

G20 Ülkelerinde Banka Kredisi, Yenilenebilir Enerji Tüketimi ve CO₂ Emisyonları

Gülhan Deniz^a

^a Yozgat Bozok Üniversitesi, Türkiye, gulhan.deniz@bozok.edu.tr, <https://orcid.org/0000-0002-2212-0033>

Bank Credit, Renewable Energy Consumption and CO₂ Emissions in G20 Countries

ARTICLE INFO

Research Article

2026, Vol. 8, 164-188

e-ISSN 2667-5927

Article History:

Received: 20.05.2026

Revised: 18.06.2026

Accepted: 21.06.2026

Available Online: 24.06.2026

JEL Code: Q56; Q43; G21; C33

Keywords: Bank Credit;
Renewable Energy Consumption;
CO₂ Emissions; Panel ARDL

Anahtar Kelimeler: Banka Kredisi;
Yenilenebilir Enerji Tüketimi; CO₂
Emisyonları; Panel ARDL

Abstract

This study examines the relationship among bank credit, renewable energy consumption and CO₂ emissions in 19 G20 member countries over the period 2000–2021. The data were obtained from the World Bank World Development Indicators (WDI) database, and the final sample was arranged as an unbalanced panel dataset consisting of 397 country-year observations. Financial development is represented by domestic credit to the private sector by banks as a percentage of GDP. The empirical analysis employs the panel ARDL approach, and the findings are supported by the Driscoll-Kraay robustness check and the Dumitrescu-Hurlin panel causality test. The results show that renewable energy consumption reduces CO₂ emissions. Bank credit is not significant in the main unbalanced sample. Although the PMG estimation based on the balanced subsample produces a positive and significant long-run coefficient, the Hausman test indicates that the MG estimator is more appropriate. The causality test reveals a bidirectional relationship between bank credit and CO₂ emissions. The findings suggest that renewable energy consumption is important for environmental sustainability in G20 countries and that the environmental effect of bank credit should be evaluated by considering the areas in which credit is used.

G20 Ülkelerinde Banka Kredisi, Yenilenebilir Enerji Tüketimi ve CO₂ Emisyonları

Öz

Bu çalışmada, 2000–2021 döneminde, G20 üyesi 19 ülkede banka kredisi, yenilenebilir enerji tüketimi ve CO₂ emisyonları arasındaki ilişki incelenmiştir. Veriler Dünya Bankası World Development Indicators (WDI) veri tabanından alınmış ve nihai örneklem 397 ülke-yıl gözleminden oluşan dengesiz panel veri seti olarak düzenlenmiştir. Finansal gelişme, bankalar tarafından özel sektöre verilen yurtiçi kredilerin GSYH'ye oranı ile temsil edilmiştir. Ampirik analizde panel ARDL yaklaşımı kullanılmış; bulgular Driscoll-Kraay sağlamlık kontrolü ve Dumitrescu-Hurlin panel nedensellik testiyle desteklenmiştir. Analiz sonuçları, yenilenebilir enerji tüketiminin CO₂ emisyonlarını azalttığını göstermektedir. Banka kredisi ana dengesiz örnekleme anlamlı değildir. Dengeli alt örnekleme PMG tahmini pozitif ve anlamlı bir uzun dönem katsayı üretmekle birlikte, Hausman testi MG tahmincisinin daha uygun olduğunu göstermiştir. Nedensellik testi, banka kredisi ile CO₂ emisyonları arasında iki yönlü ilişki olduğunu ortaya koymaktadır. Sonuçlar, G20 ülkelerinde yenilenebilir enerji tüketiminin çevresel sürdürülebilirlik açısından önemli olduğunu ve banka kredilerinin çevresel etkisinin kredi kullanım alanları dikkate alınarak değerlendirilmesi gerektiğini göstermektedir.

To cite this document: Deniz, G. (2026). Bank Credit, Renewable Energy Consumption and CO₂ Emissions in G20 Countries. BILTURK, The Journal of Economics and Related Studies, 8,164-188. 10.47103/bilturk.1955711.

1.Giriş

Dünyada meydana gelen iklim değişikliği ve çevresel bozulmalar, büyüme, enerji kullanımı ve finansal sistem arasındaki ilişkinin yeniden ele alınmasını gerektirmektedir. Emisyonlardaki artış yalnızca çevresel bir sorun olarak değil; üretim yapısı, enerji güvenliği, yatırım tercihleri ve finansal riskler üzerinde etkili olan çok boyutlu bir süreç olarak değerlendirilmelidir. Birleşmiş Milletler Çevre Programı (United Nations Environment Programme [UNEP]) 2023 değerlendirmesine göre, küresel sera gazı emisyonları yüksek seyrini korumakta ve mevcut politikalar Paris Anlaşması hedefleriyle uyumlu bir emisyon azaltımı sağlamada yetersiz kalmaktadır. Bu nedenle düşük karbonlu kalkınma ve enerji dönüşümü, çevresel sürdürülebilirlik tartışmalarının önemli başlıkları arasında yer almaktadır (UNEP, 2023). Uluslararası Enerji Ajansı (International Energy Agency [IEA]) 2025 raporuna göre, 2024 yılında küresel enerji talebi son on yıl ortalamasının üzerinde artarken, enerji kaynaklı CO₂ emisyonları da yükselmeye devam etmiştir. Buna karşılık temiz enerji teknolojilerinin yayılımı emisyon artışını sınırlayan bir unsur olmuş; güneş ve rüzgâr enerjisi, nükleer enerji, elektrikli araçlar ve ısı pompaları gibi düşük emisyonlu teknolojilerin 2019 sonrası dönemde ilave CO₂ emisyonlarını önemli ölçüde önlediği belirtilmiştir. Bu nedenle yenilenebilir enerji tüketiminin CO₂ emisyonları üzerindeki etkisinin incelenmesi önem taşımaktadır (IEA, 2025). Enerji dönüşümünün başarılı olabilmesi için teknolojik gelişmeler kadar finansman yapısı da önemlidir. Finansal sistem, sermayenin hangi sektörlerle ve teknolojilere yöneleceğini etkilediğinden, iklim hedefleriyle uyumlu dönüşümde doğrudan rol oynamaktadır. OECD, finansman akımlarının iklim hedefleriyle uyumlu hale getirilmesini net sıfır emisyon ve iklim dirençliliği hedeflerine ulaşmanın temel koşullarından biri olarak değerlendirmektedir. Bu bağlamda sürdürülebilir finans, hem finansal risklerin yönetimi hem de iklim hedeflerini destekleyen faaliyetlerin finansmanı ile ilişkilidir (OECD, 2024). Sürdürülebilir finans taksonomileri ve yeşil finans standartları ise sermaye akımlarını sürdürülebilir yatırımlara yönlendirmek, yatırımcı güvenini artırmak ve yeşil aklama riskini azaltmak amacıyla kullanılmaktadır. Dolayısıyla finansal sistemin çevresel sürdürülebilirliğe katkısı, yalnızca sağlanan fon miktarıyla değil, bu fonların hangi faaliyetleri finanse ettiğiyle birlikte değerlendirilmelidir (OECD, 2020). Bu çalışmada banka kredisi değişkeni, bankalar tarafından özel sektöre verilen toplam yurt içi kredilerin Gayri Safi Yurt İçi Hasıla'ya (GSYH) oranıyla temsil edilmektedir. Bu gösterge, bankacılık sistemi aracılığıyla reel sektöre aktarılan kredi hacmini ortaya koymakla birlikte, kredilerin sektörel dağılımını veya çevresel niteliğini doğrudan yansıtmamaktadır. Bu nedenle çalışma, yeşil kredi tahsisini veya sürdürülebilir finans uygulamalarını doğrudan ölçmek yerine, genel banka kredisi hacmi ile CO₂ emisyonları arasındaki ilişkiyi çevresel sürdürülebilirlik bağlamında incelenmektedir.

G20 ülkeleri, bu ilişkiyi incelemek için uygun bir örneklem sunmaktadır. Bu ülkeler küresel üretim, enerji tüketimi, finansal faaliyetler ve CO₂ emisyonları açısından belirleyici bir ağırlığa sahiptir. G20 içerisinde hem gelişmiş hem de gelişmekte olan

ekonomilerin yer alması, banka kredisi hacmi ile çevresel sonuçlar arasındaki ilişkinin gelir düzeyi, enerji yapısı ve üretim koşullarına göre farklılaşabileceğini göstermesi bakımından önemlidir. G20 sürdürülebilir finans gündemi de özel ve kamusal finansmanın iklim hedefleriyle uyumlu hale getirilmesine önem vermektedir (G20 Sustainable Finance Working Group, 2024). Bankacılık kredilerinin çevresel etkisi tek yönlü değildir. Bankacılık sistemi aracılığıyla genişleyen kredi hacmi üretim, yatırım ve tüketim olanaklarını artırarak enerji talebi ve fosil yakıt kullanımı üzerinden CO₂ emisyonları üzerinde artırıcı baskı oluşturabilir. Buna karşılık, bankacılık kredilerinin yenilenebilir enerji, enerji verimliliği ve düşük karbonlu teknolojilerle ilişkili yatırımları desteklemesi çevresel sürdürülebilirlik açısından olumlu sonuçlar doğurabilir. Ancak bu çalışmada kullanılan banka kredisi göstergesi, kredilerin sektörel dağılımını veya yeşil/kirli kredi ayrımını doğrudan göstermemektedir. Bu nedenle çalışmada banka kredisi hacmi ile CO₂ emisyonları arasındaki ilişki genel düzeyde değerlendirilmektedir. G20 ülkelerine yönelik çalışmalar da bankacılık temelli finansal derinleşme, enerji yapısı ve emisyonlar arasındaki ilişkinin ülke özelliklerine göre farklı sonuçlar verebildiğini göstermektedir (Pirabi vd., 2026; Sheraz vd., 2021). Bu çalışmada çevresel sürdürülebilirlik tartışması, genel finansal gelişme endeksleri yerine doğrudan bankacılık kredileri üzerinden ele alınmaktadır. Bu tercih, bankalar tarafından özel sektöre sağlanan kredilerin firmaların yatırım kararları, üretim ölçeği ve enerji kullanımı üzerindeki etkisiyle ilişkilidir. Wang vd. (2023), bankacılık gelişimi ile yenilenebilir enerji tüketiminin çevresel sürdürülebilirlik açısından birlikte değerlendirilmesi gerektiğini göstermektedir. Prasetyo vd. (2025) ise özel sektör kredisi, yenilenebilir enerji, ekonomik büyüme ve karbon emisyonları arasındaki ilişkiyi inceleyerek kredi genişlemesinin emisyonlar üzerinde belirleyici olabileceğini ortaya koymuştur. Bu nedenle bankacılık kredileri, bankacılık temelli finansal derinleşme göstergesi olmanın yanında çevresel sonuçları olabilecek bir finansman kanalı olarak değerlendirilmektedir.

