

Yayın Geliş Tarihi: 17.10.2022
Yayına Kabul Tarihi: 22.12.2022
Online Yayın Tarihi: 28.12.2022
<http://dx.doi.org/10.16953/deusosbil.1190387>

Dokuz Eylül Üniversitesi
Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi
Cilt: 24, Özel Sayı, Yıl: 2022, Sayfa: 267-285
E-ISSN: 1308-0911

Araştırma Makalesi

TEKNOLOJİ İÇİN ÇEVRE, ÇEVRE İÇİN TEKNOLOJİ: ENERJİ SEKTÖRÜNDE BLOK ZİNCİRİ UYGULAMALARI¹

*Derya AKTAŞ**

Öz

2008'de Nakamoto'nun blok zincirini ortaya koymasının ardından bu teknolojinin sadece kripto paralarla ilgili olmadığını keşfetmek uzun sürmemiştir. Literatüre bakıldığında blok zinciri ile ilgili çalışmaların hızla arttığı ve farklı alanlara yayıldığı görülmektedir. Bu alanlardan birisi blok zinciri teknolojisinin çevreye olan etkileri üzerinedir. Yaşadığımız yüzyılın öncelikli sorun alanlarından biri olan iklim krizi ve doğal afetlerle başa çıkmanın bir yolu olarak yeni teknolojilerin çevre üzerindeki potansiyel etkilerinin tespiti ve önlem alınması adına konunun değerlendirilmesi gerekmektedir. Blok zinciri devletlerin de yoğun ilgisini çekmiş durumdadır. Otuzdan fazla ülkede blok zinciri konusunda pilot çalışmalar yürütülmektedir. Kamu politikaları açısından ele alındığında devletlerin bu teknolojiye ilgisi konuyu önemli kılmaktadır. Teknoloji baş döndürücü hızla ilerlerken bu ilerlemede çevre faktörünün gözeteilmesi sürdürülebilir bir gelecek için zaruridir. Blok zinciri teknolojisinin bu süreçte yüksek enerji tüketimi nedeniyle doğaya zararları eleştirilirken yeşil teknoloji çalışmalarında ele alınmaya başlanması önemli bir evrimdir. Bu doğrultuda literatür ile pratiğin tutarlılığının incelenmesi literatüre katkı sağlayacaktır. Bu amaçla blok zinciri projeleri içerik analizi yöntemiyle incelenip bu teknolojinin çevre üzerindeki olumlu-olumsuz etkileri tespit edilmiştir. İçerik analizinden sonra Türkiye'de ilk defa lisanslı elektrik üretiminde Uluslararası Yenilenebilir Enerji Sertifikası (I-REC) ticaretini blok zinciriyle gerçekleştiren Akso Elektrik'in yetkilisi ve

Bu makale için önerilen kaynak gösterimi (APA 6. Sürüm):

Aktaş, D. (2022). Teknoloji için çevre, çevre için teknoloji: Enerji sektöründe blok zinciri uygulamaları. *Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 24, Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü I. Uluslararası Sosyal Bilimler Kongresi, "Sürdürülebilirlik ve Toplumsal Dönüşüm" Özel Sayısı, 267-285.

¹ İlgili çalışma 22-24 Haziran 2022 tarihlerinde gerçekleştirilen Dokuz Eylül Üniversitesi ev sahipliğinde, Sosyal Bilimler Enstitüsü Koordinatörlüğünde düzenlenen "Sürdürülebilirlik ve Toplumsal Dönüşüm" temalı I. Uluslararası Sosyal Bilimler Kongresi'nde özet bildiri olarak sunulan çalışmadan üretilmiştir. Bu çalışma için etik kurul onayı gerekmemektedir. Özel sektör yetkilileriyle görüşme yapılmış ve kişilerin onayları alınmıştır.

*Arş. Gör., İzmir Katip Çelebi Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, Siyaset Bilimi ve Kamu Yönetimi Bölümü, ORCID: 0000-0003-1985-536X, derya.aktas@ikcu.edu.tr.

enerji sektöründe blok zinciri tabanlı bir platform olan Foton Enerji'nin kurucusu ile yarı yapılandırılmış görüşme yapılmıştır. Araştırma sonucunda blok zincir teknolojisinin kanıtlanma mekanizmalarındaki gelişmeler sayesinde enerji ihtiyacında azalma olduğu görülmüştür. Ayrıca blok zinciri alt yapısı kullanılarak geri dönüşüm ve yenilenebilir kaynaklardan enerji üretimi gibi projeler blok zinciri teknolojisine meşruiyet kazandırmaktadır. Aynı zamanda blok zinciri teknolojisi, enerji sektöründe bir pazarlama ayağı oluşturmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Blok Zinciri, Çevre, İklim Değişikliği, Sürdürülebilirlik, Yeşil Teknoloji.

ENVIRONMENT FOR TECHNOLOGY, TECHNOLOGY FOR THE ENVIRONMENT: BLOCKCHAIN PRACTICES IN THE ENERGY INDUSTRY

Abstract

After Nakamoto revealed the blockchain in 2008, it didn't take long to discover that this technology is not just about cryptocurrencies. When we look at the literature, it is seen that the studies on the blockchain have increased rapidly and spread to different areas. One of these areas is on the effects of blockchain technology on the environment. The issue should be evaluated in order to determine the potential effects of new technologies on the environment and take precautions as a way of coping with the climate crisis and natural disasters, which is one of the priority problem areas of the century we live in. Blockchain has also attracted the attention of governments. Pilot studies on blockchain are carried out in more than thirty countries. From public policy perspective, the state's interest in this technology makes the subject important. While technology is advancing at a dizzying pace, it is essential for a sustainable future to consider the environmental impact in this progress. It is an important evolution that blockchain technology is being discussed in green technology studies while being criticized for its high energy consumption in this process. In this context, examining the consistency of literature and practice will contribute to the literature. For this purpose, blockchain projects were examined by a content analysis method and the positive and negative effects of this technology on the environment were determined. After the content analysis, a semi-structured interview was held with the Aksa Electricity official, who traded the International Renewable Energy Certificate (I-REC) in licensed electricity generation for the first time in Turkey with the blockchain, and the founder of Foton Energy, a blockchain-based platform in the energy sector. As a result of the research, it has been seen that there is a decrease in energy need thanks to the developments in the consensus mechanisms of the blockchain technology. In addition, projects such as recycling and energy generation from renewable sources by using blockchain infrastructure give legitimacy to blockchain technology. At the same time, blockchain technology creates a marketing pillar in the energy sector.

Keywords: Blockchain, Environment, Climate Change, Sustainability, Green Technology.

GİRİŞ

Teknoloji her geçen gün yeni bir boyuta ulaşmakta ve üretimden tüketime hayatımızın her alanını etkilemektedir. Bu etkilerin olumlu olduğu kadar olumsuz tarafları da olabilmektedir. Bu doğrultuda ortaya çıkan yeni teknolojilerin çevreye etkileri konusuna ilgi olduğu görülmektedir. Blok zinciri teknolojisi de bu ilgiden payını almaktadır.

