

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/372186805>

YEŞİL BONOLARLA GELENEKSEL BONOLAR ARASINDAKİ DOĞRUSAL OLMAYAN KOMPLEKS BAĞIMLILIK İLİŞKİSİNİN COPULA–GARCH MODELLERİ İLE MODELLENMESİ

Conference Paper · February 2023

CITATIONS

0

2 authors:



Onder Buberoku

Yuzuncu Yil University

99 PUBLICATIONS 42 CITATIONS

SEE PROFILE



Kaan Yiğenoğlu

Yuzuncu Yil University

23 PUBLICATIONS 9 CITATIONS

SEE PROFILE

Some of the authors of this publication are also working on these related projects:



research article [View project](#)

YEŞİL BONOLARLA GELENEKSEL BONOLAR ARASINDAKİ DOĞRUSAL OLMAYAN KOMPLEKS BAĞIMLILIK İLİŞKİSİNİN COPULA-GARCH MODELLERİ İLE MODELLENMESİ

Doç. Dr. Önder BÜBERKÖKÜ

Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi

ORCID: [0000-0002-7140-557X](https://orcid.org/0000-0002-7140-557X)

Araş. Gör. Kaan YİĞENOĞLU

Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi

ORCID:0000-0002-1961-6601

ÖZET

Bu çalışmada 1 Şubat 2013 ile 7 Şubat 2023 dönemi için günlük veriler kullanılarak yeşil bonolar ile geleneksel bonolar arasındaki bağımlılık ilişkisi Eliptik kopula fonksiyonları Gaussian ve Student t) ile Arşimedyen kopula fonksiyonları (Frank, Gumbel ve Clayton) dikkate alınarak incelenmiştir. Yeşil bonolar ile geleneksel bonolar arasındaki bağımlılık ilişkisinin zamanla nasıl değiştiğinin belirlenebilmesi amacıyla da tüm dönem iki eşit alt döneme bölünmüştür. Çalışmada ayrıca Clayton ve Gumbel kopula fonksiyonları kapsamında asimetrik eşanlı ekstrem fiyat hareketleri arasındaki bağımlılık ilişkisi (asymmetric tail dependence) de incelenmiştir. Çalışma bulguları yeşil bonolarla geleneksel bonolar arasındaki pozitif bağımlılık derecesinin belirgin bir şekilde arttığı sonucuna işaret etmektedir. Ayrıca ham veriler (raw data) yerine copula-GARCH modellerinin kullanılmasının da daha doğru bir yaklaşım olabileceği anlaşılmaktadır. Son olarak da bulgular yeşil bonolarla geleneksel bonolar arasındaki hem aşağı (lower) hem de yukarı yönlü (upper) eşanlı ekstrem fiyat hareketleri arasındaki bağımlılık ilişkisinin de zamanla arttığı sonucuna işaret etmektedir. Dolayısıyla yeşil bonolardaki fiyat hareketleri ile geleneksel bonolardaki fiyat hareketlerinin giderek birbirine daha çok yakınsadığı ifade edilebilir. Çalışma bulgularının uluslararası yatırımcılar ve risk yöneticileri açısından uygulamaya dönük önemli sonuçlar içerdiği ifade edilebilir.

Anahtar kelimeler: Yeşil finans, Yeşil bono, Kopula modelleri

MODELING THE COMPLEX NONLINEAR DEPENDENCE STRUCTURE BETWEEN GREEN BONDS INDEX VALUE AND CONVENTIONAL BOND INDEX VALUE USING COPULA-GARCH MODELS

ABSTRACT

This study examines the nonlinear and complex dependence structures between green bond index values, represented by S&P green bond index, and conventional bond index values, represented by S&P 500 bond index value considering both average dependence and extreme tail dependence applying the elliptical copulas, including Gaussian copula and Student's -t copula as well as Archimedean copulas, consisting of the Clayton copula, Gumbel copula and Frank copula, covering the period from February 1, 2013 to February 7, 2023 using daily data. Besides in order to model the variation of dependence over time, between the green bond index value and conventional bond index value we also divide the whole sample into *two samples of equal size*. The results indicate that there is a significant increase in dependence between the the green bond index value and

conventional bond index value over time since in all cases the dependence parameters have higher values in second subsample compared to the first subsample. Further results reveal that employing the Copula-GARCH approach to model the dependence is a more suitable choice than using the raw return series. Lastly, findings also present evidence that there exists a significant increase both in the upper and lower tail dependence between the green bond index value and conventional bond index value. The findings provide important practical implications for international stock market investors and financial risk managers.