Bu bağlamda çalışmanın amacı, 2000–2021 döneminde G20 ülkelerinde banka kredisi, yenilenebilir enerji tüketimi ve CO₂ emisyonları arasındaki ilişkiyi panel veri yöntemleriyle incelemektir. Bağımlı değişken olarak kişi başına CO₂ emisyonları kullanılmıştır. Temel açıklayıcı değişken, bankalar tarafından özel sektöre verilen yurtiçi kredilerin GSYH'ye oranıdır. Kişi başına GSYH, dışa açıklık ve yenilenebilir enerji tüketimi ise modelde dikkate alınmıştır. Böylece çalışma, bankacılık temelli finansal derinleşmenin çevresel sürdürülebilirlik üzerindeki rolünü enerji dönüşümü ve makroekonomik koşullarla birlikte değerlendirmektedir. Çalışmanın katkısı üç noktada ifade edilebilir. İlk olarak finansal gelişme, genel bir finansal gelişme endeksi yerine doğrudan banka kredisi hacmi üzerinden ele alınmakta ve çevresel sürdürülebilirlik tartışması bankacılık kredileri çerçevesinde değerlendirilmektedir. İkinci olarak çalışma, küresel finansal sistem ve emisyonlar açısından önemli ağırlığa sahip G20 ülkelerine odaklanmaktadır. Üçüncü olarak ilişki, kısa ve uzun dönem katsayılar ile dinamik yön ilişkisi açısından incelenmektedir. Elde edilen bulgular, genel olarak yenilenebilir enerji tüketiminin G20 ülkelerinde CO₂ emisyonlarını azaltmada önemli bir rol oynadığını göstermektedir. Banka kredisi değişkenine ilişkin sonuçlar ise daha sınırlı bir etki sergilemekle birlikte, bankacılık kredilerinin çevresel

sürdürülebilirlik açısından dikkate alınması gereken önemli bir finansal kanal olduğunu ortaya koymaktadır. Çalışmanın sonraki bölümleri şu şekilde düzenlenmiştir: İkinci bölümde ilgili literatür değerlendirilmekte, üçüncü bölümde veri seti, araştırma modeli, hipotezler ve ekonometrik yöntem açıklanmaktadır. Dördüncü bölümde ampirik bulgular sunulmakta ve elde edilen sonuçlar tartışılmaktadır. Beşinci bölümde ise çalışmanın sonuçları ve politika önerileri yer almaktadır.

2. Literatür İncelemesi

Bu çalışmada literatür taraması üç tamamlayıcı eksenle ele alınmıştır. İlk eksen, finansal gelişme ve özellikle bankacılık kredileri ile CO₂ emisyonları arasındaki ilişkiye odaklanmaktadır. Bu gruptaki çalışmalar, kredi genişlemesi, üretim kapasitesi, enerji talebi ve emisyonlar arasındaki finansal kanalı açıklamaktadır. İkinci eksen, yenilenebilir enerji tüketiminin CO₂ emisyonları üzerindeki etkisini ele almaktadır. Bu gruptaki çalışmalar, enerji dönüşümü ve yenilenebilir kaynak kullanımının çevresel kalite üzerindeki rolünü öne çıkarmaktadır. Üçüncü eksen ise finansal gelişme veya banka kredisi, yenilenebilir enerji tüketimi ve CO₂ emisyonlarını birlikte inceleyen çalışmalar üzerinden mevcut çalışmanın literatürdeki yerini tartışmaktadır. Bu ayrım, çalışmalarda kullanılan değişkenlerin tamamen birbirinden ayrıldığı anlamına gelmemekte; çalışmaların temel araştırma odağına göre yapılmaktadır.

2.1. Finansal Gelişme, Bankacılık Kredileri ve CO₂ Emisyonları

Finansal gelişme ile çevresel bozulma arasındaki ilişki literatürde farklı yönleriyle ele alınmıştır. Bazı çalışmalarda finansal gelişme kredi genişlemesi, üretim artışı ve enerji tüketimi üzerinden emisyonları artırıcı bir kanal olarak değerlendirilirken, bazı çalışmalarda finansal kaynakların yenilenebilir enerji ve temiz teknoloji yatırımlarına yönelmesi nedeniyle çevresel kaliteyi destekleyebileceği belirtilmiştir. Bilgili vd. (2025), finansal sektörün kredi verme ve yatırım kararları yoluyla sürdürülebilir projeleri destekleyebileceğini belirtmiştir. Joof ve Adaoglu (2024) ise finansal gelişme ile çevresel kalite arasındaki ilişkiyi karşılıklı bir yapı içinde değerlendirmiştir. Bu bulgular, finansal gelişmenin çevresel etkisinin yalnızca finansal hacimle değil, finansal kaynakların yöneldiği alanlarla birlikte değerlendirilmesi gerektiğini göstermektedir. Finansal gelişme ve CO₂ emisyonları arasındaki ilişkinin ülke grubu ve gelir düzeyine göre değişebildiği de literatürde öne çıkan konulardan biridir. Pirabi vd. (2026), G20 ülkelerinde finansal kurumlar ile CO₂ emisyonları arasındaki ilişkinin gelir düzeyine göre farklılaştığını ortaya koymuştur. Halac vd. (2025), 21 gelişmekte olan ülkede finansal gelişmeyi borsa ve bankacılık sektörü temelli göstergelerle incelemiş ve finansal gelişmenin çevresel kalite üzerinde olumlu etkiler gösterebildiğini raporlamıştır. Bu sonuçlar, genel finansal gelişmenin çevresel etkisinin bütün ülkelerde aynı yönde ortaya çıkmadığını göstermektedir. Bununla birlikte, genel finansal gelişme göstergeleri finansal sistemin çevresel etkilerine ilişkin geniş bir çerçeve sunsa da bu etkinin bankacılık kredileri üzerinden nasıl

işlediğini her zaman doğrudan göstermemektedir. Bu nedenle bankacılık sistemi ve özel sektör kredileri, finansal gelişmenin çevresel etkisini daha somut biçimde değerlendirmek açısından ayrıca önem taşımaktadır.

Bankacılık sektörü üzerinden yapılan çalışmalar, özel sektör kredileri ile çevresel göstergeler arasındaki ilişkiyi daha doğrudan incelemeye imkân vermektedir. Prasetyo vd. (2025), Endonezya örneğinde özel sektör kredisi, yenilenebilir enerji, ekonomik büyüme ve karbon emisyonları arasındaki ilişkiyi incelemiş ve özel sektöre sağlanan kredilerin CO₂ emisyonlarını artırıcı yönde etkili olduğunu tespit etmiştir. Aynı çalışmada yenilenebilir enerji tüketiminin emisyonları azaltıcı etkisine de dikkat çekilmiştir. Wang vd. (2023), Almanya’da bankacılık gelişimi, yenilenebilir enerji tüketimi ve çevresel sürdürülebilirlik arasındaki ilişkiyi araştırmıştır. Altıntaş vd. (2024) ise Sudan örneğinde bankacılık sektörünün gelişiminin çevresel sürdürülebilirliği zayıflatabileceğini, yenilenebilir enerji tüketiminin ise çevresel kaliteyi destekleyebileceğini vurgulamıştır. Bu çalışmalar, literatür açısından banka kredilerinin çevresel etkisinin kredi hacmi, enerji yapısı ve finansmanın yöneldiği alanlarla birlikte değerlendirilmesi gerektiğine işaret etmektedir. Bununla birlikte, mevcut çalışmada kullanılan banka kredisi göstergesi kredilerin sektörel dağılımını veya çevresel niteliğini doğrudan göstermemektedir. Bu nedenle söz konusu ayırım bu çalışmada ampirik olarak ölçülmemekte; banka kredisi hacmi ile CO₂ emisyonları arasındaki ilişki genel düzeyde değerlendirilmektedir.

Son dönemdeki çalışmalar, finansal gelişmenin çevresel etkilerinin finansal sistemin yapısına ve dönemsel koşullara göre değişebildiğini göstermektedir. Wu ve Gao (2026), 47 gelişmekte olan ülkede resmi ve gayri resmi finansın çevresel sürdürülebilirlik üzerindeki etkilerini incelemiş; resmi finans, gayri resmi finans ve yenilenebilir enerjinin CO₂ emisyonlarını azaltabildiğini raporlamıştır. Bilgili vd. (2025) ise ABD örneğinde finansal sektör ile CO₂ emisyonları arasındaki ilişkiyi zaman-frekans analiziyle ele almış ve finansal göstergelerin farklı dönemlerde farklı etkiler yaratabileceğini göstermiştir. Bu nedenle finansal gelişme ile emisyonlar arasındaki ilişki değerlendirilirken ülkenin finansal yapısı, enerji bileşimi ve kredi kullanım alanları birlikte dikkate alınmalıdır. Bu çalışmada finansal gelişme, genel bir finansal gelişme endeksi yerine bankalar tarafından özel sektöre verilen krediler üzerinden incelenmekte ve banka kredisi ile CO₂ emisyonları arasındaki ilişki G20 ülkeleri örnekleminde değerlendirilmektedir.

2.2. Yenilenebilir Enerji Tüketimi ve CO₂ Emisyonları

Yenilenebilir enerji tüketimi, çevresel sürdürülebilirlik çalışmalarında CO₂ emisyonlarını azaltabilecek temel değişkenlerden biri olarak ele alınmıştır. Fosil yakıtlara dayalı enerji kullanımı üretim ve tüketim süreçlerinde emisyonları artırırken, yenilenebilir enerji kaynaklarının enerji bileşimi içindeki payının yükselmesi karbon yoğunluğunu azaltabilmektedir. Bu nedenle bu bölümde, yenilenebilir enerji tüketiminin CO₂ emisyonları üzerindeki etkisini merkeze alan çalışmalar değerlendirilmiştir. Bazı çalışmalarda yenilenebilir enerji tüketimi finansal gelişme ve ekonomik büyüme değişkenleriyle birlikte ele alınsa da, bu bölümde temel odak enerji dönüşümünün çevresel etkisidir. Ma ve Mao (2025), finansal gelişmenin yenilenebilir enerji dönüşümünü destekleyip desteklemediğini küresel

panel veri üzerinden incelemiştir. Çalışmada finansal gelişmenin yenilenebilir enerji dönüşümünü teşvik edebileceği, ancak bu etkinin ülke koşullarına ve finansal sistemin yapısına göre farklılaşabileceği belirtilmiştir. Doğan vd. (2025) ise RECAI ülkeleri için finansal gelişmenin yenilenebilir enerji tüketimi üzerindeki etkisini incelemiş ve finansal gelişmenin yenilenebilir enerji kullanımını destekleyebileceğine ilişkin bulgular elde etmiştir. Bu bulgular, yenilenebilir enerji kullanımının yaygınlaşmasında finansal koşulların destekleyici olabileceğini, ancak çevresel etkinin esas olarak enerji dönüşümü üzerinden ortaya çıktığını göstermektedir.

Yenilenebilir enerji tüketiminin çevresel kalite üzerindeki etkisi gelişmekte olan ülkeler ve ülke grupları açısından da incelenmiştir. Rahman ve Salimullah (2026), ASEAN ülkelerinde ekonomik büyüme, finansal gelişme, yenilenebilir enerji tüketimi, yeşil finans ve çevresel kirlilik arasındaki ilişkiyi değerlendirmiştir. Çalışmada yeşil finans ve yenilenebilir enerji değişkenlerinin çevresel kirliliğin azaltılması açısından önemli olduğu vurgulanmıştır. Taher (2024) ise Lübnan örneğinde yenilenebilir enerji, finansal gelişme ve çevresel Kuznets eğrisi ilişkisini ARDL yaklaşımıyla incelemiş ve yenilenebilir enerji ile finansal gelişmenin çevresel kalite üzerindeki rolünü değerlendirmiştir. Bu çalışmalar, yenilenebilir enerji tüketiminin çevresel sürdürülebilirlik açısından yalnızca gelişmiş ülkelerde değil, gelişmekte olan ekonomilerde de önemli bir değişken olduğunu göstermektedir. G20 ülkeleri açısından yapılan çalışmalar da enerji yapısının çevresel sonuçlar üzerindeki belirleyici rolünü ortaya koymaktadır. Shanyazov vd. (2025), G20 ekonomilerinde CO₂ emisyonlarının ekonomik ve enerji sektörü kaynaklı belirleyicilerini dinamik panel analiz yöntemiyle incelemiş ve enerji bileşiminin emisyonlar açısından önemli olduğunu göstermiştir. Bu bulgular, G20 ülkelerinde emisyonların yalnızca büyüme veya finansal gelişme ile değil, enerji tüketimi ve enerji kaynaklarının yapısıyla birlikte açıklanması gerektiğini göstermektedir. Genel olarak yenilenebilir enerji tüketimi, CO₂ emisyonlarının azaltılması açısından literatürde temel çevresel değişkenlerden biri olarak değerlendirilmektedir.