Blok zinciri teknolojisi zamansız, mekansız, aracısız işlem yapabilmeyi mümkün kılmaktadır. Merkezi bir otorite olmadan internet üzerinden işlem yapılabilir (Nakamoto, 2008). Tüm işlemlerin dağıtık bir ağ üzerinde yapılması işlem maliyetlerini düşürmektedir. Ayrıca zaman damgalı her işlem bir nevi arşiv görevi görmektedir. Yapılan işlemin açık olması ilgili taraflar açısından Őeffaflıėı getirmektedir. Bunlar da bürokrasideki yazışma ve dosyalama işlemleri nedeniyle oluşan kağıt tüketimini azaltma potansiyeli taşımaktadır. Ancak bu teknolojinin altyapı ve madencilik faaliyetleri nedeniyle yüksek enerji ihtiyacının doğaya yk getireceği noktasında eleştiriler getirilmektedir. Yüksek enerji ihtiyacının karbon salınımını artırması ve küresel ısınmayı hızlandırması riski öngörülmektedir. Diğer taraftan bu teknolojinin getirilerinin olumsuz özelliklerinden fazla olduğu ve bu sayede faydasının zararını aşacağı belirtilmektedir. Blok zinciri teknolojisinin gelişimi de bu savı desteklemektedir. Literatürde blok zincirin yeşil teknoloji bağlamında ele alındığı ve uygulanmaya başlandığı görülmektedir. Son dönemde yaşanan doğal afetler ve iklim krizinin kaçınılmaz etkileri yeşil teknolojilere olan ilgiyi artırmaktadır. Bu bağlamda blok zinciri teknolojisinin yeşil teknoloji olarak ele alınıp alınamayacağı da tartışılacaktır.

Bu araştırmada blok zinciri ve evre araştırmaları konusunda ne çıkan çalışmalar tespit edilip, literatürün hangi yöne evrildiği incelenmektedir. Böylelikle blok zinciri teknolojisinin gelişimi ve geldiği nokta gözlemlenebilecek ve araştırmacıların blok zincirinin evre üzerindeki etkilerini ne Şekilde algıladıkları ve çalışmalarına yansıtıkları görülebilecektir. Ayrıca mevcut uygulamalar incelenerek literatür ve pratiğin tutarlılığı araştırılmaktadır. Konu kamu yönetimi boyutuyla ele alınıp devletlerin evre ve sürdürülebilir gelişme için blok zincirini nasıl kullanabileceğinin değerlendirilmesi amaçlanmaktadır.

ÇALIŐMANIN YÖNTEMİ

Belirtilen amaçlar doğrultusunda çalışmada üç aşamalı bir yöntem izlenmiştir. Birincisi, Scopus veri tabanında yer alan blok zinciri ve evre konusundaki yayınlar incelenmiş, veriler R programı ile bibliyometrik analize tabi tutulmuştur. Bu kapsamda bibliyometrik analize tabi tutulan verilere göre blok zinciri ve evre konusunda çalışan 2329 yazar bulunmaktadır. Blok zinciri-evre

çalışmalarının 2016'dan itibaren ele alındığını görülmektedir. 2016-2022 arasında sosyal bilimler alanında 991 çalışma bulunmaktadır. Çalışmalarda yıllık % 49.13 büyüme oranı dikkati çekmektedir. Bu alanda yayınlar 2018 yılı itibariyle hız kazanmıştır. Ülkelere göre bakıldığında, yayın sayısında Çin başı çekmektedir. Ardından Hindistan, Amerika Birleşik Devletleri, Birleşik Krallık ve Güney Kore gelmektedir. 80 farklı ülkenin yer aldığı analizde Türkiye 16 yayın ile 23'üncü sırada yer almaktadır. Alanda en çok atıf alan ülkeler sırasıyla Çin, Almanya, Birleşik Krallık, Amerika Birleşik Devletleri ve Singapur'dur. Tablo 1'de blok zinciri ve çevre çalışmalarında başlık, anahtar kelime, özet ve referanslarda kullanılan kelime sıklıklarına yer verilmiştir. Bu tablo öne çıkan kavramların fikir vermesi ve yol göstermesi için faydalıdır.

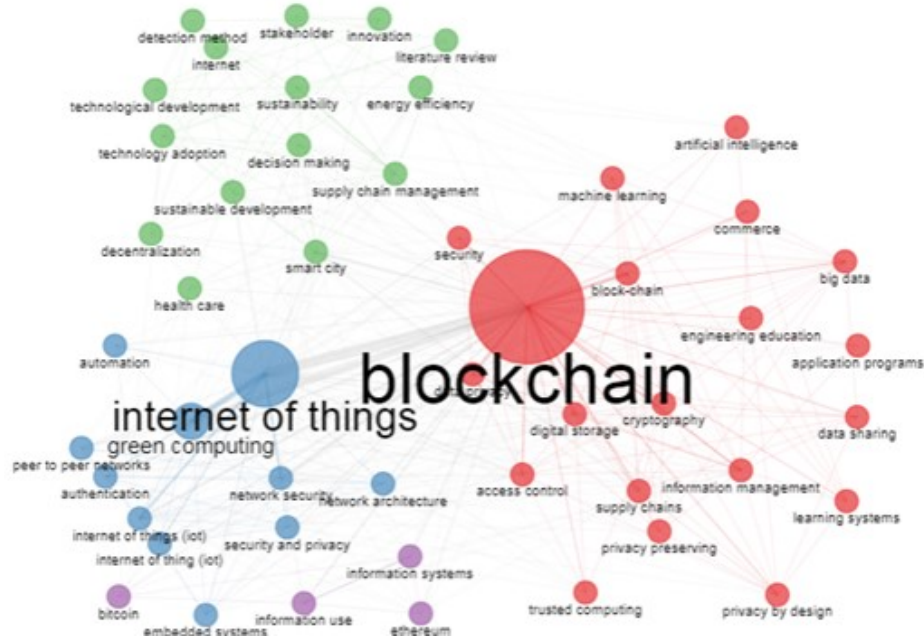
Tablo 1: En Sık Kullanılan Kelimeler

Makale Başlığı		Anahtar Kelimeler		Özetlerdeki Kelimeler		Referanslardaki Kelimeler	
Kelime	Sıklık	Kelime	Sıklık	Kelime	Sıklık	Kelime	Sıklık
blockchain	504	blockchain	584	blockchain	2510	blockchain	422
technology	152	blockchain technology	80	technology	1246	internet of things	174
smart	131	smart contract	76	data	1164	green computing	92
management	90	iot	53	smart	712	supply chain management	67
based	87	smart contracts	52	system	684	block-chain	60
blockchain_based	85	internet of things	51	paper	672	smart city	54
data	81	security	50	security	562	digital storage	51
digital	78	bitcoin	37	research	552	sustainability	48
system	78	privacy	35	information	516	internet of things (iot)	40
supply chain	70	sustainability	34	digital	509	network security	40
framework	60	ethereum	30	technologies	490	technology adoption	37
sustainable	59	big data	29	based	484	information management	35
iot	55	cryptocurrency	28	iot	484	data privacy	32
technologies	51	distributed ledger technology	28	study	461	sustainable development	30
internet	48	supply chain	27	systems	457	authentication	29
energy	44	artificial intelligence	26	management	444	decision making	28
applications	43	smart city	26	proposed	419	access control	26
review	42	supply chain management	23	supply	383	big data	24
		internet of	22	model	375	information use	24

		things (iot)					
systems	40	industry 4 0	20	chain	369	supply chains	24

Çalışma konularında ise “sürdürülebilir gelişme, enerji verimliliği, tedarik zinciri yönetimi ve çevreci bilişim (green computing)” kavramları ön plana çıkmaktadır. Sürdürülebilir gelişme, enerji verimliliği ve çevreci bilişimin öne çıkan kavramlar olması hem küresel ısınma ve iklim değişikliği gibi aciliyet kazanan sorun alanlarına ışık tutması hem blok zincirinin mevcut yapısını gözden geçirmesi bakımından önemlidir.

