 (Prototip). environmentalevidence.org/cee-critical-appraisal-tool/
- Laing, T., Sato, M., Grubb, M., & Combetti, C. (2014). AB emisyon ticareti planının etkileri ve yan etkileri. *Wiley Interdisciplinary Reviews-Climate Change*, 5(4), 509-519. <https://doi.org/10.1002/wcc.283>
- Lechthaler-Felber, G., & Krysiak, F. C. (2017). Kota piyasaları ve teknolojik değişim. *Journal of the Association of Environmental and Resource Economists*, 4(4), 1199-1228. <https://doi.org/10.1086/693136>
- Lilliestam, J., Patt, A., & Bersalli, G. (2020). Tam enerji dekarbonizasyonu için karbon fiyatlandırmasının teknolojik değişim üzerindeki etkisi: A ampirik ex-post kanıtların gözden geçirilmesi. *Wiley Interdisciplinary Reviews-Climate Change*, 12(1), e681. <https://doi.org/10.1002/wcc.681>
- Liu, Y., Liu, S., Shao, X., & He, Y. (2022). Yeşil inovasyon üzerinde çevresel hak ticareti için politika yayılma etkisi ve eylem mekanizması: Çin'in karbon emisyonu ticareti politikasından kanıtlar. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 153, 111779. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2021.111779>
- Liu, Z., & Sun, H. (2021). Emisyon ticareti programının düşük karbonlu teknolojik inovasyon üzerindeki etkisinin değerlendirilmesi: Çin'den kanıtlar. *Environmental Impact Assessment Review*, 89, 106589. <https://doi.org/10.1016/j.eiar.2021.106589>
- Löfgren, Å., Wråke, M., Hagberg, T., & Roth, S. (2014). AB ETS'nin neden reforma ihtiyacı var? şirket yatırımları üzerindeki etkinin ampirik bir analizi. *Climate Policy*, 14(5), 537-558. <https://doi.org/10.1080/14693062.2014.864800>
- Lunde, A. (2022). *Cap-and-trade ve inovasyon: AB ETS Norveç'te düşük karbonlu patent ve yeşil Ar-Ge harcamalarını artırdı mı?* [duo.uio.no]. duo.uio.no/bitstream/handle/10852/95990/1/Neby-Lunde.pdf
- Lyu, R., Zhang, C., Li, Z., & Zou, X. (2023). Düzenleyici müdahalenin yeşil teknoloji ve NEV otomobil üreticisinin inovasyon yatırımı üzerindeki etkisi. *Computers & Industrial Engineering*, 184, 109439. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2023.109439>
- Mandaroux, R., Schindelhauer, K., & Mama, H. B. (2023). Düşük karbonlu teknolojik değişimin teşvik edilmesinde AB emisyon ticareti sisteminin etkinliği nasıl güçlendirilir? Durum değerlendirmesi ve gelecek yönelimleri. *Energy Policy*, 181, 113697-113697. doi.org/10.1016/j.enpol.2023.113697
- Manual, O. (2005). Teknolojik yenilik verilerinin toplanması ve yorumlanması için önerilen kılavuz ilkeler. OCDE: *Avrupa İstatistik Ofisi Topluluklar*. https://read.oecd-ilibrary.org/science-and-technology/proposed-guidelines-for-collecting-and-interpreting-technological-innovation-data_9789264192263-tr
- Peñasco, Cristina, Anadón, Laura Díaz, & Verdolini, Elena. (2021). On tür karbonsuzlaştırma politikası aracının sonuçları ve ödünleşimlerinin sistematik incelemesi. *Nature Climate Change*, 11(3), 257-265. <https://dx.doi.org/10.1038/s41558-020-00971-x>
- Pontoglio, S. (2008). Eko-inovasyon sürecinde çevre politikalarının rolü: Avrupa Birliği emisyon ticaret programından kanıtlar. *Clean Air, Eylül, Sorgu tarihi: 2023-11-19 19:21:4*.
- Popp, D., Newell, R. G., & Jaffe, A. B. (2010). Enerji, çevre ve teknolojik değişim. Bronwyn Hall & Nathan Rosenberg (Eds.), *Handbook of the economics of innovation* içinde (Cilt 2, s. 873-937). Elsevier.