2.3. Bütünleşik Çalışmalar ve Çalışmanın Literatürdeki Yeri

Finansal gelişme, banka kredisi, yenilenebilir enerji tüketimi ve CO₂ emisyonlarını birlikte ele alan çalışmalar, finansal kanal ile enerji dönüşümü kanalının çevresel etkilerini birlikte değerlendirmektedir. Sun vd. (2025), Çin örneğinde finansal gelişme, yenilenebilir enerji ve karbon emisyonları arasındaki ilişkiyi incelemiş; Haloui vd. (2025), orta gelirli ülkelerde yenilenebilir enerji kullanımı, finansal gelişme, sanayileşme ve CO₂ emisyonları arasındaki dinamik ilişkiyi GMM-PVAR yaklaşımıyla ele almıştır. Ünlü vd. (2022), yenilenebilir enerji, kredi açığı riski, finansal gelişme ve Ar-Ge harcamaları arasındaki ilişkiyi panel ARDL yaklaşımıyla incelemiştir. Çelik ve Ünal (2025) ise Brezilya ve Türkiye için bankacılık sektörü gelişimi, finansal gelişme, ekonomik büyüme, yenilenebilir enerji ve CO₂ emisyonları arasındaki ilişkiyi değerlendirmiştir. Bu çalışmalar, finansal koşullar, bankacılık sektörü ve yenilenebilir enerji değişkenlerinin çevresel sonuçlar açısından birlikte

ele alınması gerektiğini göstermektedir. G20 ülkeleri üzerine yapılan çalışmalar da finansal gelişme, enerji tüketimi ve CO₂ emisyonları arasındaki ilişkinin önemine işaret etmektedir. Pirabi vd. (2026), G20 ülkelerinde finansal kurumlar ve CO₂ emisyonları arasındaki ilişkinin gelir düzeyine göre farklılaştığını ortaya koymuştur. Sheraz vd. (2021), G20 ülkelerinde finansal gelişme, enerji tüketimi ve küreselleşmenin emisyonlar üzerindeki etkisini incelemiştir. Shanyazov vd. (2025) ise G20 ekonomilerinde CO₂ emisyonlarının ekonomik ve enerji sektörü kaynaklı belirleyicilerini değerlendirmiştir. Bu çalışmalar önemli bulgular sunmakla birlikte, mevcut çalışmadan farklı olarak finansal gelişmeyi çoğunlukla genel finansal gelişme göstergeleri, finansal kurumlar veya daha geniş finansal değişkenler üzerinden ele almaktadır. Bu nedenle banka kredisi, yenilenebilir enerji tüketimi ve CO₂ emisyonlarını G20 ülkeleri örnekleminde doğrudan banka kredisi hacmi üzerinden birlikte inceleyen çalışmaların daha sınırlı olduğu görülmektedir. Mevcut çalışma bu literatürden, G20 ülkeleri örnekleminde finansal gelişmeyi genel bir endeks yerine bankalar tarafından özel sektöre verilen yurtiçi kredi hacmiyle temsil etmesi bakımından ayrılmaktadır. Banka kredisi göstergesi, bankacılık sistemi aracılığıyla reel sektöre aktarılan kredi hacmini göstermektedir. Ancak bu gösterge, kredilerin sektörel dağılımını veya çevresel niteliğini doğrudan yansıtmamaktadır. Bu nedenle çalışmada kredi tahsis kanalı değil, banka kredisi hacmi ve bankacılık temelli finansal derinleşme ile CO₂ emisyonları arasındaki ilişki incelenmektedir. Bu ilişki, yenilenebilir enerji tüketimi ve makroekonomik kontrol değişkenleriyle birlikte değerlendirilerek G20 ülkelerinde bankacılık temelli finansal derinleşme, enerji dönüşümü ve çevresel sürdürülebilirlik tartışmasına ölçülü bir katkı sunulması amaçlanmaktadır.

3. Veri Seti, Model ve Yöntem

3.1. Araştırma Modeli ve Hipotezler

Bu çalışmada model, bankacılık kredileri, yenilenebilir enerji tüketimi ve CO₂ emisyonları arasındaki ilişki üzerine kurulmuştur. Banka kredisi reel sektöre yönelen finansman kanalını temsil ederken, yenilenebilir enerji tüketimi enerji dönüşümünün çevresel boyutunu göstermektedir. CO₂ emisyonları ise çevresel bozulmanın temel göstergesi olarak kullanılmaktadır. Bu doğrultuda, G20 ülkelerinde banka kredilerinin CO₂ emisyonları üzerindeki etkisi, yenilenebilir enerji tüketiminin emisyon azaltıcı rolü ve banka kredisi ile CO₂ emisyonları arasındaki dinamik ilişki incelenmektedir. Ana örneklemin dengesiz panel yapısı dikkate alınarak, sonuçların dengeli alt örnekleme değişip değişmediği de ayrıca kontrol edilmektedir. Bu araştırma çerçevesinde aşağıdaki hipotezler test edilmektedir:

H1: Bankalar tarafından özel sektöre verilen yurtiçi kredilerle temsil edilen banka kredisi hacmi, CO₂ emisyonları üzerinde anlamlı bir etkiye sahiptir.

H2: Yenilenebilir enerji tüketimi CO₂ emisyonlarını azaltıcı yönde etkiler.

H3: Bankalar tarafından özel sektöre verilen yurtiçi kredilerle temsil edilen banka kredisi hacmi ile CO₂ emisyonları arasında nedensellik ilişkisi vardır.

Banka kredisi için yönlü bir beklenti kurulmamıştır. Bunun nedeni, kullanılan banka kredisi göstergesinin kredilerin sektörel dağılımını veya çevresel niteliğini doğrudan göstermemesi ve banka kredisi hacminin CO₂ emisyonları üzerindeki etkisinin ülke yapısı, enerji bileşimi ve üretim koşullarına göre farklılaşabilmesidir. Bu nedenle banka kredisi değişkeni, çalışmada kredi tahsisinin yönünü değil, bankacılık temelli finansal derinleşme ve banka kredisi hacmini temsil eden bir gösterge olarak ele alınmaktadır. Buna karşılık yenilenebilir enerji tüketimi için CO₂ emisyonlarını azaltıcı bir etki beklenmektedir.

3.2. Veri Seti ve Model

Bu çalışmada, G20 ülkelerinde banka kredisi, yenilenebilir enerji tüketimi ve CO₂ emisyonları arasındaki ilişki 2000–2021 dönemi için panel veri yöntemiyle incelenmektedir. Çalışmada G20 içinde yer alan 19 ülke incelenmiş; Avrupa Birliği ve Afrika Birliği gibi kurumsal yapılar örnekleme dâhil edilmemiştir. Veriler, Dünya Bankası World Development Indicators veri tabanından Stata 17 programında wbopendata modülü aracılığıyla elde edilmiştir. Veri seti hazırlanırken 2022 sonrası dönem de kontrol edilmiştir. Ancak çalışmada kullanılan değişkenler için 2022–2025 döneminde tam ve karşılaştırılabilir veri yapısı oluşturulamamıştır. Özellikle yenilenebilir enerji tüketimi değişkeninde 2022 yılına ait gözlemler tüm ülkeler için eksik olduğundan analiz dönemi 2000–2021 olarak belirlenmiştir. 19 ülke ve 22 yıllık dönem dikkate alındığında teorik gözlem sayısı 418’dir. Model değişkenlerinin aynı ülke-yıl gözleminde birlikte bulunması koşuluna göre 21 ülke-yıl gözlemi örneklem dışında kalmış ve nihai veri seti 397 gözlemden oluşan dengesiz panel veri yapısına sahip olmuştur. Örneklem yapısı ve eksik gözlemlerin ülke-yıl dağılımı Tablo 1’de sunulmaktadır.

Tablo 1. Örneklem Yapısı ve Eksik Gözlemlerin Ülke-Yıl Dağılımı

Ülke	Gözlem sayısı	Kapsanan dönem	Eksik yıllar	Dengeli alt örneklem
Arjantin	22	2000–2021	Yok	Evet
Avustralya	22	2000–2021	Yok	Evet
Brezilya	22	2000–2021	Yok	Evet
Çin	22	2000–2021	Yok	Evet
Hindistan	22	2000–2021	Yok	Evet
Endonezya	22	2000–2021	Yok	Evet
Japonya	22	2000–2021	Yok	Evet
Meksika	22	2000–2021	Yok	Evet
Güney Afrika	22	2000–2021	Yok	Evet
Kore Cumhuriyeti	22	2000–2021	Yok	Evet
Türkiye	22	2000–2021	Yok	Evet
Birleşik Krallık	22	2000–2021	Yok	Evet
ABD	22	2000–2021	Yok	Evet
Kanada	9	2000–2008	2009–2021	Hayır
Fransa	21	2001–2021	2000	Hayır
Almanya	21	2001–2021	2000	Hayır
İtalya	21	2001–2021	2000	Hayır
Rusya Federasyonu	21	2001–2021	2000	Hayır
Suudi Arabistan	18	2000–2017	2018–2021	Hayır

Toplam	397	2000–2021	21 ülke-yl gözlemi	13 ülke
---------------	------------	------------------	---------------------------	----------------

Kaynak: Yazar tarafından Dünya Bankası World Development Indicators (WDI) veri tabanından elde edilen veriler kullanılarak hazırlanmıştır.

Çalışmada bağımlı değişken olarak arazi kullanımı, arazi kullanım değişikliği ve ormancılık hariç kişi başına CO₂ emisyonları kullanılmaktadır. Temel açıklayıcı değişken, bankalar tarafından özel sektöre verilen yurtiçi kredilerin GSYH'ye oranıdır. Bu değişken, bankacılık temelli finansal derinleşmeyi göstermektedir. Modelde ayrıca yenilenebilir enerji tüketimi, kişi başına GSYH ve dışa açıklık değişkenlerine yer verilmiştir. Yenilenebilir enerji tüketimi, enerji yapısının yenilenebilir kaynaklara ne ölçüde dayandığını göstermektedir. Kişi başına GSYH gelir düzeyini, dışa açıklık ise uluslararası ticaretin ekonomi içindeki ağırlığını temsil etmektedir. CO₂ emisyonları, banka kredisi, kişi başına GSYH ve dışa açıklık değişkenleri doğal logaritmaları alınarak modele dâhil edilmiştir. Bu dönüşüm, ülkeler arasındaki büyük ölçek farklılıklarını azaltmakta ve katsayıların oransal değişim mantığıyla yorumlanmasını kolaylaştırmaktadır. Yenilenebilir enerji tüketimi ise bazı ülkelerde sıfır değer aldığı için logaritmik dönüşüme tabi tutulmamıştır. Değişkenlere ilişkin veriler Dünya Bankası World Development Indicators veri tabanından elde edilmiştir (World Bank, 2026). Çalışmada kullanılan değişkenlerin tanımları, sembolleri ve beklenen etkileri Tablo 2'de sunulmaktadır.