Şekil 1: Çalışma Konularının Kavramsal Yapısı



Bibliyometride öne çıkan bu kavramlar aynı zamanda içerik analizinde genel kodlama için seçilen temel kavramsal yapıları oluşturmuştur. İkinci olarak Scopus'ta blok zinciri ve yeşil teknoloji ile ilgili yer alan 16 yayın belirtilen kavramlara göre incelenmiştir. Üçüncü yöntem olarak blok zinciri projeleri incelenip bu teknolojinin çevre üzerindeki olumlu-olumsuz etkileri tespit edilmiştir. İçerik analizinden sonra Türkiye'de ilk defa lisanslı elektrik üretiminde Uluslararası Yenilenebilir Enerji Sertifikası (I-REC) ticaretini blok zinciriyle gerçekleştiren Aksa Elektrik yetkilileri ile yarı yapılandırılmış görüşme yapılmıştır. Aksa Elektrik yetkilisi vasıtasıyla enerji sektöründe blok zinciri tabanlı IREC sertifikası veren bir platform olan ve 120 enerji şirketinin üye olduğu Foton

Enerji'nin kurucusu ile görüşülmüştür. Elde edilen veriler karşılaştırılarak literatür ve uygulamanın tutarlılığı incelenmiştir.

BLOK ZİNCİRİ TEKNOLOJİSİ VE ÇEVRE

Günümüzün en temel iki sorunu, iklim krizi ve doğal kaynakların tükenmesidir. Artan nüfusla beraber enerjiye olan talep de artmaktadır. Bu da fosil kaynakların tüketimini artırmaktadır. Bunun yanında kentleşme, aşırı tüketim alışkanlıkları, endüstriyel üretimde kullanılan hammadde türü, atık geri dönüşümünün yetersizliği, ormansızlaşma ve kirlilik gibi birçok etken çevre üzerinde baskı oluşturmaktadır. Gelineen noktada küresel ısınma ve iklim değişikliğinin etkileri kaçınılmaz olarak ortaya çıkmaktadır. Kuraklık ve doğal kaynakların tükenmesi gibi birçok etki gözle görülmektedir. Tüm bu durumlarla başa çıkılması ve sürdürülebilirliğin sağlanması için çeşitli yöntemler ortaya konmaktadır. Teknolojik gelişmelerin hızla ilerlediği bu süreçte “*bugünün gereksinimlerini, gelecek kuşakların gereksinimlerini karşılama yeteneğinden ödün vermeden*” sağlama arayışı ile yeşil ve dijital dönüşüm hedeflenmektedir (AB Yeşil Mutabakatı, 2019; OECD, 1991, 2008). Tüm bunlar yeni teknolojilerin çevre üzerindeki etkilerini önemli hale getirmektedir. Blok zinciri teknolojisi de çevreye olan etkileri ile tartışmalarda yerini almaktadır.

Blok zinciri ile ilgili çevre çalışmalarında en büyük eleştiri konusu yüksek enerji ihtiyacı nedeniyle fosil yakıt kullanımının artması ve bu durumun sürdürülebilirlik çalışmalarına zarar vermesidir (De Vries, 2018; Şat, 2019). Blok zinciri teknolojisinin en tanınan kripto para türü olan Bitcoin yüksek enerji gereksinimi ile eleştirilmektedir. Ağ büyüdükçe enerji ihtiyacının artması kaçınılmazdır. Bu durumun çevre üzerinde olumsuz etki yaratacağı açıktır. Sınırlı fosil rezervlerinin tüketimi bir yana kömür kullanılarak elektriğin sağlandığı bölgelerde hava kalitesini düşürdüğü iddia edilmektedir (Dilek & Furuncu, 2019). Ayrıca Bitcoin'den ayrı birçok blok zinciri uygulaması bulunmaktadır. Bu uygulamalar Bitcoin'den kat kat daha az enerji gerektirmesine rağmen artan uygulamalar düşünüldüğünde enerji ihtiyacının azaltılması daha önemli olmaktadır. Bir diğer sorun ise elektronik atıkların artması durumudur (De Vries, 2018).

Blok zinciri teknolojisiyle ilgili enerji sorunu kanıtlanma mekanizmalarındaki gelişim ile çözülmeye çalışılmaktadır. Dağıtılmış ağda dijital kayıtların oluşturulması ve aktarılması için kriptografik algoritmalar kullanılmaktadır (Finck, 2018). Bu algoritmalar günden güne gelişmekte ve yeni konsensus/kanıtlanma mekanizmaları ortaya çıkmaktadır. Kanıtlanma mekanizmasının işleyişine göre ihtiyaç duyulan enerji miktarı, zaman ve hız değişiklik göstermektedir. Bitcoin alt yapısında kullanılan İşin İspatı (Proof of Work-PoW) protokolü çok fazla enerji tüketimine ve zaman kaybına neden olduğu

için eleştirilmektedir. Bu dezavantajlı yönlerin azaltılması için yeni protokoller geliştirilmiştir. Örneğin, Değerin İspatı (Proof of Stake-PoS), PBFT (Practical Byzantine Fault Tolerance), DPOS (Delegated Proof of Stake), PoA (Authorized stack proof algorithm) gibi enerji ihtiyacı çok düşük birçok kanıtlama mekanizması bulunmaktadır (Tanrıverdi vd., 2019).

Blok zinciri teknolojisiyle ilgili belirtilen olumsuz görüşlerin aksine iddialar da mevcuttur. Blok zinciri teknolojisinin araçları ortadan kaldırarak birçok maliyeti azaltacağı, üretim-tüketim süreçlerinde şeffaflık sağlayacağı, tedarik yönetiminde kolaylık sağlayacağı, zaman damgalı ve değiştirilemez işlemleri ile bir nevi arşiv oluşturması ve dolayısıyla yazışma ve dosyalama gereksinimini azaltması gibi faydalar belirtilmektedir (Şat, 2019).

Görüleceği üzere blok zinciri konusunda hem olumlu hem olumsuz görüşler mevcuttur. Her ne kadar birçok avantaj sağlasa da teknolojik gelişmelerle beraber endüstriyel üretimde yaşanan dönüşüm çevre üzerinde baskı yaratmaktadır. Teknolojik gelişmeleri durdurup tamamen geleneksel yöntemlere geçmek de mümkün görünmemektedir. Bu nedenle teknolojinin zararlarını en aza indirip çevreyi koruyucu hale getirmek gerekmektedir. Başka bir ifadeyle krizi yaratan uygulamaların fırsata dönüştürülmesinden bahsedilmektedir. Bu yöntemlerden biri olarak yeşil teknoloji kavramı ortaya çıkmaktadır.