Keywords: Copula function, Dependence, Green bond, Conventional bond,

1. GİRİŞ

Dünya ekonomisinin üretim yapısı fosil enerji kaynaklarına dayanmaktadır. Küresel bazda üretim düzeyinin giderek artması ve bunun yarattığı ek enerji talebi de karbondioksit salınımının ve çevre kirliliğinin giderek daha da büyük bir soruna dönüşmesine yol açmaktadır. Henüz fosil yakıtları önemli derecede ikame edebilecek alternatif temiz enerji kaynaklarının bulunamaması da mevcut negatif gelişmelerin ve bunların yol açtığı ikincil sorunların etki alanlarının giderek genişlemesine sebep olmaktadır.

Böyle bir konjonktür de küresel ısınma, iklim değişikliği, kuraklık, gıda kıtlığı ve bunların yol açtığı göç gibi sorunların çözümüne dönük yaklaşımların gündemde daha da fazla yer aldığı görülmektedir. Bu tür tartışmaların odak noktasını ise çevre ile dost ve sürdürülebilir ekonomik büyümenin nasıl sağlanabileceği oluşturmaktadır. Bu dönüşümün sağlanabilmesinde yeşil finans uygulamalarının ve bunun doğal bir uzantısı olan yeşil bonoların oldukça önemli işlevleri olduğu ifade edilebilir. Yeşil bonoların temel işlevi çevre dostu yaklaşımlara dayalı olarak sürdürülebilir ekonomik büyümenin sağlanmasına dönük girişimlerin ve projelerin finanse edilmesidir (Bhutta vd., 2022).

Öneminden dolayı yeşil bonoların finansal analizi literatürde oldukça ilgi gören bir konudur. Örneğin Hung (2021) yeşil bono ile geleneksel varlık sınıfları arasındaki ilişkiyi incelediği çalışmada yeşil bonoların ve diğer varlıkların koşullu zamanla değişen bağımlılığa sahip olduğunu ve fakat bu bağımlılığın nispeten düşük olduğunu göstermektedir. Broadstock ve Cheng (2019) yeşil ve siyah bono arasındaki ilişkiyi inceledikleri çalışmalarında söz konusu iki bono arasındaki bağlantının finansal piyasa oynaklığındaki değişikliklere, ekonomik politika belirsizliğine; günlük ekonomik faaliyete, petrol fiyatlarına ve yeşil bonolara yönelik olumlu ve olumsuz haberlere duyarlı olduğunu saptamışlardır. Nguyen vd. (2021) yeşil bonolar ile aralarında geleneksel bonoların da olduğu diğer varlıklar arasındaki korelasyonun çoğunun 2007-2009 küresel finans krizi sonrasında ortaya çıktığına ve zirveye ulaştığına dair güçlü kanıtlar ortaya koymuşlardır.

Bu çalışmada yeşil bonolar ile geleneksel bonolar arasındaki kompleks, non-linear ve asimetric etkileşimin yapısı incelenmiştir. Bu yapılırken de farklı bağımlılık yapılarını dikkate alabilmek amacıyla da çalışmada hem Eliptik kopula fonksiyonlarına (Gaussian ve Student t) hem de Arşimedyen kopula fonksiyonlarına (Frank, Gumbel ve