Tablo 2. Değişkenler ve Tanımları

Değişken	Sembol	Tanım
CO ₂ emisyonu	lnCO ₂	Kişi başına CO ₂ emisyonunun doğal logaritması
Banka kredisi	lnBANKCRED	Bankalar tarafından özel sektöre verilen yurtiçi kredilerin GSYH'ye oranının doğal logaritması
Kişi başına GSYH	lnGDPPC	Kişi başına reel GSYH'nin doğal logaritması
Dışa açıklık	lnTRADE	Mal ve hizmet ihracatı ile ithalatı toplamının GSYH'ye oranının doğal logaritması
Yenilenebilir enerji	RENEW	Toplam nihai enerji tüketimi içinde yenilenebilir enerji tüketiminin payı

Çalışmada tahmin edilen temel ampirik ilişki aşağıdaki şekilde ifade edilebilir:

$$\ln CO_{2,it} = \alpha_i + \beta_1 \ln BANKCRED_{it} + \beta_2 \ln GDPPC_{it} + \beta_3 \ln TRADE_{it} + \beta_4 RENEW_{it} + \varepsilon_{it} \quad (1)$$

Burada i ülkeyi, t yılı göstermektedir. lnCO₂ kişi başına CO₂ emisyonlarının doğal logaritmasını göstermektedir. lnBANKCRED, bankalar tarafından özel sektöre verilen yurtiçi kredilerin GSYH'ye oranının doğal logaritmasıdır. lnGDPPC kişi başına reel GSYH'nin doğal logaritmasını, lnTRADE dışa açıklık oranının doğal logaritmasını ifade etmektedir. RENEW ise toplam nihai enerji tüketimi içinde yenilenebilir enerji tüketiminin payını göstermektedir. Modelde yer alan ülkeye özgü sabit etkiler ve hata terimi Denklem (1)'de gösterilmektedir. Bu temel model, değişkenlerin bütünleşme dereceleri dikkate alınarak panel ARDL çerçevesinde kısa ve uzun dönem etkileri içerecek biçimde tahmin edilmiştir. Panel ARDL yaklaşımı, kısa dönem değişimleri ve uzun dönem katsayıları aynı model içinde değerlendirdiği için

bu çalışma açısından uygun görülmüştür (Pesaran vd., 1999; Blackburne ve Frank, 2007).

3.3. Yöntem

Bu çalışmada yöntem seçimi, veri setinin ülke-yıl panel yapısı, dengesiz gözlem dağılımı ve değişkenlerin zaman serisi özellikleri dikkate alınarak belirlenmiştir. G20 ülkeleri ekonomik, finansal ve enerji piyasaları bakımından birbirleriyle bağlantılı olduğundan, öncelikle yatay kesit bağımlılığı olasılığı değerlendirilmiştir. Bu adım, daha sonra kullanılacak birim kök testi ve sağlamlık kontrollerinin seçimi açısından önemlidir. Değişkenlerin bütünleşme derecelerini belirlemek amacıyla yatay kesit bağımlılığını dikkate alan CIPS panel birim kök testi uygulanmıştır. Değişkenlerin karma $I(0)$ – $I(1)$ yapıda olması ve $I(2)$ değişken bulunmaması nedeniyle ana tahmin stratejisi panel ARDL yaklaşımı üzerine kurulmuştur. Panel ARDL yaklaşımı, kısa dönem dinamikleri ile uzun dönem ilişkileri aynı model içinde değerlendirmeye imkân verdiği için bu çalışma açısından uygun görülmüştür. Ana model, 19 G20 ülkesinden oluşan dengesiz panel üzerinde Dinamik Sabit Etkiler tahmincisiyle tahmin edilmiştir. Bulguların örneklem yapısına ve yatay kesit bağımlılığına duyarlılığını değerlendirmek için dengeli alt örneklemde PMG, MG ve DFE tahminleri ile Driscoll-Kraay standart hatalı sabit etkiler modeli kullanılmıştır. Son aşamada ise banka kredisi hacmi ile CO₂ emisyonları arasındaki dinamik yön ilişkisi Dumitrescu-Hurlin panel nedensellik testiyle incelenmiştir.

3.3.1. Ön Analizler

İlk aşamada değişkenlerin genel yapısını görmek amacıyla tanımlayıcı istatistikler hesaplanmıştır. Ortalama, standart sapma, minimum ve maksimum değerler, örneklemdeki değişkenlerin genel dağılımını değerlendirmeye imkân vermektedir. G20 ülkeleri gelişmiş ve gelişmekte olan ekonomileri birlikte içerdiği için değişkenler arasında düzey ve oynaklık farklılıklarının bulunması beklenmektedir. Daha sonra değişkenler arasındaki ikili ilişkileri görmek amacıyla korelasyon matrisi oluşturulmuştur. Korelasyon katsayıları değişkenler arasındaki doğrusal birlikte hareketi göstermekte, ancak nedensellik veya yapısal etki anlamına gelmemektedir. Bu nedenle korelasyon sonuçları önsel bir değerlendirme olarak ele alınmıştır. Ayrıca açıklayıcı değişkenler arasında ciddi bir çoklu doğrusal bağlantı sorunu olup olmadığını belirlemek amacıyla Varyans Şişirme Faktörü testi uygulanmıştır.

3.3.2. Yatay Kesit Bağımlılığı Testleri

Panel veri analizlerinde yatay kesit birimleri arasında bağımlılık olup olmadığının belirlenmesi önemlidir. Özellikle ülkelerden oluşan panellerde ortak küresel şoklar, enerji fiyatlarındaki değişimler, finansal dalgalanmalar ve ticaret bağlantıları hata terimlerinin birbirleriyle ilişkili olmasına yol açabilir. Bu nedenle çalışmada yatay kesit bağımlılığı Breusch-Pagan LM, Pesaran scaled LM, bias-corrected scaled LM ve Pesaran CD testleriyle incelenmiştir. Breusch-Pagan LM testi, panel birimleri arasındaki hata terimi korelasyonlarının ortak olarak sıfır olup olmadığını sınamaktadır (Breusch ve Pagan, 1980). Pesaran scaled LM testi, LM istatistiğinin

ölçeklendirilmiş biçimine dayanmakta; Pesaran CD testi ise hata terimleri arasındaki ortalama ikili korelasyon üzerinden yatay kesit bağımlılığını değerlendirmektedir (Pesaran, 2004). Bias-corrected scaled LM testi ise sabit etkiler panel veri modelinde ölçeklendirilmiş LM testindeki yanlılığı azaltmaya yönelik düzeltilmiş bir test istatistiği sunmaktadır (Baltagi vd., 2012). Bu testlerin birlikte kullanılmasının nedeni, G20 ülkeleri gibi ekonomik, finansal ve enerji piyasaları bakımından bağlantılı ülke panellerinde yatay kesit bağımlılığı olasılığını daha kapsamlı biçimde değerlendirmektir. Test sonuçları yatay kesit bağımlılığına işaret ettiğinden, sonraki aşamalarda yatay kesit bağımlılığı olasılığını dikkate alan yöntemlere yer verilmiştir.

3.3.3. CIPS Panel Birim Kök Testi

Yatay kesit bağımlılığı olasılığı dikkate alındığında, değişkenlerin durağanlık özelliklerinin birinci nesil testler yerine yatay kesit bağımlılığını dikkate alan ikinci nesil panel birim kök testleriyle incelenmesi daha uygun kabul edilmektedir (Deniz ve Aydın, 2022). Bu amaçla Pesaran tarafından geliştirilen CIPS panel birim kök testi kullanılmıştır. CIPS testinin temel mantığı, standart ADF regresyonlarının yatay kesit ortalamalarının gecikmeli düzeyleri ve birinci farklarıyla genişletilmesine dayanmaktadır. Bu yolla her bir ülke için CADF istatistikleri hesaplanmakta ve bu istatistiklerin ortalaması alınarak panel düzeyinde CIPS istatistiği elde edilmektedir (Pesaran, 2007). Bu çalışmada ana veri seti dengesiz panel yapısında olduğu için CIPS testi tam gözleme sahip 13 ülkeden oluşan dengeli alt örneklem üzerinde uygulanmıştır. Testin sıfır hipotezi serinin birim kök içerdiği yönündedir. CIPS sonuçları, değişkenlerin karma $I(0)$ – $I(1)$ bütünleşme yapısına sahip olduğunu ve $I(2)$ seri bulunmadığını göstermiştir. Bu bulgu, panel ARDL yaklaşımının kullanılmasını desteklemektedir. Bununla birlikte, CIPS testinin yalnızca 13 ülkeden oluşan dengeli alt örneklem üzerinde uygulanması çalışmanın bir sınırlılığı olarak değerlendirilmelidir. Dengeli alt örnekleme dâhil edilen ülkeler Tablo 1’de gösterilmiştir. Bu nedenle birim kök sonuçları, ana dengesiz panelin tamamı için doğrudan ve sınırsız biçimde genellenmemektedir. Ancak dengeli alt örneklem, 2000–2021 dönemi boyunca tüm model değişkenleri için kesintisiz gözleme sahip ülkelerden oluştuğu için değişkenlerin bütünleşme yapısına ilişkin tutarlı bir ön bilgi sağlamaktadır. Ana tahminlerin 19 ülkelik dengesiz panel üzerinde yapılması ve sonuçların dengeli alt örneklem tahminleriyle ayrıca kontrol edilmesi, bu sınırlılığın etkisini azaltmaya yönelik tamamlayıcı bir yaklaşım olarak değerlendirilmiştir.

3.3.4. Panel ARDL Yaklaşımı

CIPS testi sonucunda değişkenlerin bir kısmının düzeyde durağan [$I(0)$], bir kısmının ise birinci farkında durağan [$I(1)$] yapıda olması nedeniyle panel ARDL yaklaşımı tercih edilmiştir. ARDL tipi modellerin temel avantajı, modelde ikinci farkında durağan [$I(2)$] seri bulunmaması koşuluyla $I(0)$ ve $I(1)$ değişkenlerin aynı modelde kullanılabilmesidir. Ayrıca bu yaklaşım, kısa dönem dinamikleri ile uzun dönem ilişkileri aynı çerçevede incelemeye imkân sağlamaktadır. Panel ARDL yaklaşımında hata düzeltme katsayısı, uzun dönem dengeye dönüş sürecini ifade etmektedir. Blackburne ve Frank (2007), dinamik heterojen panel modellerinin hata düzeltme formunda yazılabileceğini ve hata düzeltme katsayısının uzun dönem dengeye uyum

hızını gösterdiğini belirtmiştir. Bu katsayının negatif ve istatistiksel olarak anlamlı olması, kısa dönem sapmaların zaman içinde uzun dönem dengeye doğru düzeldiği anlamına gelmektedir (Blackburne ve Frank, 2007). Bu çalışmada kullanılan panel ARDL modeli iki aşamalı bir gösterimle ifade edilmektedir. Denklem (2), CO₂ emisyonlarındaki kısa dönem değişimi ve uzun dönem dengeye uyum sürecini göstermektedir. Denklem (3) ise Denklem (2)'de yer alan hata düzeltme teriminin nasıl oluşturulduğunu göstermektedir:

$$\Delta \ln CO_{2,it} = \phi_i ECM_{i,t-1} + \sum_{j=1}^p \lambda_{ij} \Delta \ln CO_{2,i,t-j} + \sum_{j=0}^q \gamma_{ij} \Delta X_{i,t-j} + \mu_i + u_i \quad (2)$$

$$ECM_{i,t-1} = \ln CO_{2,i,t-1} - \theta_1 \ln BANKCRED_{i,t-1} - \theta_2 \ln GDPPC_{i,t-1} - \theta_3 \ln TRADE_{i,t-1} - \theta_4 RENEW_{i,t-1} \quad (3)$$