Blok zincir teknolojisinin altyapısını oluşturduğu kripto paralara artan talep ve blok zinciri uygulamalarının farklı alanlara yayılması üzerine teknolojinin artan enerji tüketimi ve iklim üzerindeki etkisi dikkatleri çekmektedir. Bu noktada blok zinciri teknolojisi harcadığı enerji miktarıyla eleştirilere maruz kalırken bazı çalışmalarda yeşil teknoloji bağlamında ele alındığı görülmektedir. Aşağıdaki bölümde blok zinciri teknolojisinin yeşil teknoloji olarak ele alınıp alınamayacağı tartışılmaktadır.

YEŞİL TEKNOLOJİ VE BLOK ZİNCİRİ

Yeşil Teknoloji (Green Technology), “*insanların rahatlığı için ürün ve teknolojilerin yarattığı çevresel zararları azaltan çevresel iyileştirme teknolojisidir*” (Aithal & Aithal, 2016, s. 820). Başka bir tanım ise şöyledir: “*Temiz veya yeşil teknoloji, insan faaliyetlerinin olumsuz etkilerini en aza indiren ve azaltan doğal çevreyi ve kaynakları korumak için kullanılan ekipman, sistem ve ürünlerin iyileştirilmesi ve uygulanmasıdır*” (Monu Bhardwaj vd., 2015’den aktaran Iravani, Akbari & Zohoori, 2017). 19.yüzyılda basit geri dönüşüm uygulamalarıyla başlayan yeşil teknoloji çalışmaları günümüzde çok daha ileri düzeydedir. Örneğin, güneş enerjisi ve rüzgar türbinleri, elektrikli veya hidrojenli araçlar, karbon yakalama teknolojileri, sürdürülebilir tarım uygulamaları buna örnek gösterilebilir (Mueller, 2017, ss. 11-13).

İklim krizini tetikleyen en önemli etkenlerden biri olan fosil yakıtların enerji için kullanımı göz önünde bulundurulduğunda alternatif enerji kaynaklarının önemi gittikçe artmaktadır. Hem ucuz hem en az zarar veren enerji türü olarak başta güneş enerjisi, rüzgar ve su enerjisinden faydalanmak gerekmektedir. Bu doğrultuda Avrupa Birliği Yeşil Mutabakatı (2019) yeşil ve dijital dönüşümü öngörmektedir. Türkiye’de de Ticaret Bakanlığı tarafından hazırlanan Yeşil Mutabakat Eylem Planı (2021) ile sınırda karbon düzenlemeleri, yeşil ve döngüsel bir ekonomi, yeşil finansman, temiz ekonomi ve güvenli enerji arzı ve iklim değişikliğiyle mücadele gibi hedefler ortaya konmuştur. Bu süreçte dijital ve yeşil dönüşümün merkeze alındığı belirtilmektedir. İklim değişikliğiyle mücadele politikalarında iklim değişikliğinin ticaret politikalarıyla da bağlantısı kurulmaktadır. Böylece ekonomik büyümenin de sürdürülebilirliği hedeflenmektedir. Yeşil ve dijital dönüşümün finansmanında ise yenilenebilir enerji projeleri gerçekleştirilmektedir. Blok zinciri de finansal süreçleri hızlandıran ve süreçlerin hızlı ve şeffaf yürütülmesine katkı sunan teknolojilerden biridir. Peki blok zinciri teknolojisi yeşil teknoloji olarak değerlendirilebilir mi? Aşağıdaki blok zinciri ile yeşil teknoloji ilişkisini kuran makalelere yer verilmektedir.

Sharma, Kumar ve Park “Yeşil Nesnelerin İnternetine Doğru Blockchain Teknolojisi: Fırsatlar ve Zorluklar- Blockchain Technology Toward Green IoT: Opportunities and Challenges (2020)” başlıklı çalışmada, teknolojik gelişmelerin enerji tüketimini artırarak neden olduğu karbon ayak izi ve küresel ısınmaya karşı daha çevre dostu bir Nesnelerin İnterneti (IoT) ekosistemine yönelindiğinden bahsetmektedir. Enerji verimli hizmetler ve yenilenebilir enerjinin üretimini ve kullanımını sağlayan Yeşil IoT ekosisteminde blockchain teknolojisinin rolü ve IoT ekosistemini nasıl daha yeşil hale getirebileceğine odaklanan bu çalışmada, güvenli, şeffaf ve değiştirilemeyen işlemler sunan ve yenilenebilir enerji üretimi ve tüketiminde daha aktif rol oynayan, merkeziyetsiz blockchain teknolojisinin yeşil IoT sisteminin sürdürülebilirliğine katkıları ortaya konmaktadır. Daha yeşil bir IoT ekosistemi yaratmada blok zinciri teknolojisinin rolü kritik olarak belirtilmektedir. Şekil 2’de IoT uygulamalarında blok zincirinin rolü gösterilmektedir.

Şekil 2: İot Uygulamalarında Blok Zincirinin Rolü



(Kaynak: Sharma vd., 2020, s. 266).

Xu vd., “Blockchain çağında yeşil teknolojiyi dikkate alan tedarik zincirinin çevrimiçi bir platformla koordinasyonu -Coordination of a supply chain with an online platform considering green technology in the blockchain era (2021)” çalışmasında, blok zinciri teknolojisinin ürünlerin daha yeşil olmasına yardımcı olduğu, üretici ve platform için daha karlı ve koordinasyon sağlayıcı olduğu belirtilmektedir.

Li “Blok zinciri algoritmasına dayalı yeşil teknoloji yenilik yolu- Green technology innovation path based on blockchain algorithm (2021)” çalışmasında blok zincir algoritmasına dayalı yeşil teknoloji inovasyonunun yol analizini incelemekte ve konsensüs mekanizmasına yeni bir algoritma önererek ağ iletişimi yükünü azaltabileceğini ve enerji tüketiminden tasarruf sağlayabileceğini iddia etmektedir.

Xu ve Duan “Devlet sübvansiyonlu yeşil ürünler için fiyatlandırma ve yeşillik yatırımı: Blok zinciri teknolojisi ne zaman uygulanmalı?- Pricing and greenness investment for green products with government subsidies: When to apply blockchain technology? (2022)” çalışmasında, devlet sübvansiyonlu yeşil ürünler için fiyatlandırma ve “yeşillik” yatırımı için en uygun stratejileri incelemekte ve blok zinciri teknolojisini benimseme koşullarını araştırmaktadır.

Imbault vd., “Yeşil blok zinciri: Merkezi olmayan enerji üretimini ve tüketimini yönetme- The green blockchain: Managing decentralized energy production and consumption (2017)” çalışmasında enerji sistemlerinde yeşil sertifika kullanımında uygulanan blok zinciri teknolojisini araştırmaktadır. Blok zinciri enerjisiyle ilgili varlıkların güvenilir bir şekilde ölçülmesi ve izlenmesi için umut verici bir teknoloji olarak gösterilmektedir.