- Porter, M. E., & Linde, C. V. D. (1995). Çevre-rekabet gücü ilişkisinin yeni bir anlayışına doğru. *Journal of Economic Perspectives*, 9(4), 97-118. <https://doi.org/10.1257/jep.9.4.97>
- Qin, W., & Xie, Y. (2023). Çin'in emisyon ticaret planı politikasının işletmelerin yeşil teknolojik yenilik kalitesi üzerindeki etkisi: Sekiz yüksek karbon emisyonlu endüstriden kanıtlar. *Environmental Science and Pollution Research*, 30(47), 103877-103897. <https://doi.org/10.1007/s11356-023-29590-7>
- Ren, F., & Liu, X. (2023). Çin'in karbon ticareti politikasının karbon emisyonu azaltım etkisi ve porter etkisinin değerlendirilmesi. *Environmental Science and Pollution Research*, 30(16), 46527-46546. <https://doi.org/10.1007/s11356-023-25593-6>
- Ren, S., Yang, X., Hu, Y., & Chevallier, J. (2022). Emisyon ticareti, uyarılmış inovasyon ve firma performansı. *Energy Economics*, 112, 106157. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2022.106157>
- Rennings, K. (2000). İnovasyonun yeniden tanımlanması-Eko-inovasyon araştırması ve ekolojik ekonominin katkısı. *Ecological Economics*, 32(2), 319-332. [https://doi.org/10.1016/S0921-8009\(99\)00112-3](https://doi.org/10.1016/S0921-8009(99)00112-3)
- Rennings, K., & Rexhäuser, S. (2011). Çevre politikasının ve firmaların eko-yenilikçi faaliyetlerinin uzun vadeli etkileri. *International Journal of Technology, Policy and Management*, 11(3-4), 274-290. <https://doi.org/10.1504/IJTPM.2011.042087>

- Requate, T. (2005). Çevre politikası araçlarıyla dinamik . *Ecological Economics*, 54(2), 175-195. doi.org/10.1016/j.ecolecon.2004.12.028
- Rogge, K. S., & Hoffmann, V. H. (2010). AB ETS'nin elektrik üretim teknolojileri için sektörel inovasyon sistemi üzerindeki etkisi - Almanya için bulgular. *Energy Policy*, 38(12), 7639-7652. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2010.07.047>
- Rogge, K. S., & Reichardt, K. (2016). Sürdürülebilirlik geçişleri için politika karışimleri: Analiz için genişletilmiş bir kavram ve çerçeve. *Research Policy*, 45(8), 1620-1635. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2016.04.004>
- Rogge, K. S., Schleich, J., Haussmann, P., Roser, A., & Reitze, F. (2011b). Inovasyon faaliyetleri için düzenleyici çerçevenin rolü: AB ETS ve Alman kağıt endüstrisi. *International Journal of Technology, Policy and Management*, 11(3/4), 250. <https://doi.org/10.1504/IJTPM.2011.042086>
- Rogge, K. S., Schneider, M., & Hoffmann, V. H. (2011a). AB emisyon ticareti sisteminin inovasyon etkisi - Alman enerji sektöründeki şirket vaka çalışmalarının bulguları. *Ecological Economics*, 70(3), 513-523. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2010.09.032>
- Sato, M., Rafaty, R., Calel, R., & Grubb, M. (2022). Tahsisat, tahsisat, tahsisat! Avrupa Birliği emisyon ticareti sisteminin gelişiminin ekonomi politikası. *WIREs Climate Change*, 13(5), e796. <https://doi.org/10.1002/wcc.796>
- Schiederig, T., Tietze, F., & Herstatt, C. (2012). Teknoloji ve yenilik yönetiminde yeşil yenilik - keşfedici bir literatür taraması- ture review. *R & D Management*, 42(2), 180-192. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9310.2011.00672.x>
- Shao, W., Yang, K., & Chen, Z. (2023). Piyasa odaklı çevresel düzenleme firmaların teknolojik inovasyonunu teşvik ediyor mu? Çin'de borsaya kote A-hisse şirketlerinden kanıtlar. *Environment, Development and Sustainability*, 1-30. <https://doi.org/10.1007/s10668-023-03902-w>