Burada ECM hata düzeltme terimini, X ise modelde yer alan açıklayıcı değişkenler vektörünü göstermektedir. Hata düzeltme katsayısı uzun dönem dengeye uyum hızını ifade ederken, kısa dönem katsayılar değişkenlerdeki dönemsel değişimlerin CO₂ emisyonları üzerindeki etkisini göstermektedir. Bu genel gösterim, çalışmada kullanılan DFE, PMG ve MG tahminlerinin teorik çerçevesini oluşturmaktadır. Panel ARDL tahmininde DFE, MG ve PMG olmak üzere üç yaklaşım dikkate alınmıştır. Pesaran vd. (1999) tarafından geliştirilen PMG tahmincisi, uzun dönem katsayıların panel genelinde ortak olduğunu, buna karşılık kısa dönem katsayıların, hata varyanslarının ve sabit terimlerin ülkelere göre farklılaşabileceğini varsaymaktadır. MG tahmincisi ise hem kısa hem de uzun dönem katsayıların ülkeler arasında farklılaşmasına izin vermektedir. DFE tahmincisi ise katsayıları panel genelinde ortak kabul eden daha kısıtlayıcı bir yapıya sahiptir. Blackburne ve Frank (2007), Stata'daki xtpmg komutunun DFE, MG ve PMG tahmincilerinin uygulanmasına imkân verdiğini belirtmektedir. Bu çalışmada panel ARDL modeli, sınırlı zaman boyutu ve gözlem kaybını artırmamak amacıyla ARDL (1,1,1,1,1) gecikme yapısı üzerinden tahmin edilmiştir. Bu gecikme yapısında bağımlı değişken ile modelde yer alan açıklayıcı değişkenlerin bir gecikmeli değerleri dikkate alınmıştır. Ana model, 19 G20 ülkesinden oluşan 397 gözlemlili dengesiz panel veri seti üzerinden Dinamik Sabit Etkiler tahmincisiyle tahmin edilmiştir. Tam dengesiz panelde PMG tahmini de denenmiş; ancak yakınsama sağlanamadığından bu tahminci ana sonuçların raporlanmasında kullanılmamıştır. Yakınsama sorunu, dengesiz panel yapısı ve bazı ülkelerde gözlem sayısının düşük olmasıyla ilişkilendirilebilir. Bu nedenle ana sonuçlarda, tüm örneklemin korunmasına imkân veren DFE tahmincisi esas alınmıştır. Bununla birlikte, sonuçların örneklem yapısına ve tahminci varsayımlarına duyarlılığını değerlendirmek amacıyla tam gözleme sahip 13 ülkeden oluşan dengeli alt örnekleme PMG, MG ve DFE tahminleri ayrıca yapılmıştır. Dengeli alt örnekleme PMG ve MG tahmincileri arasındaki uygunluğu değerlendirmek amacıyla Hausman testi uygulanmıştır. Bu test, PMG tahmincisinin uzun dönem katsayıların homojenliği varsayımının MG tahmincisine göre geçerli olup olmadığını değerlendirmek için kullanılmıştır. Hausman testinden elde edilen bulgular, model seçimine ilişkin değerlendirmeye birlikte bulgular bölümünde raporlanmıştır.

3.3.5. Sağlık Kontrolü ve Panel Nedensellik Testi

Ana bulguların dayanıklılığını kontrol etmek amacıyla Driscoll-Kraay standart hatalı sabit etkiler modeli kullanılmıştır. Driscoll-Kraay sabit etkiler modeli, panel ARDL yaklaşımının dinamik yapısını birebir tekrar eden bir alternatif model değildir. Bu nedenle bu yöntem, kısa dönem dinamikleri veya hata düzeltme mekanizmasını yeniden tahmin etmek için değil, ana modelde elde edilen katsayıların yön ve istatistiksel anlamlılık bakımından yatay kesit bağımlılığı, otokorelasyon ve değişen varyans sorunlarına karşı dayanıklı olup olmadığını değerlendirmek amacıyla kullanılmıştır. Driscoll-Kraay standart hataları, yatay kesit bağımlılığı, otokorelasyon ve değişen varyans durumlarında daha güvenilir standart hata tahminleri sunmaktadır (Driscoll ve Kraay, 1998). Bu nedenle Driscoll-Kraay sonuçları, panel ARDL bulgularıyla dinamik uyum süreci açısından değil, açıklayıcı değişkenlerin CO₂ emisyonlarıyla olan katsayı yönü ve istatistiksel anlamlılığı açısından karşılaştırılmıştır. Son aşamada ise banka kredisi ile CO₂ emisyonları arasındaki dinamik yön ilişkisini incelemek için Dumitrescu-Hurlin panel nedensellik testi uygulanmıştır. Bu test, heterojen panel veri modellerinde Granger nedenselliğini sınamakta ve tüm ülkelerde aynı nedensellik yapısının geçerli olmasını zorunlu kılmamaktadır (Dumitrescu ve Hurlin, 2012). Bu çalışmada banka kredisinin CO₂ emisyonlarının Granger nedeni olup olmadığı ve CO₂ emisyonlarının banka kredisinin Granger nedeni olup olmadığı iki yönlü olarak test edilmiştir.

4. Ampirik Bulgular ve Tartışma

4.1. Tanımlayıcı İstatistikler

Nihai veri seti, 19 G20 ülkesi için 2000–2021 dönemini kapsayan 397 ülke-yıl gözleminden oluşmaktadır. Tanımlayıcı istatistikler Tablo 3'te sunulmaktadır.

Tablo 3. Tanımlayıcı İstatistikler

Değişken	N	Ortalama	Standart Sapma	Minimum	Maksimum	Çarpıklık	Basıklık
lnCO ₂	397	1,878	0,770	-0,062	3,045	-0,507	2,436
lnBANKCRED	397	4,060	0,719	2,251	5,251	-0,589	2,443
lnGDPPC	397	9,600	1,078	6,629	11,046	-0,686	2,665
lnTRADE	397	3,867	0,357	2,973	4,622	-0,457	2,552
RENEW	397	13,975	12,734	0,000	50,000	1,415	3,998

Not: lnCO₂, lnBANKCRED, lnGDPPC ve lnTRADE değişkenlerin doğal logaritmasını göstermektedir. RENEW düzey değeriyle kullanılmıştır.

Tablo 3'e göre, nihai örnekleme tüm değişkenler için 397 gözlem bulunmaktadır. lnCO₂ değişkeninin ortalama değeri 1,878, lnBANKCRED değişkeninin ortalama değeri ise 4,060'tır. Yenilenebilir enerji tüketimi değişkeni ülkeler arasında önemli ölçüde farklılaşmaktadır. Bu değişkenin minimum değerinin 0, maksimum değerinin ise 50 olması, G20 ülkeleri arasında enerji yapısı bakımından belirgin farklılıklar bulunduğunu göstermektedir. Çarpıklık değerleri incelendiğinde, lnCO₂, lnBANKCRED, lnGDPPC ve lnTRADE değişkenlerinin negatif çarpıklığa sahip olduğu; RENEW değişkeninin ise pozitif çarpıklık gösterdiği görülmektedir. Basıklık değerleri logaritmik değişkenlerde 3'e yakın veya 3'ün altında iken, RENEW değişkeninde 3'ün

üzerindedir. Bu sonuç, yenilenebilir enerji tüketimi değişkeninin ülkeler arasında daha heterojen ve sağa çarpık bir dağılıma sahip olduğunu göstermektedir. Çalışmada bazı değişkenlere logaritmik dönüşüm uygulanması, ülkeler arasındaki ölçek farklılıklarını azaltmaya ve dağılımı daha dengeli hale getirmeye yöneliktir.

4.2. Korelasyon Matrisi ve Çoklu Doğrusal Bağlantı

Korelasyon matrisi ve VIF sonuçları Tablo 4'te sunulmaktadır.

Tablo 4. Korelasyon Matrisi ve VIF Sonuçları

Değişken	lnCO ₂	lnBANKCRED	lnGDPPC	lnTRADE	RENEW	VIF
lnCO ₂	1,000					-
lnBANKCRED	0,449	1,000				1,40
lnGDPPC	0,764	0,494	1,000			2,19
lnTRADE	0,190	0,163	0,080	1,000		1,16
RENEW	-0,801	-0,223	-0,624	-0,291	1,000	1,87

Not: VIF değerleri ana modelde yer alan açıklayıcı değişkenler kullanılarak havuzlanmış OLS modeli üzerinden hesaplanmıştır. Ortalama VIF değeri 1,65'tir.

Tablo 4'e göre, banka kredisi ile CO₂ emisyonları arasında pozitif yönlü orta düzeyde bir korelasyon bulunmaktadır. Kişi başına GSYH ile CO₂ emisyonları arasındaki korelasyon pozitif ve görece yüksektir. Buna karşılık yenilenebilir enerji tüketimi ile CO₂ emisyonları arasında güçlü negatif korelasyon görülmektedir. Ayrıca yenilenebilir enerji tüketimi ile kişi başına GSYH arasında da negatif yönlü bir ilişki bulunmaktadır. Bu ikili korelasyonlar, değişkenlerin birlikte hareket etme yönü hakkında ön bilgi vermekle birlikte, nedensel bir ilişki veya yapısal etki olarak yorumlanmamalıdır. Bu nedenle değişkenler arasındaki ilişkiler daha sonra panel ARDL, Driscoll-Kraay sağlamlık kontrolü ve Dumitrescu-Hurlin nedensellik testi ile ayrıca incelenmiştir. VIF değerleri 1,16 ile 2,19 arasında değişmekte, ortalama VIF değeri ise 1,65 olarak hesaplanmaktadır. Bu değerler, ana modelde yer alan açıklayıcı değişkenler arasında ciddi bir çoklu doğrusal bağlantı sorunu bulunmadığını göstermektedir.

4.3. Yatay Kesit Bağımlılığı Testleri

Panel veri analizlerinde, özellikle ülkelerden oluşan örneklemelerde, birimler arasında yatay kesit bağımlılığı bulunup bulunmadığının incelenmesi önemlidir. G20 ülkeleri küresel ekonomik ve finansal sistem içinde birbirleriyle bağlantılı olduğundan, ortak şokların veya bir ülkedeki gelişmelerin diğer ülkeleri etkilemesi mümkündür. Bu nedenle çalışmada yatay kesit bağımlılığı Breusch-Pagan LM, Pesaran scaled LM, bias-corrected scaled LM ve Pesaran CD testleriyle incelenmiş ve sonuçlar Tablo 5'te sunulmuştur.

Tablo 5. Yatay Kesit Bağımlılığı Testleri

Test	İstatistik	p-değeri / Kritik değer	Karar
Pesaran CD	1,899	0,0576	H ₀ reddedildi (%10)
Breusch-Pagan LM	1479,393	0,0000	H ₀ reddedildi
Pesaran scaled LM	70,74977	0,0000	H ₀ reddedildi
Bias-corrected scaled LM	70,29739	0,0000	H ₀ reddedildi

Not: H₀, yatay kesit bağımlılığı bulunmadığını ifade etmektedir. Breusch-Pagan LM testi için serbestlik derecesi 171'dir. Test sonuçları EViews 13 programında, 19 ülke ve 397 gözlemden oluşan dengesiz panel veri seti kullanılarak elde edilmiştir.

Tablo 5'e göre, Breusch-Pagan LM, Pesaran scaled LM ve bias-corrected scaled LM testlerinde yatay kesit bağımsızlığı sıfır hipotezi reddedilmektedir. Pesaran CD testi ise %10 anlamlılık düzeyinde yatay kesit bağımlılığına işaret etmektedir. Bu sonuçlar, G20 ülkeleri arasında ortak şoklar, finansal bağlantılar, ticari ilişkiler ve enerji piyasası etkileşimleri nedeniyle yatay kesit bağımlılığı olabileceğini göstermektedir. Bu nedenle analizde yatay kesit bağımlılığı olasılığı göz ardı edilmemiş; birim kök aşamasında CIPS testi, sağlamlık kontrolünde ise Driscoll-Kraay standart hatalı sabit etkiler modeli kullanılmıştır.

4.4. CIPS Panel Birim Kök Testi

Değişkenlerin durağanlık özelliklerini belirlemek amacıyla CIPS panel birim kök testi uygulanmıştır. Bu test, yatay kesit bağımlılığı olasılığını dikkate alması nedeniyle G20 ülkeleri gibi birbirleriyle bağlantılı ekonomilerden oluşan panel veri setleri için uygun bir testtir. Ana veri seti dengesiz panel yapısında olduğu için CIPS testi tam gözlemlili 13 ülkeden oluşan dengeli alt örneklem üzerinde uygulanmıştır. Test sonuçları Tablo 6'da sunulmuştur.