Wu ve Tran “Sürdürülebilir Enerji Sistemlerinde Blockchain Teknolojisinin Uygulanması: Genel Bir Bakış- Application of Blockchain Technology in Sustainable Energy Systems: An Overview” (2018) çalışmasında dağıtılmış veri depolama, eşler arası aktarım, bir konsensüs mekanizması, şifreleme algoritmaları ve akıllı sözleşmelerden oluşan blok zinciri teknolojisinin teknik Energy Internet’e uygulanmasını ele almaktadır. Blok zinciri teknolojisinin Energy Internet’e uygulanması sürdürülebilir enerji formlarının kontrolü ve yönetimi gibi birçok sorunu çözebileceği belirtilmektedir.

Miskiewicz, Matan, ve Karnowski “Kripto Ticaretinin Ekonomideki Rolü, Yenilenebilir Enerji Tüketimi ve Ekolojik Bozulma-The Role of Crypto Trading in the Economy, Renewable Energy Consumption and Ecological Degradation (2022)” çalışmasında blok zinciri altyapısına dayalı kripto ticareti ile ekonomik gelişme, yenilenebilir enerji tüketimi ve çevresel bozulma arasındaki bağlantıyı analiz etmektedir. Kripto ticaretinin bir yandan akıllı ve yeşil teknolojileri genişletmek için ekonomik kalkınmaya yol açtığını diğer yandan kripto ticareti, sera gazı emisyonlarında çevresel bozulmada artışa neden olan enerji kaynaklarının yoğunlaşmasına yol açtığı ikilemden bahsetmektedir. Sonuç olarak kripto ticareti ile yenilenebilir enerjilerin toplam enerji tüketimindeki payı arasında ilişki ampirik sonuçlarla doğrulanmamıştır.

Riyal vd., “Verimli ve Sürdürülebilir Bağlantılı Otonom Araçlar için Blok Zinciri Ağacı Destekli Yeşil İletişim- Blockchain Tree Powered Green Communication for Efficient and Sustainable Connected Autonomous Vehicles (2021)” çalışmasında blok zinciri teknolojisinin yüksek güç gereksinimi ve gecikmeler nedeniyle sahip olduğu olumsuzlukları iyileştirmek için yeni bir model (Blok Zinciri Ağacı) önermektedir. Bu model ile enerji tasarrufu, hız, depolama ve hesaplama açısından gelişme sağlandığı iddia edilmektedir.

Khan vd., “Döngüsel ekonomi uygulamaları hakkında sistematik bir literatür taraması: zorluklar, fırsatlar ve gelecekteki eğilimler-A systematic literature review on circular economy practices: challenges, opportunities and future trends (2021).” çalışmasında, 2016-2021 yılları arasında 91 makaleyi literatür taraması yöntemiyle gözden geçirmiş ve döngüsel ekonomi ve dijital teknolojilerin kurumsal ve çevresel performansı artırmak için kullanımını ortaya

koymuştur. Blok zinciri teknolojisinin işlem maliyetini ve karbon ayak izini azaltmada döngüsel ekonomiye katkıda bulunduğu belirtmiştir.

Pambudi vd., “Blockchain Teknolojisinin Kullanıldığı Dijital Belgede Yasallık: Kapsamlı Bir Çalışma-Legality On Digital Document Using Blockchain Technology: An Exhaustive Study (2022).” Endonezya’daki diploma sahteciliği sorununu ortadan kaldırmak için blok zinciri kullanılmaktadır. Blok zincirin yeşil teknolojiye dayalı yeni enerjiye dönüşüm ve ekonomik ivme olarak olumlu bir etkiye sahip olduğu ve bu sayede akademide dijitalleşme ve uyumun sağlanacağı sonucuna varılmıştır.

Jiang vd., “Yapay Zeka ve Blok Zincirin Yeşil Üretim Teknolojisine Dayalı Sürdürülebilir Kalkınma ve Teknolojik İnovasyon Performansı-Performance of Sustainable Development and Technological Innovation Based on Green Manufacturing Technology of Artificial Intelligence and Blockchain (2021).” çalışmasında anket tekniği kullanılarak yapay zeka ve blok zinciri teknolojisine dayalı yeşil üretimin sürdürülebilir kalkınma üzerindeki etkisini araştırılmaktadır. Şirketlerin yeşil teknoloji inovasyon yeteneğinin iyileştirilmesinin işletmelerin sürdürülebilir kalkınmasındaki hayati rolü vurgulanmakta ve giderek daha çok şirketin blok zinciri teknolojisini uyguladığına dikkat çekilmektedir.

Patil, Sharma ve Raja “Enerji optimizasyonu için blockchain tabanlı akıllı şebeke çalışması-Study of blockchain based smart grid for energy optimization (2021).” çalışmasında blok zinciri tabanlı akıllı şebeke uygulamasını ele almaktadır. Akıllı şebeke fikri yenilenebilir enerji teknolojileri ile yeşil teknolojinin etkin birleşimini oluşturmak için ortaya konmuştur. Henüz blok zinciri tabanlı enerji teknolojisi erken bir aşamada olsa da gelecek vadeden bir teknoloji olarak görülmektedir. Blok zinciriyle akıllı enerji yönetimi sözleşmelerinin hem iş paydaşları hem müşteriler için süreçlerde esneklik ve kolaylık sağlayacağı belirtilmektedir.

Coco, Pinna ve Marchesi, “Blockchain’de Bankacılık: Blockchain Teknolojisi Sayesinde Maliyet Tasarrufu -Banking on Blockchain: Costs Savings Thanks to the Blockchain Technology (2017).” çalışması bankacılık sektöründe blok zinciri uygulamaları üzerinedir. Birçok bankanın ekonomik büyümeyi teşvik ve yeşil teknolojilerin gelişimini hızlandırmak için blok zincirine odaklandığı belirtilmektedir. Yüksek enerji tüketimine neden olan Bitcoin sistemi üzerine yapılan araştırmada verimliliği değerlendirmek için üç kriter belirlenmiştir. Bunlar “ekonomik verimlilik”, “operasyonel verimlilik” ve “verimli hizmet”tir. Sonuç olarak blok zinciri teknolojisinin dezavantajlarının üstesinden gelerek, finansal süreçlerde mevcut sistemden daha verimli olduğu tespit edilmiştir.

Gupta vd., “Akıllı bir atık yönetim sistemi geliştirmek için akıllı sözleşmeleri kullanan blok zinciri tabanlı bir yaklaşım-A blockchain-based approach using smart contracts to develop a smart waste management system (2021).” çalışmasında hızlı kentleşme ve katı atıkların kötü yönetiminin çevreye olumsuz etkilerine odaklanılmıştır. Makalede blok zincirine dayalı akıllı atık yönetim sistemi önerilmektedir. Ayrıca kullanıcılar tarafından alınan jetonlar ile geri dönüştürülen atıkların satın alınabileceği belirtilmektedir.

Khare, Khare, Nema ve Baredar, “Trend olan teknolojiden yenilenebilir enerji sistemi paradigması değişikliği: bir inceleme- Renewable energy system paradigm change from trending technology: a review (2021).” Yeşil teknoloji ya da yenilenebilir enerji sistemleri olarak adlandırdığı trend teknolojilerin (yapay zeka, nesnelerin interneti, bulut bilişim, büyük veri, blok zinciri ve oyun teorisi) yenilenebilir enerji sistemlerindeki potansiyel uygulamalarını analiz etmektedir. Bu kapsamda ele alınan blok zinciri teknolojisinin enerji ticareti ve finansal varlıkların kullanımında güçlü bir araç olduğu belirtilmektedir.