- Skjærseth, J. B., & Eikeland, P. O. (Eds.). (2016). *AB emisyon ticaretine kurumsal tepkiler: Direniş mi, yenilik mi, sorumluluk mu?* Ashgate; <https://doi.org/1315574301>
- Teixidó, J., Verde, S. F., & Nicolli, F. (2019). AB emisyon ticareti sisteminin düşük karbonlu teknolojik değişim üzerindeki etkisi: ampirik kanıt. *Ecological Economics*, 164, 106347. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2019.06.002>
- Van Den Bergh, J., & Ivan, S. (2021). Karbon fiyatlandırmasının Düşük karbonlu inovasyon ve derin karbonizasyon üzerindeki etkisi: Tartışmalar ve ileriye giden yol. *Environmental and Resource Economics*, 80(4), 705-715. <https://doi.org/10.1007/s10640-021-00594-6>
- Wang, X., Liu, C., Wen, Z., Long, R., & He, L. (2022). Çin'in pilot karbon emisyonu ticareti programından kaynaklanan yeşil inovasyon etkisindeki bölgesel heterojenliğin yarı doğal bir deney yoluyla belirlenmesi ve analiz edilmesi. *Computers & Industrial Engineering*, 174, 108757. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2022.108757>
- Wang, W., Wang, D., Ni, W., & Zhang, C. (2020). Karbon emisyonu ticaretinin Çin'deki yönlendirilmiş teknik değişim üzerindeki etkisi. *Journal of Cleaner Production*, 272, 122891. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.122891>
- Wei, Y., Zhu, R., & Tan, L. (2022). Emisyon ticareti programı, teknolojik yenilik ve rekabet gücü: Çin'in termal enerji işletmelerinden kanıtlar. *Journal of Environmental Management*, 320, 115874. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2022.115874>
- Yang, S., Lu, T., Huang, T., & Wang, C. (2023). Karbon emisyon ticareti politikasının Çin'deki işletmelerin yeşil inovasyonunu geliştirmedeki etkisinin yeniden incelenmesi. *Environmental Science and Pollution Research*, 30(3), 7696-7717. <https://doi.org/10.1007/s11356-022-22621-9>
- Yang, L., Yao, Y., Zhang, J., Zhang, X., & McAlinden, K. J. (2016). Karbon piyasasının Çin'deki CO2 emisyonu azaltımı üzerindeki etkisinin CGE analizi: Teknoloji odaklı bir yaklaşım. *Natural Hazards*, 81(2), 1107-1128. <https://doi.org/10.1007/s11069-015-2122-y>
- Yao, S., Yu, X., Yan, S., & Wen, S. (2021). Heterojen emisyon ticareti planları ve yeşil inovasyon. *Energy Policy*, 155, 112367. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2021.112367>
- Zhang, W., Li, G., & Guo, F. (2022). Karbon emisyon ticareti Çin'de yeşil teknoloji inovasyonunu teşvik ediyor mu? *Applied Energy*, 315, 119012. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2022.119012>
- Zhao, X., Shang, Y., Ma, X., Xia, P., & Shahzad, U. (2022). Karbon ticareti yeşil teknoloji inovasyonuna yol açar mı? Kaynak tabanlı endüstrilerdeki Çinli şirketlerden son kanıtlar. *IEEE Transactions on Engineering Management*, 71, 2506-2523. <https://doi.org/10.1109/TEM.2022.3186905>
- Zhao, X., Wenjie, L., Wei, W., & Shuran, H. (2023). Karbon emisyon ticaretinin Çin'in enerji sektöründeki yeşil inovasyon üzerindeki etkisi- try. *Environmental Impact Assessment Review*, 99, 107040. <https://doi.org/10.1016/j.eiar.2023.107040>
- Zhu, J., Fan, Y., Deng, X., & Xue, L. (2019). Çin'de emisyon ticaretinin yol açtığı düşük karbonlu inovasyon. *Nature Communications*, 10(1), 4088. <https://doi.org/10.1038/s41467-019-12213-6>