Tablo 6. CIPS Panel Birim Kök Testi Sonuçları

Değişken	Düzy CIPS	Birinci Fark CIPS	Bütünleşme Derecesi
lnCO ₂	-1,120	-3,745	I(1)
lnBANKCRED	-2,474	-3,996	I(0)
lnGDPPC	-1,436	-3,040	I(1)
lnTRADE	-1,441	-3,750	I(1)
RENEW	-1,121	-3,923	I(1)

Not: CIPS testi, sabitli ve trendsiz spesifikasyon altında uygulanmıştır. Test, tam gözleme sahip 13 ülkeden oluşan dengeli alt örneklem için yapılmıştır. CADF regresyonlarında en fazla 1 gecikme kullanılmış ve gecikme seçimi genelden özele F ortak testi yaklaşımına göre belirlenmiştir. Yatay kesit ortalamaları için 1 arka plan gecikmesi kullanılmıştır. Düzy testlerinde N,T = (13,22), birinci fark testlerinde ise N,T = (13,21)'dir. CIPS testi için %10, %5 ve %1 kritik değerler sırasıyla -2,14, -2,25 ve -2,45'tir. Kritik değerler sabitli ve trendsiz spesifikasyona göre değerlendirilmiştir. Testin sıfır hipotezi serinin birim kök içerdiği yönündedir.

Tablo 6'ya göre, lnBANKCRED değişkeni düzeyde durağandır. Buna karşılık lnCO₂, lnGDPPC, lnTRADE ve RENEW değişkenleri düzeyde durağan değildir. Bu değişkenler birinci farkları alındığında durağan hale gelmektedir. Sonuçlar, değişkenlerin karma I(0)–I(1) bütünleşme yapısına sahip olduğunu göstermektedir. Değişkenler arasında I(2) seri bulunmaması, panel ARDL yaklaşımının kullanılmasını desteklemektedir.

4.5. Panel ARDL Sonuçları

CIPS panel birim kök testi sonuçları, değişkenlerin I(0) ve I(1) yapıda olduğunu göstermiştir. Bu nedenle çalışmada panel ARDL yaklaşımı kullanılmıştır. Panel ARDL modeli, kısa dönem dinamiklerini ve uzun dönem ilişkileri birlikte tahmin etmeye imkân sağlamaktadır. Ana model, 19 G20 ülkesini kapsayan 397 gözlemlili tam dengesiz panel üzerinden Dinamik Sabit Etkiler tahmincisiyle tahmin edilmiştir. Sonuçlar Tablo 7'de verilmiştir.

Tablo 7. Tam Dengesiz Örneklem İçin DFE-ARDL Sonuçları

Panel	Değişken	Katsayı	Standart Hata	p-değeri
Uzun dönem	lnBANKCRED	0,1413	0,1400	0,313
Uzun dönem	lnGDPPC	0,1878	0,1943	0,334
Uzun dönem	lnTRADE	-0,0403	0,1882	0,830
Uzun dönem	RENEW	-0,0349	0,0091	0,000
Kısa dönem	ECM(-1)	-0,0560	0,0186	0,003
Kısa dönem	Δ lnBANKCRED	-0,0006	0,0181	0,975
Kısa dönem	Δ lnGDPPC	0,6649	0,0487	0,000
Kısa dönem	Δ lnTRADE	0,0465	0,0178	0,009
Kısa dönem	Δ RENEW	-0,0191	0,0017	0,000

Not: Bağımlı değişken Δ lnCO₂'dir. Model Dinamik Sabit Etkiler tahmincisiyle tahmin edilmiştir. Tam dengesiz örneklem 19 G20 ülkesi ve 397 gözlemden oluşmaktadır.

Tablo 7'de katsayıların istatistiksel anlamlılığı p-değerleri üzerinden değerlendirilmiştir. Bu çalışmada p-değerinin 0,10'dan küçük olması %10, 0,05'ten küçük olması %5 ve 0,01'den küçük olması %1 düzeyinde istatistiksel anlamlılık olarak kabul edilmiştir. Tablo 7'de yer alan hata düzeltme katsayısı negatif ve istatistiksel olarak anlamlıdır. Hata düzeltme katsayısının -0,056 olması, kısa dönem dengesizliklerin yaklaşık %5,6'sının bir sonraki dönemde düzeltildiğini ve uzun dönem dengeye dönüş hızının görece yavaş olduğunu göstermektedir. Bu durum, CO₂ emisyonlarının enerji altyapısı, üretim yapısı, teknoloji kullanımı ve kredi tahsis yapısı gibi kısa sürede değişmeyen yapısal unsurlardan etkilenmesiyle açıklanabilir. Uzun dönem katsayılar incelendiğinde, yenilenebilir enerji tüketiminin CO₂ emisyonları üzerinde negatif ve istatistiksel olarak anlamlı bir etkiye sahip olduğu görülmektedir. RENEW değişkeninin p-değerinin 0,000 olması, bu değişkenin %1

düzeyinde anlamlı olduğunu göstermektedir. Bu bulgu, yenilenebilir enerji kullanımındaki artışın G20 ülkelerinde çevresel bozulmayı azaltıcı bir rol oynadığını göstermekte ve Prasetyo vd. (2025), Sun vd. (2025) ile Rahman ve Salimullah (2026) tarafından ulaşılan sonuçlarla uyumludur. Banka kredisi değişkeninin uzun dönem katsayısı pozitif olmakla birlikte p-değeri 0,313 olduğu için istatistiksel olarak anlamlı değildir. Benzer şekilde lnGDPPC ve lnTRADE değişkenlerinin uzun dönem katsayıları da istatistiksel olarak anlamlı değildir. Kısa dönem sonuçlarına göre, Δ lnGDPPC ve Δ lnTRADE değişkenleri CO₂ emisyonlarını pozitif ve anlamlı biçimde etkilerken, Δ RENEW değişkeni negatif ve anlamlıdır. Böylece yenilenebilir enerji tüketiminin hem kısa hem de uzun dönemde CO₂ emisyonlarını azaltıcı yönde etki ettiği görülmektedir.

4.6. Dengeli Alt Örneklem Sağlamlık Sonuçları

Ana veri seti dengesiz panel yapısına sahip olduğundan, sonuçların veri bütünlüğüne duyarlılığını test etmek amacıyla tam gözlemlili 13 ülkeden oluşan dengeli alt örneklemde PMG, MG ve DFE tahminleri yapılmıştır. Bu sağlamlık kontrolü, banka kredisi ve yenilenebilir enerji değişkenlerinin uzun dönem katsayılarının örneklem yapısına göre değişip değişmediğini değerlendirmek açısından önemlidir.

Tablo 8. Dengeli Alt Örneklem Panel ARDL Sağlamlık Sonuçları

Tahminci	Değişken	Uzun Dönem Katsayısı	p-değeri	Kısa Dönem / ECM Sonucu
PMG	lnBANKCRED	0,3732	0,000	ECM = -0,1204; p = 0,010
PMG	lnGDPPC	-1,1884	0,000	
PMG	lnTRADE	0,0715	0,354	
PMG	RENEW	-0,0389	0,000	
MG	lnBANKCRED	-1,7225	0,309	ECM = -0,4453; p = 0,000
MG	lnGDPPC	-0,1832	0,658	
MG	lnTRADE	1,6314	0,261	
MG	RENEW	0,0179	0,763	
DFE	lnBANKCRED	0,0800	0,772	ECM = -0,0301; p = 0,130
DFE	lnGDPPC	0,3459	0,361	
DFE	lnTRADE	-0,0422	0,907	
DFE	RENEW	-0,0268	0,148	

Not: Dengeli alt örneklem 2000–2021 döneminde tam gözleme sahip 13 ülkeden oluşmaktadır. PMG, MG ve DFE sırasıyla Pooled Mean Group, Mean Group ve Dynamic Fixed Effects tahmincilerini ifade etmektedir. Hausman testi sonucunda PMG ve MG uzun dönem katsayıları arasında sistematik fark bulunmadığını ifade eden sıfır hipotezi reddedilmiştir ($\chi^2(4)=25,35$; $p=0,0000$).

Tablo 8’de dengeli alt örneklem için PMG, MG ve DFE tahmin sonuçları sunulmaktadır. PMG tahmincisinde banka kredisi katsayısı pozitif ve istatistiksel

olarak anlamlıdır. Bu bulgu, kredi genişlemesinin karbon yoğun üretim veya tüketim kanallarıyla ilişkili olabileceğine işaret edebilir. Ancak kullanılan banka kredisi değişkeni kredilerin sektörel dağılımını veya çevresel niteliğini doğrudan ölçmediğinden, bu sonuç kirli üretim ve tüketime kredi aktarıldığını kanıtlayan bir bulgu olarak değil, kredi tahsisinin yönünün ayrıca incelenmesi gerektiğine işaret eden sınırlı bir sonuç olarak değerlendirilmelidir. Bununla birlikte, PMG ve MG tahmincileri arasındaki model seçimini değerlendirmek amacıyla yapılan Hausman testi, uzun dönem katsayıların homojenliği varsayımının desteklenmediğini göstermektedir ($\chi^2(4)=25,35$; $p=0,0000$). Bu nedenle PMG sonuçları ana bulgu olarak değil, yalnızca karşılaştırmalı sağlamlık sonucu olarak değerlendirilmiştir. Hausman testinin işaret ettiği üzere, dengeli alt örnekleme MG tahmincisi PMG tahmincisine göre daha uygun görünmektedir. MG tahmininde hata düzeltme katsayısı negatif ve istatistiksel olarak anlamlıdır. Bu bulgu, uzun dönem dengeye dönüş sürecinin bulunduğunu göstermektedir. Ancak MG modelinde uzun dönem katsayılar istatistiksel olarak anlamlı değildir. DFE tahmincisinde de uzun dönem katsayıların anlamlı olmadığı görülmektedir. Bu sonuçlar, banka kredisi değişkeninin CO₂ emisyonları üzerindeki etkisinin tahminci varsayımlarına ve örneklem yapısına duyarlı olduğunu göstermektedir.

4.7. Driscoll-Kraay Sabit Etkiler Sağlamlık Kontrolü

Ana bulguların dayanıklılığını kontrol etmek amacıyla Driscoll-Kraay standart hatalı sabit etkiler modeli tahmin edilmiştir. Bu yöntem, yatay kesit bağımlılığı, otokorelasyon ve değişen varyans sorunlarına karşı daha dayanıklı standart hatalar üretmesi nedeniyle panel veri uygulamalarında sıkça kullanılmaktadır. Sonuçlar Tablo 9’da sunulmaktadır.

Tablo 9. Driscoll-Kraay Sabit Etkiler Sonuçları

Değişken	Katsayı	Standart Hata	p-değeri
lnBANKCRED	-0,0026	0,0143	0,857
lnGDPPC	0,3329	0,0208	0,000
lnTRADE	0,0362	0,0268	0,191
RENEW	-0,0258	0,0012	0,000
Sabit	-1,0862	0,2033	0,000

Not: Model bilgisi: Gözlem sayısı = 397; ülke sayısı = 19; within R² = 0,7543; Prob > F = 0,0000.

Tablo 9’a göre, banka kredisi değişkeni tam dengesiz örnekleme CO₂ emisyonları üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir etkiye sahip değildir. Bu sonuç, ana DFE-ARDL bulgularıyla birlikte değerlendirildiğinde banka kredisi değişkeni için güçlü ve istikrarlı bir katsayı etkisinin bulunmadığını göstermektedir. Kişi başına GSYH değişkeni pozitif ve anlamlıdır. Yenilenebilir enerji tüketimi ise negatif ve anlamlıdır. Dolayısıyla Driscoll-Kraay sabit etkiler sonuçları, ana DFE-ARDL bulgularını özellikle gelir ve yenilenebilir enerji değişkenleri açısından desteklemektedir. Buna karşılık

banka kredisi değişkeni açısından sonuçlar, kredi hacminin CO₂ emisyonları üzerinde doğrudan ve güçlü bir etki ortaya koymadığını göstermektedir.