Yukarıda blok zinciri konusu ile ilgili farklı alanlardan çalışmalara yer verilmiştir. Pek çok farklı alanda kullanım olanağı bulunan bu teknolojinin ele alındığı ilgili çalışmalarda teknolojinin potansiyel yarar ve zararları ortaya konmuş ve yeşil teknoloji çalışmalarına katkı sağlayabileceği görülmüştür. Aşağıdaki tabloda blok zinciri ile ilgili çalışmalardan elde edilen kodlara yer verilmiştir.

Tablo 2: Çevre Çalışmalarında Blok Zinciri Katkısı

BLOK ZİNCİRİ TEMEL ÖZELLİK	<ul style="list-style-type: none"> • Şeffaflık • Hesapverilebilirlik • Değiştirilemezlik • Dağıtık yapı/ merkeziyetsizlik • Zaman damgalı 			
Temalar	Sürdürülebilir Gelişme/ Enerji Verimliliği	Tedarik Yönetimi	Zinciri	Yeşil Bilişim
Kodlar	<ul style="list-style-type: none"> *Çevre dostu iş çözümleri/projeler *Enerji kullanımının azaltılması *Fosil kaynakların azaltılması *Yerel yeşil teknoloji inovasyonu *Yeşil ürünler *Yenilenebilir enerji *Jetonlar- Yeşil Yakıt *Merkezi enerji santralleri yerine mini enerji santralleri *Akıllı şebeke *Yeşil sertifikalar *Karbon dengeleme kredilendirme mekanizmaları 	<ul style="list-style-type: none"> *Süreç ve maliyet azalması *Eşler arası aktarım *Yeşil finans ve e-yönetişim *Akıllı sözleşmeler *Çevrimiçi ağ/ platform *Dijital Pazar 		<ul style="list-style-type: none"> *IoT (Nesnelerin İnterneti) *Bulut depolama *Akıllı sözleşmeler *Dağıtılmış veri depolama (güvenilirlik, kullanılabilirlik, ölçeklenebilirlik)

Belirtilen kodlar birbirinden bağımsız süreçler değildir. Doğrudan ya da dolaylı olarak birbiri ile bağlantılıdır. Örneğin yeşil bilişim ile sağlanacak enerji tasarrufu sürdürülebilir gelişmeye katkı sağlayacaktır. Akıllı sözleşmeler ile enerji tedarikçisi ve üretici arasındaki dokümantasyon süreçleri ve işlem maliyetleri azalmaktadır. Akıllı sözleşmeler otomatik bir şekilde önceden belirlenmiş kodlar üzerinde çalıştığından, her işlemin herhangi bir aracı tarafından doğrulanması ihtiyacını ortadan kaldırmaktadır. Örneğin harç, ücret gibi ödemeler otomatikleşmektedir. Ayrıca enerji piyasasının yerelleşmesi ile uygun maliyetli yenilenebilir enerji üretimi sağlanabilecektir. Blok zinciri bir topluluk içinde eşler arası ticaret yoluyla fiyatlandırma yapısını basitleştirmekte ve yenilenebilir kaynakların kökenini tespit etmede yardımcı olmaktadır (Social Alpha Foundation-SAF, 2021, ss. 15-16). Elektriğin uzun mesafelerde iletme ihtiyacının azalması yol boyunca kayıpları düşürecektir. Böylece enerji depolama ihtiyacı da azalmış olacaktır. Aksa Enerji yetkilisi Adem Yıldırım süreci şöyle ifade etmektedir:

Blok zinciri sadece yeşil teknolojiyle değil birçok şeyle de ilgilenebilir ama yeşil teknolojinin blok zincirine ihtiyacı vardı. Çünkü yeşil teknolojinin kendinin yeşil olduğunu ispatlayabilmek için, örneğin bir müşterinin ben enerjimi rüzgar enerjisi santralinden alıyorum diyebilmesi için, blok zincirine ihtiyacı var. Tüketilen enerjide bunu hesaplamann çok mümkünatı yok. ...Tüketmiş olduğunuz enerjinin ne kadar rüzgar santralinden ne kadar doğalgaz santralinden sorusunun cevabı size net olamaz. Çünkü şebeke yapısı gereği enterkonneksiyonda bütün sisteme bütün santraller enerji veriyor. Örneğin Atatürk barajının hemen kenarında oturan bir adam enerjisini Atatürk barajından almıyor olabilir. Başka bir santralden alıyor olabilir fiziki olarak. Bu konjektürde ispat edilebilmesi için blok zincirine ihtiyaç vardı. Daha öncesinde ispat edilememesinin sebebi blok zincirinden ziyade enterkonneksiyon altyapısının buna uygun olmamasıydı. Blok zinciri özellikle unique olması bakımından çok önemli bir problemi çözdüğünü düşünüyorum. Kendi alanım üzerinden örnek verecek olursam bir müşteri bir yeşil enerji sertifikası talep ediyor. Bu yeşil enerjinin gerçekten yeşil enerjiden üretildiğini kanıtlayan bir teknolojinin altyapısının blok zinciri olması ciddi bir güven endeksi oluşturuyor.

Enerji şirketinden yeşil enerjinin talep edilmesi devlet tarafından teşvik edilmektedir. Türkiye’de Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu (EPDK) tarafından Yeşil Tarife (YETA) uygulaması geliştirilmiştir. Enerji temin etmek isteyen tüketicilerin elektrik faturalarında bu enerjinin yenilenebilir kaynaklardan üretildiğini gösteren özel bir işaret bulunacaktır. Tüketici tarafından kullanılan enerjinin yenilenebilir kaynaklardan sağlandığının kanıtlanabilmesi için Yenilenebilir Enerji Kaynak Garanti Belgesi (YEK-G Belgesi) ile sertifikalandırma yapılacaktır (<https://www.epdk.gov.tr>, 2021a). Böylelikle AB standartlarına uygun bir yeşil sertifika sistemi getirilerek karbon sınır vergisi koyulmak istenmektedir (<https://www.epdk.gov.tr>, 2021b). Aksa Elektrik yetkilisi Adem Yıldırım süreci anlatmaktadır:

Biz müşteriye karbon azaltım sertifikası satabiliyoruz, yeşil enerji sertifikası satabiliyoruz. Hem bizim tarafta ürün çeşitliliğini artırması hem müşteri talebini artırması amacıyla bu da istenilen bir tablo. Benzer şekilde üretim santrali bacağı düşündüğümüz zaman özellikle yenilenebilir enerji kaynaklarından üretim yapan santralleri bunu kesinlikle destekliyor ve bu platformlara üye oluyor olması gerekiyor ki platformlara baktığımız zaman zaten neredeyse tamamı üye. Yani bu alanda ciddi bir Pazar oluşmuş durumda. Bu ürün genellikle bir kredilendirme kuruluşunun ya da bir denetçi kuruluşun isteği üzerine müşteriden talep edilen bir ürün oluyor. Örneğin müşteri bir bankadan kredi çekmek istiyor ya da denetçi kuruluş geliyor yeşil enerji sertifikanız var mı diyor müşteriye. Burada şirketin lehine olabilecek bir kararsa bu o fabrika yeşil enerji sertifikası almak istiyor. Doğal olarak bir elektrik satıcısına gidiyor. Bizim yeşil enerji sertifikası ihtiyacımız var siz bunu karşılayabilir misiniz? Çekme prensibi derler fabrikalarda. Çekme sertifikası ile ilerliyor. Müşteri bilincinin oluşması için müşterinin bunu doğrudan hiçbir kredilendirme ya da denetçi kuruluşun baskısı olmadan alabilmesi şu an zor açıkçası.

Özellikle perakende gibi bizim gibi elektrik tedarik şirketleri gibi şirketlerin ürün çeşitliliğinin artması için önemli bir kademe ve bir pazarlama ayağı. Özellikle müşterilere elektrik satışının yanında blockchain tabanlı yeşil enerji sertifika satışı ciddi anlamda bir tercih sebebi oluyor. Hatta size enteresan bir bilgi vereyim. Bir ihaleye katılmıştık firma olarak. IREC sertifikasını ihale içinde belirlemediğimiz için ihalemiz iptal oldu. Kamu kuruluşları da artık bu konuyu önemsiyorlar. Gerçekten önemli bir durum olmaya başladı IREC sertifikası bizim pazarda.

Tablo 3 yenilenebilir enerji tedarik sürecini göstermektedir:

Tablo 3: Blok Zinciri Tabanlı Platform ile Enerji Tedarik Süreci

Tablo 3: Blok Zinciri Tabanlı Platform ile Enerji Te

Bu süreçte blok zinciri teknolojisinin enerji ihtiyacı nedeniyle olumsuzluk yaşanıp yaşanmadığı sorulmuş ve görüşmeciler tarafından aşağıdaki yanıtlar verilmiştir.

Adem Bey: Hayır hiç olumsuz etkilemedi bu konuda. Bu zaten piyasa genelinde bilinen bir bilgi. Zaten yeşil enerji kullanarak almış olduğu sertifika o konuda ciddi bir karbon azaltımını garantilediği için diğer taraf göz ardı ediyor şu anda.

Foton Enerji platform sahibi Can Arslan enerji tedarik sürecindeki verileri örneklendirmektedir. Kullanılan kanıtlama mekanizmasının çok düşük enerji gerektirdiği belirtilmiştir.

Foton'un kullandığı teknoloji çok düşük elektrik tüketimine sebep olmaktadır. Energy Web Ağı'nın yıllık elektrik tüketimi 1000 MWh'in altındadır. Foton olarak alışı satışına imkân verdiğimiz platformumuzda yıllık 5 milyon MWh'i aşkın yenilenebilir enerji ticareti gerçekleşmektedir.

Blok zinciri pazar yerlerinin ve yatırım süreçlerinin dijitalleştirilmesi ile enerji ve iklim finansmanına katkı sağlamaktadır. Blok zinciri tabanlı platformda, araçların müdahalesi olmaksızın ya da en az müdahaleyle, eşleştirme ve taraflar arasındaki anlaşmayı merkezi olmayan şekilde dijitalleştirerek yenilikçi bir pazar sunmaktadır. Dijitalleştirilmiş ve otomatikleştirilmiş süreç, uzun ve karmaşık şablonları standartlaştırmakta ve akıllı sözleşmeler ile anlaşma akışındaki işlem maliyetlerinin azaltmaktadır (SAF, 2021).

Yenilenebilir enerji tedarik sürecinde kullanımının dışında blok zincirini faydalı kılmada başka bir yöntem olarak geri dönüşüm programları uygulanmaktadır. Örneğin; kullanılmış plastik kap ve şişeler gibi geri dönüştürülebilir malzemelerin kriptografik bir ödül karşılığında toplanmasını sağlayan blok zinciri uygulaması gibi (RecycleToCoin, 2017). Başka bir örnek iklim finansmanı için kitle fonlamasından yararlanılmasıdır. Akıllı sözleşme ile bağış toplama gerçekleştirilmektedir. Hedefe ulaşırsa toplanan para bağış toplama kuruluşuna gönderilir, hedefe ulaşılmazsa bireylere geri ödeme yapılır. Bilgisayar koduyla gerçekleşen işlem tüm paydaşlar için şeffaf ve değiştirilemezdir (SAF, 2021, s. 16).

Blok zinciri ve kripto paraların daha doğa dostu olması için yürütülen projelerden biri dijital #ProofOfGreen. Crypto Climate Accord (CCA- Kripto İklim Anlaşması) ile kripto para ve blok zinciri endüstrisinde karbondan arındırmayı sağlayacak bir kripto topluluğun bulunmaktadır. Özel sektör liderliğindeki girişimde teknoloji, kripto ve finans, enerji, iklim ve STK paydaşlarını kapsayan 250'den fazla şirket ve kişi Kripto İklim Anlaşmasına destek olmaktadır. İmzacıların 2030 yılına kadar ilgili tüm kripto süreçlerinde elektrik tüketiminden net sıfır emisyon elde etmeyi ve ilerlemeyi bildirmeleri beklenmektedir (<https://cryptoclimate.org>).

Sonuç olarak, blok zinciri yeşil teknoloji ve sürdürülebilirlik çalışmalarına katkılar sunmaktadır. Ancak bu blok zincirini tek başına yeşil teknoloji yapmamaktadır. Can Bey'in bu soruya verdiği yanıt durumu özetlemektedir:

Blok zinciri teknolojisi, birbirinden bağımsız birçok veri merkezinin 7/24 ayakta kalması ile sağlanır. Bu veri merkezlerinin ana enerji kaynağı elektriktir. Elektrikğin yenilenebilir enerji kaynaklarından sağlanması ile blok zinciri yeşil teknoloji olabilir.

SONUÇ

Blok zinciri teknolojisinin çevreye olan etkilerini araştırma amacıyla ortaya çıkan çalışmada blok zincirinin çevre üzerindeki potansiyel etkilerinin tespiti ve önlem alınması adına konu değerlendirilmeye çalışılmıştır. Teknolojik uygulamaların doğrudan ve dolaylı olarak çevreye verdiği zararı en aza indirip telafi edilebilir duruma getirilmesi gerekmektedir. Bu nedenle teknolojinin çevreye olan etkilerini tespit etmek ve teknolojiyi çevre dostu hale getirmek önemlidir. Blok zinciri teknolojisinin bu süreçte yüksek enerji tüketimi nedeniyle doğaya zararları eleştirilirken yeşil teknoloji çalışmalarında ele alınmaya başlanması önemli bir evrimdir. Araştırma sonucunda blok zincir teknolojisinin kanıtlanma mekanizmalarındaki gelişmeler sayesinde enerji ihtiyacında azalma olduğu görülmüştür. Ayrıca blok zinciri alt yapısı kullanılarak geri dönüşüm ve yenilenebilir kaynaklardan enerji üretimi gibi projeler blok zinciri teknolojisine meşruiyet kazandırmaktadır. Aynı zamanda blok zinciri teknolojisi, enerji sektöründe bir pazarlama ayağı oluşturmaktadır.