4.8. Dumitrescu-Hurlin Panel Nedensellik Testi

Son aşamada banka kredisi ile CO₂ emisyonları arasındaki yön ilişkisini incelemek için Dumitrescu-Hurlin panel nedensellik testi uygulanmıştır. Bu testte sıfır hipotezi, bir değişkenin diğer değişkenin Granger nedeni olmadığı yönündedir. Dumitrescu-Hurlin testinde gecikme uzunluğu 1 olarak belirlenmiştir. Bu seçimde verinin yıllık frekansta olması, zaman boyutunun sınırlı olması ve daha yüksek gecikme uzunluklarının gözlem kaybını artırarak test gücünü azaltabilmesi dikkate alınmıştır. Bu nedenle nedensellik ilişkisi, kısa dönemli yıllık dinamikleri yakalamaya imkân veren bir gecikmeli yapı üzerinden sınanmıştır. Test sonuçları Tablo 10'da sunulmaktadır.

Tablo 10. Dumitrescu-Hurlin Panel Nedensellik Testi Sonuçları

Yön	W-bar	Z-bar	Z-bar tilde	p-değeri	Karar
lnBANKCRED → lnCO ₂	2,2417	3,8271	2,7764	0,0055	Reddedildi
lnCO ₂ → lnBANKCRED	4,0346	9,3533	7,2341	0,0000	Reddedildi

Not: Ok yönü, alternatif hipotez kapsamında sınanan Granger nedensellik yönünü göstermektedir. Gecikme uzunluğu, yıllık veri yapısı ve sınırlı zaman boyutu dikkate alınarak 1 olarak belirlenmiştir. H₀, Granger nedenselliği bulunmadığını ifade eder.

Tablo 10'a göre, banka kredisinin CO₂ emisyonlarının Granger nedeni olmadığına dair sıfır hipotezi reddedilmektedir. Benzer şekilde, CO₂ emisyonlarının banka kredisinin Granger nedeni olmadığı yönündeki sıfır hipotezi de reddedilmektedir. Bu durum, banka kredisi ile CO₂ emisyonları arasında çift yönlü bir nedensellik ilişkisi bulunduğunu göstermektedir. Ancak bu bulgu, katsayı tahminleriyle birlikte dikkatli yorumlanmalıdır. Ana ARDL ve Driscoll-Kraay sonuçlarına göre, banka kredisi değişkeninin katsayısı tam örnekleme istatistiksel olarak anlamlı değildir. Bu nedenle nedensellik sonucu, banka kredilerinin CO₂ emisyonları üzerinde güçlü ve doğrudan bir katsayı etkisi yarattığı şeklinde yorumlanmamalıdır. Bunun yerine bulgular, banka kredisi ile CO₂ emisyonları arasında dinamik bir etkileşim olabileceğini, ancak bu ilişkinin büyüklüğü ve yönünün model katsayıları açısından güçlü biçimde desteklenmediğini göstermektedir. Dolayısıyla bankacılık kredilerinin çevresel rolü politika açısından tamamen göz ardı edilmemeli, ancak kredi hacminden çok kredilerin sektörel dağılımı ve çevresel niteliği dikkate alınarak temkinli biçimde değerlendirilmelidir.

4.9. Tartışma

Elde edilen bulgular birlikte değerlendirildiğinde, G20 ülkelerinde CO₂ emisyonlarının açıklanmasında yenilenebilir enerji tüketiminin önemli bir değişken olduğu görülmektedir. Ana DFE-ARDL modelinde yenilenebilir enerji tüketimi hem kısa dönemde hem de uzun dönemde CO₂ emisyonlarını negatif ve istatistiksel olarak anlamlı biçimde etkilemektedir. Driscoll-Kraay sabit etkiler modeli ve dengeli alt örneklem PMG tahmini de bu sonucu desteklemektedir. Bu sonuç, yenilenebilir

enerji kaynaklarının toplam enerji tüketimi içindeki payının artırılmasının çevresel bozulmayı azaltmada önemli olabileceğini göstermektedir. Banka kredisi değişkenine ilişkin sonuçlar ise daha dikkatli yorumlanmalıdır. Tam dengesiz örnekleme banka kredisi değişkeninin uzun dönem katsayısı pozitif olmakla birlikte istatistiksel olarak anlamlı değildir. Driscoll-Kraay sabit etkiler tahmininde de banka kredisi için anlamlı bir katsayı elde edilmemiştir. Buna karşılık tam gözlemlili ülkelerden oluşan dengeli alt örnekleme PMG tahmini, banka kredisi ile CO₂ emisyonları arasında pozitif ve anlamlı bir uzun dönem ilişki göstermektedir. Bu nedenle banka kredisi bulgusu, bütün modellerde geçerli güçlü ve tek yönlü bir sonuç olarak değerlendirilmemelidir. Bulgular, banka kredisi etkisinin örneklem yapısına göre değişebileceğini göstermektedir.

Dumitrescu-Hurlin panel nedensellik testi, banka kredisi ile CO₂ emisyonları arasında çift yönlü Granger nedenselliği bulunduğunu göstermektedir. Bu bulgu, finansal sistem ile çevresel bozulma arasında karşılıklı bir ilişki olabileceğine işaret etmektedir. Bu nedenle banka kredileri yalnızca ekonomik büyümeyi ve yatırımı finanse eden bir araç olarak değil, çevresel sonuçları da olabilecek bir kredi tahsis kanalı olarak değerlendirilmelidir. Gelir düzeyine ilişkin sonuçlar, kişi başına GSYH'nin CO₂ emisyonları üzerinde pozitif etkili olduğunu göstermektedir. Bu sonuç, G20 ülkelerinde ekonomik kapasite ve üretim düzeyi arttıkça çevresel baskıların da artabileceğine işaret etmektedir. Dışa açıklık değişkeninin etkisi ise modeller arasında farklılaşmaktadır. Bu nedenle ticaret kanalına ilişkin sonuçlar daha dikkatli değerlendirilmelidir. Genel olarak bulgular, G20 ülkelerinde çevresel sürdürülebilirlik açısından yenilenebilir enerji dönüşümünün önemli olduğunu göstermektedir. Bankacılık kredilerinin çevresel etkisi ise doğrudan ve tek yönlü bir sonuç vermemektedir. Bu durum, mevcut çalışmada kullanılan toplam banka kredisi göstergesinin kredi tahsisinin sektörel yönünü ve çevresel niteliğini doğrudan ölçmediğini göstermektedir. Dolayısıyla gelecekteki çalışmalarda kredi hacminin yanı sıra kredilerin hangi sektörlere yöneldiğinin ve çevresel niteliğinin ayrıca incelenmesi gerektiğine işaret etmektedir.

5. Sonuç ve Politika Önerileri

Bu çalışmada, 2000–2021 döneminde G20 üyesi 19 ülkede banka kredisi ve yenilenebilir enerji tüketiminin CO₂ emisyonları üzerindeki etkisi panel veri analizi kapsamında incelenmiştir. Modelde kişi başına GSYH ve dışa açıklık kontrol değişkenleri olarak yer almıştır. Çalışmanın hareket noktası, banka kredilerinin yalnızca finansal gelişmeyi gösteren bir değişken olarak ele alınmaması gerektiğidir. Banka kredileri aynı zamanda reel sektör yatırımlarını, üretim kapasitesini ve enerji kullanımını etkileyebilen bir finansman kanalıdır. Bu nedenle çalışmada finansal gelişme genel bir endeksle değil, bankalar tarafından özel sektöre verilen yurtiçi kredilerin GSYH'ye oranı ile temsil edilmiştir. Elde edilen sonuçlar hipotezler açısından değerlendirildiğinde, banka kredisi değişkeni için H1 hipotezinin güçlü biçimde desteklenmediği görülmektedir. Tam dengesiz örnekleme DFE-ARDL sonuçlarında banka kredisi katsayısı istatistiksel olarak anlamlı değildir. Driscoll-

Kraay sabit etkiler sağlamlık kontrolünde de banka kredisi değişkeni anlamlı bir etki göstermemektedir. Dengeli alt örnekleme PMG tahmini pozitif ve anlamlı bir uzun dönem katsayı üretse de bu sonuç, model seçimi ve tahminci varsayımları bakımından ana kanıt olarak değerlendirilmemiştir. Bu nedenle banka kredisi değişkenine ilişkin bulgular, CO₂ emisyonları üzerinde güçlü, istikrarlı ve doğrudan bir katsayı etkisine işaret etmemektedir. H1 hipotezi bu çerçevede sınırlı biçimde değerlendirilmiş ve güçlü biçimde doğrulanmadığı sonucuna ulaşılmıştır.

Yenilenebilir enerji tüketimine ilişkin sonuçlar daha açık ve tutarlıdır. Ana DFE-ARDL modelinde yenilenebilir enerji tüketimi hem kısa hem de uzun dönemde CO₂ emisyonlarını negatif ve anlamlı biçimde etkilemektedir. Driscoll-Kraay sabit etkiler sağlamlık kontrolü de bu sonucu desteklemektedir. Dengeli alt örneklem sonuçları ise yenilenebilir enerji değişkeni bakımından emisyon azaltıcı bulguların genel olarak korunduğunu, ancak katsayıların tahminci varsayımlarına göre farklılaşabildiğini göstermektedir. Bu nedenle H2 hipotezi desteklenmektedir. Bu bulgu, G20 ülkelerinde enerji yapısının yenilenebilir kaynaklar lehine dönüşmesinin çevresel bozulmayı azaltmada önemli bir rol oynadığını göstermektedir. Panel nedensellik sonuçları, banka kredisi ile CO₂ emisyonları arasında çift yönlü Granger nedenselliği bulunduğunu ortaya koymaktadır. Bu sonuç H3 hipotezini desteklemektedir. Ancak bu bulgu, banka kredilerinin CO₂ emisyonları üzerinde doğrudan ve güçlü bir yapısal etki yarattığı şeklinde yorumlanmamalıdır. Katsayı tahminleriyle birlikte değerlendirildiğinde, banka kredisi ile CO₂ emisyonları arasında dinamik bir etkileşim olabileceği, ancak bu ilişkinin büyüklüğü ve yönünün toplam kredi hacmi üzerinden güçlü biçimde açıklanamadığı görülmektedir. Ana dengesiz panel sonuçları ile dengeli alt örneklem sonuçlarının birlikte değerlendirilmesi, özellikle banka kredisi değişkeninin örneklem yapısına ve tahminci varsayımlarına duyarlı olduğunu göstermektedir. Bu durum, G20 ülkeleri gibi gelişmiş ve gelişmekte olan ekonomileri birlikte içeren heterojen ülke gruplarında finansal değişkenlerin çevresel etkilerinin tek bir sonuçla açıklanamayacağını ortaya koymaktadır. Banka kredisi değişkeninin ana örnekleme güçlü bir sonuç vermemesi, finansal gelişmenin çevresel etkisinin her zaman doğrudan ve aynı yönde ortaya çıkmadığını göstermektedir. Buna karşılık dengeli alt örnekleme gözlenen pozitif ilişki, kredi genişlemesi ile emisyon artışı arasındaki bağlantıyı vurgulayan çalışmalarla uyumlu biçimde değerlendirilebilir. Yenilenebilir enerjiye ilişkin sonuçlar ise literatürdeki genel eğilimle büyük ölçüde uyumludur. G20 ülkelerinde yenilenebilir enerji tüketiminin CO₂ emisyonlarını azaltıcı etkisi, yenilenebilir enerjinin çevresel sürdürülebilirlik açısından önemli bir araç olduğunu göstermektedir. Politika açısından bu bulgu, yenilenebilir enerji yatırımlarına yönelik finansman imkânlarının artırılması, enerji verimliliği projelerinin desteklenmesi ve düşük karbonlu teknolojilerin yaygınlaştırılmasının önemine işaret etmektedir. Bankacılık kredileri açısından ise politika çıkarımları daha ihtiyatlı değerlendirilmelidir. Çalışmada kullanılan banka kredisi değişkeni toplam kredi hacmini göstermekte, kredilerin sektörel dağılımını veya çevresel niteliğini doğrudan ölçmemektedir. Bu nedenle banka kredilerinin yeşil projelere yönlendirilmesi önerisi, doğrudan test edilmiş bir bulgu olarak değil, kredi kullanım alanlarının çevresel etkiler açısından gelecekte daha ayrıntılı incelenmesi

gerektiğine işaret eden temkinli bir çıkarım olarak değerlendirilmelidir. Bu çerçevede politika yapıcılar açısından kredi hacminin artırılmasından çok, kredilerin hangi sektörlerle ve hangi yatırım alanlarına yöneldiğinin izlenmesi önem taşımaktadır. Yenilenebilir enerji, enerji verimliliği ve düşük karbonlu teknoloji yatırımlarına yönelik finansman olanaklarının geliştirilmesi ise çevresel sürdürülebilirliği destekleyebilecek ihtiyatlı bir politika önerisi olarak değerlendirilebilir.