Uluslararası kuruluşların öncülüğünde sürdürülebilirlik çalışmalarının ilerlediği görülmektedir. Örneğin, Birleşmiş Milletler (BM) 17 Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri (SKH) 2030 Hedefleri, Avrupa Birliği Yeşil Mutabakatı (2019), OECD gibi kuruluşların çevre ve sürdürülebilirlik alanındaki çalışmalar göze çarpmaktadır. Türkiye’de bu çalışmalar doğrultusunda düzenlemeler yapılmaktadır. Yeşil ve dijital dönüşümün hedeflendiği süreçte buna göre hukuki düzenlemeler yapılmaktadır. IREC sertifikasını ihale içinde belirtilmediği için ihalenin iptal edilmesi örneği kamu kuruluşlarında konunun önemsendiğini göstermektedir. Yine tedarik sürecinde yenilenebilir enerjinin teşviki önemlidir. Bu sayede yenilenebilir enerjiye yönelik farkındalık artmakta ve yeni teknolojiler de uyum sağlayıcı düzenlemeler yapılmaktadır. Blok zinciri teknolojisi de bu süreçte yenilenebilir kaynakların teşvikinde çeşitli projelere konu olmaktadır. Bu projeler ile yeşil teknoloji çalışmalarına katkı sağlanmaktadır.

KAYNAKÇA

Aithal, S. & Aithal, S. (2016). Opportunities & Challenges for Green Technology in 21st Century. *International Journal of Current Research and Modern Education (IJCRME)*. 1 (1): 818-828.

(AB)Avrupa Yeşil Mutabakatı. (2019). A European Green Deal (europa.eu).

Coco, L., Pinna, A. & Marchesi, M. (2017). Banking on blockchain: costs savings thanks to the blockchain technology. *Future Internet*.

Crypto Climate Accord. <https://cryptoclimate.org/>. (Erişim Tarihi: 22.12.2022)

De Vries, A. (2018). Bitcoin's growing energy problem. *Joule*. 2(5), 801-805.

Dilek, Ş & Furuncu Y. (2019). Bitcoin mining and its environmental effects. *İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*. 33(1), 91-105.

EPDK, (2021a). <https://www.epdk.gov.tr/Detay/Icerik/2-8181/elektrik-faturalarinda-yesil-isaret> (Erişim Tarihi: 26.12.2022).

EPDK, (2021b). <https://www.epdk.gov.tr/Detay/Icerik/2-9224/yesil-sertifika-piyasasi-geliyor> (Erişim Tarihi: 26.12.2022).

Finck, M. (2018). Blockchains: Regulating the unknown. *German Law Journal*. 19 (4).

Gupta, Y. S., Mukherjee, S., Dutta, R. & Bhattacharya, S. (2021). A blockchain-based approach using smart contracts to develop a smart waste management system. *International Journal of Environmental Science and Technology*.

Imbault, F., Swiatek, M., Beaufort, R. & Plana, R. (2017). The green blockchain: Managing decentralized energy production and consumption. <https://www.researchgate.net/publication/318695399> (Erişim Tarihi: 26.12.2022).

Iravani, A., Akbari, M. H. & Zohoori, M. (2017). Advantages and disadvantages of green technology; goals, challenges and strengths. *International Journal of Science and Engineering Applications*. 6 (9), 272-284.

Jiang, X., Lin, G. H., Huang, J. C., Hu, I-H. & Chiu, Y. C. (2021). Performance of sustainable development and technological innovation based on green manufacturing technology of artificial intelligence and block chain. *Hindawi Mathematical Problems in Engineering*.

Khan, S. A. R., Shah, A. S. A., Yu, Z. & Tanveer, M. (2021). A systematic literature review on circular economy practices: challenges, opportunities and future trends. *JEEE*.

Khare, V., Khare, C., Nema, S. & Baredar, P. (2021). Renewable energy system paradigm change from trending technology: a review. *International Journal of Sustainable Energy*. 40:7, 697-718.

Li, D. (2021). Green technology innovation path based on blockchain algorithm. *Sustainable Computing: Informatics and Systems*. 31, 1-8.

Miskiewicz, R., Matan, K. & Karnowski, J. (2022). The role of crypto trading in the economy, renewable energy consumption and ecological degradation. *Energies*, 15, 1-15.

Mueller, S. (2017). Green technology and its effect on the modern world. Oulu University of Applied Sciences “Business Information Technology”.

Nakamoto, S. (2008). Bitcoin: A peer-to-peer electronic cash system. *Manubot*.

OECD, (1991). Our common future: Report of the world commission on environment and development (Erişim Tarihi: 26.12.2022).

OECD, (2008). https://www.oecd-ilibrary.org/environment/sustainable-development_9789264055742-en (Erişim Tarihi: 26.12.2022).

Pambudi, A., Purnama, S. & Ayuninggati, T. (2022). Legality on digital document using blockchain technology: an exhaustive study. *IEEE*.

Patil, H., Sharma, S. & Raja, L. (2021). Study of blockchain based smart grid for energy optimization. *Materials Today: Proceedings*.

Recycle-to-coin, (2017). <https://positiveblockchain.io/database/recycle-to-coin/> (Erişim Tarihi: 14.06.2022).

Riyal, A., Kumar, G., Sharma, D. K., Gupta, K. D. & Srivastava, G. (2021). Blockchain tree powered green communication for efficient and sustainable connected autonomous vehicles. *IEEE*.

Social Alpha Foundation (SAF) UN Environment Programme, (2021). Blockchain for sustainable energy and climate in the Global South: Use Cases and Opportunities.

Şat, N. (2019). Blokzincir (Blockchain)’in Kamu İdaresine Olası Etkileri Üzerine. *Amme İdaresi Dergisi*. 52(4): 117-147.

Sharma, P. K., Kumar, N. & Park, J. H. (2020). Blockchain technology toward green IoT: Opportunities and challenges. *IEEE Network*. 263-269.

Tanrıverdi, M., Uysal, M. ve Üstündağ, M.T. (2019). Blokzinciri teknolojisi nedir? ne değildir?: alanyazın incelemesi. *Bilişim Teknolojileri Dergisi*. 12 (3), 203-217.

Ticaret Bakanlığı, *Yeşil Mutabakat Eylem Planı* (2021). <https://ticaret.gov.tr/data/60f1200013b876eb28421b23/MUTABAKAT%20YE%C5%9E%C4%B0L.pdf>. (Erişim Tarihi: 26.12.2022).

Xu, X., Zhang, M., Dou, G. & Yu, Y. (2021). Coordination of a supply chain with an online platform considering green technology in the blockchain era, *International Journal of Production Research*, DOI: 10.1080/00207543.2021.1894367.

Xu, J. & Duan, Y. (2022). Pricing and greenness investment for green products with government subsidies: When to apply blockchain technology? *Electronic Commerce Research and Applications*.

Wu, J. & Tran, N. K. (2018). Application of blockchain technology in sustainable energy systems: an overview. *Sustainability*.10, 1-22.

Yazar Katkı Oranı ve ıkar atışması Beyanı: Makale tek yazarlı olup, yazarın katkı oranı %100'dür. Makale ile ilgili herhangi bir çıkar atışması bulunmamaktadır.