Çalışmanın bazı sınırlılıkları bulunmaktadır. İlk olarak, veri seti 2000–2021 dönemiyle sınırlıdır. Bu nedenle 2021 sonrası enerji piyasaları, iklim politikaları ve sürdürülebilir finans uygulamalarındaki gelişmeler çalışmanın sonuçlarına doğrudan yansımamaktadır. İkinci olarak, banka kredisi değişkeni toplam kredi hacmini göstermekte; kredilerin sektörel dağılımını, çevresel niteliğini veya yeşil kredi ayırımını doğrudan ölçmemektedir. Bu nedenle kredilerin karbon yoğun sektörlerle mi yoksa yenilenebilir enerji, enerji verimliliği ve yeşil dönüşüm yatırımlarına mı yöneldiği bu çalışma kapsamında ayrıştırlanamamaktadır. Üçüncü olarak, CIPS panel birim kök testi ana veri setinin dengesiz panel yapısı nedeniyle tam gözleme sahip 13 ülkeden oluşan dengeli alt örneklem üzerinde uygulanmıştır. Bu nedenle birim kök sonuçları ana dengesiz panelin tamamı için sınırsız biçimde genellenmemelidir. Dördüncü olarak, Dumitrescu-Hurlin panel nedensellik testi değişkenler arasındaki Granger nedensellik yönünü göstermekte, ancak yapısal nedensellik veya doğrudan etki mekanizmasını kanıtlanamamaktadır. Son olarak, çalışmanın G20 ülkeleriyle sınırlı olması ve bu ülkeler arasındaki gelişmişlik düzeyi, enerji yapısı ve finansal sistem farklılıkları sonuçların genellenebilirliğini sınırlandırabilmektedir. Gelecek çalışmalarda daha güncel veri setleri, sektörel kredi göstergeleri, yeşil kredi verileri veya farklı ülke grupları kullanılarak banka kredileri ile çevresel sürdürülebilirlik arasındaki ilişki daha ayrıntılı biçimde incelenebilir.

Kaynaklar

Altıntaş, N., Yeniyyurt, M., Canbay, Ş., ve Awdalkrem, A. (2024). Analyzing banking sector development and renewable energy consumption impact on load capacity factor in Sudan. *Discover Energy*, 4, Article 13. <https://doi.org/10.1007/s43937-024-00038-4>

Baltagi, B. H., Feng, Q., ve Kao, C. (2012). A Lagrange multiplier test for cross-sectional dependence in a fixed effects panel data model. *Journal of Econometrics*, 170(1), 164–177. <https://doi.org/10.1016/j.jeconom.2012.04.004>

Bilgili, F., Muğaloğlu, E., Kuşkaya, S., Cifuentes-Faura, J., Khan, K., ve Alnour, M. (2025). The nexus between financial development and CO₂ emissions: Fresh evidence through time-frequency analyses. *Financial Innovation*, 11, Article 58. <https://doi.org/10.1186/s40854-024-00713-4>

Deniz, G. (2026). Bank Credit, Renewable Energy Consumption and CO₂ Emissions in G20 Countries. *BILTURK, The Journal of Economics and Related Studies*, 8, 164-188. 10.47103/bilturk.1955711.

Blackburne, E. F., III, ve Frank, M. W. (2007). Estimation of nonstationary heterogeneous panels. *The Stata Journal*, 7(2), 197–208. <https://doi.org/10.1177/1536867X0700700204>

Breusch, T. S., ve Pagan, A. R. (1980). The Lagrange multiplier test and its applications to model specification in econometrics. *The Review of Economic Studies*, 47(1), 239–253. <https://doi.org/10.2307/2297111>

Çelik, R. A., ve Ünal, H. T. (2025). The relationship between banking sector development, financial development, economic growth, renewable energy and CO₂ emissions: Evidence from Brazil and Türkiye. *EKOIST Journal of Econometrics and Statistics*, 43, 245–268. <https://doi.org/10.26650/ekoist.2025.43.1821166>

Deniz, G., ve Aydın, Y. (2022). Türkiye’de elementer branşlarda faaliyet gösteren sigorta şirketlerinin finansal performansını etkileyen faktörlerin panel veri analizi ile belirlenmesi. *İşletme Araştırmaları Dergisi*, 14(4), 2815–2832. <https://doi.org/10.20491/isarder.2022.1535>

Doğan, D., Söylemez, Y., Doğan, Ş., ve Akça, N. (2025). The impact of financial development on renewable energy consumption: Evidence from RECAI countries. *Sustainability*, 17, Article 6381. <https://doi.org/10.3390/su17146381>

Driscoll, J. C., ve Kraay, A. C. (1998). Consistent covariance matrix estimation with spatially dependent panel data. *The Review of Economics and Statistics*, 80(4), 549–560. <https://doi.org/10.1162/003465398557825>

Dumitrescu, E.-I., ve Hurlin, C. (2012). Testing for Granger non-causality in heterogeneous panels. *Economic Modelling*, 29(4), 1450–1460. <https://doi.org/10.1016/j.econmod.2012.02.014>

G20 Sustainable Finance Working Group. (2024). 2024 G20 Sustainable Finance Report. G20 Brazil Finance Track. Erişim Adresi: <https://g20sfwg.org/wp-content/uploads/2024/10/2024-G20-Sustainable-Finance-Report.pdf> Erişim Tarihi: 5 Mayıs 2026.

Halac, U., Dermenci, F. D., Goren Yargi, S., ve Gultekin Aslan, M. (2025). Examining the impact of financial development on carbon emissions: Insights from emerging economies. *Istanbul Journal of Economics*, 75(1), 156–169. <https://doi.org/10.26650/ISTJECON2024-1531009>

Haloui, I., Amzil, H., Yang, G., Fourati, I., ve Li, Y. (2025). The impact of renewable energy use, financial development, and industrialization on CO₂ emissions in middle-income economies: A GMM-PVAR analysis. *Sustainability*, 17, Article 8178. <https://doi.org/10.3390/su17188178>

International Energy Agency. (2025). Global Energy Review 2025. IEA. Erişim Adresi: <https://www.iea.org/reports/global-energy-review-2025> Erişim Tarihi: 5 Mayıs 2026.

Joof, F., ve Adaoglu, C. (2024). Financial development and environmental quality nexus: Testing the double materiality hypothesis. *Energy Sources, Part B:*

Economics, Planning, and Policy, 19(1), Article 2331507.
<https://doi.org/10.1080/15567249.2024.2331507>

Ma, X., ve Mao, Q. (2025). Can financial development promote renewable energy transition? An empirical research based on global panel data. *Sustainability*, 17, Article 9270. <https://doi.org/10.3390/su17209270>

OECD. (2020). Developing sustainable finance definitions and taxonomies. OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/134a2dbe-en>

OECD. (2024). Aligning finance with climate goals (OECD Net Zero+ Policy Papers No. 4). OECD Publishing. Erişim Adresi: https://www.oecd.org/en/publications/aligning-finance-with-climate-goals_aa7c23b2-en.html Erişim Tarihi: 5 Mayıs 2026.

Pesaran, M. H. (2004). General diagnostic tests for cross section dependence in panels (IZA Discussion Paper No. 1240). Institute for the Study of Labor. Erişim Adresi: <https://docs.iza.org/dp1240.pdf> Erişim Tarihi: 5 Mayıs 2026.

Pesaran, M. H. (2007). A simple panel unit root test in the presence of cross-section dependence. *Journal of Applied Econometrics*, 22(2), 265–312. <https://doi.org/10.1002/jae.951>

Pesaran, M. H., Shin, Y., ve Smith, R. P. (1999). Pooled mean group estimation of dynamic heterogeneous panels. *Journal of the American Statistical Association*, 94(446), 621–634. <https://doi.org/10.1080/01621459.1999.10474156>

Pirabi, M., Fu, C., Huang, Z., ve Lin, N. (2026). Financial institutions and CO₂ emissions in the G20: Fuel-specific and income-level insights. *International Review of Economics & Finance*, 106, Article 104992. <https://doi.org/10.1016/j.iref.2026.104992>

Prasetyo, A. B., Destiarsono, M. E., ve Firmansyah, F. (2025). The dynamic linkage between private credit, renewable energy, economic growth, and carbon emissions in Indonesia. *Journal of Sustainable Development of Energy, Water and Environment Systems*, 13(4), Article 1130610. <https://doi.org/10.13044/j.sdewes.d13.0610>

Rahman, M. H., ve Salimullah, A. H. M. (2026). Effect of economic growth, financial development, and renewable energy consumption on environmental pollution in ASEAN countries: What is the role of green finance and green energy? *World Development Sustainability*, 8, Article 100271. <https://doi.org/10.1016/j.wds.2026.100271>

Shanyazov, N., Rajabov, A., Masharipova, M., Rakhimova, S., Saidov, D., ve Babajanov, J. (2025). CO₂ emissions in G20 economies: A dynamic panel analysis of economic and energy-sector drivers. *Environmental Economics*, 16(3), 29–40. [https://doi.org/10.21511/ee.16\(3\).2025.03](https://doi.org/10.21511/ee.16(3).2025.03)

Sheraz, M., Deyi, X., Ahmed, J., Ullah, S., ve Ullah, A. (2021). Moderating the effect of globalization on financial development, energy consumption, human capital, and carbon emissions: Evidence from G20 countries. *Environmental Science and Pollution Research*, 28, 35126–35144. <https://doi.org/10.1007/s11356-021-13116-0>

Sun, Y., Zhao, F., ve Gao, L. (2025). Toward sustainable development: The nexus between financial development, renewable energy, and carbon emissions in China. *Frontiers in Environmental Science*, 13, Article 1594858. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2025.1594858>

Taher, H. (2024). The influence of renewable energy and financial development on testing the environmental Kuznets curve in Lebanon: ARDL approach. *Environmental Economics*, 15(2), 118–131. [https://doi.org/10.21511/ee.15\(2\).2024.09](https://doi.org/10.21511/ee.15(2).2024.09)

United Nations Environment Programme. (2023). Emissions Gap Report 2023: Broken record - temperatures hit new highs, yet world fails to cut emissions (again). UNEP. <https://doi.org/10.59117/20.500.11822/43922>

Ünlü, U., Yıldırım, F., Kuloğlu, A., Ersoy, E., ve Çetenak, E. H. (2022). Nexus between renewable energy, credit gap risk, financial development and R&D expenditure: Panel ARDL approach. *Sustainability*, 14, Article 16232. <https://doi.org/10.3390/su142316232>

Wang, X., Sarwar, B., Haseeb, M., Samour, A., Hossain, M. E., Kamal, M., ve Khan, M. F. (2023). Impact of banking development and renewable energy consumption on environmental sustainability in Germany: Novel findings using the bootstrap ARDL approach. *Heliyon*, 9, Article e20584. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e20584>

World Bank. (2026). World Development Indicators. Erişim Adresi: <https://databank.worldbank.org/source/world-development-indicators> Erişim Tarihi: 4 Mayıs 2026.

Wu, X., ve Gao, X. (2026). Impact of formal and informal finance on environmental sustainability in developing countries. *Scientific Reports*, 16, Article 14841. <https://doi.org/10.1038/s41598-026-44704-0>