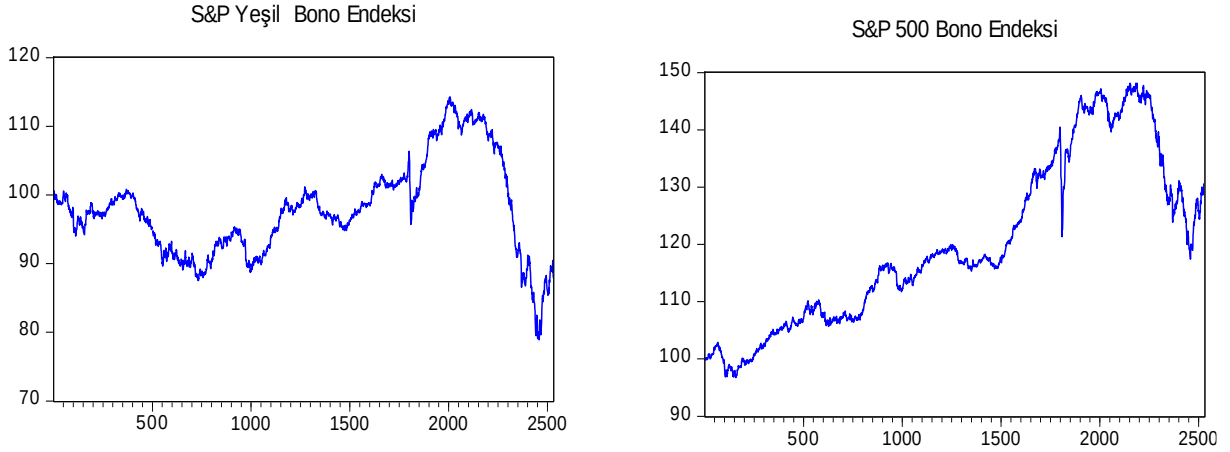
Clayton) yer verilmiştir. Ayrıca Gumbel ve Clayton kopula fonksiyonları yardımıyla yeşil bonolar ile geleneksel bonoların getiri serileri arasındaki eşanlı asimetrik ekstrem bağımlılık yapısı da (asymmetric tail dependence) incelenmiştir. Dahası, tüm bu analizler hem ham veriler (raw data) dikkate alınarak hem de finansal zaman serilerinin normal dağılmama ve volatilité kümelenmesi gibi karakteristik özellikleri dikkate alınarak kopula-GARCH modelleri ile de yapılmıştır. Son olarak da bu bağımlılık yapısının zamanla nasıl değiştiği konusunda fikir sahibi olabilmek amacıyla da tüm dönem iki eşit alt döneme ayrılarak incelenmiştir.

2. VERİ VE METODOLOJİ

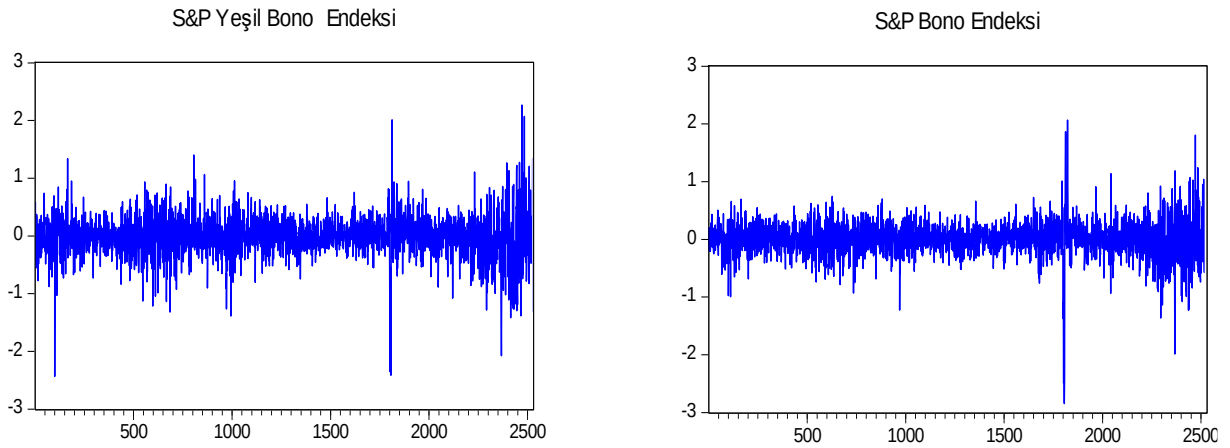
Bu çalışma 1 Şubat 2013 ile 7 Şubat 2023 dönemini kapsamakta ve günlük verilerden oluşmaktadır. Çalışmada yeşil bonolardaki fiyat hareketlerini temsilen S&P yeşil bono (Green Bond) endeksi verileri, geleneksel bonoları temsilen ise S&P 500 bono endeksi verileri kullanılmıştır. Tüm veriler <https://www.spglobal.com/spdji/en/indices/fixed-income/sp-500-bond-index/#data> web sitesinden temin edilmiştir. Yeşil bonolar ile geleneksel bonolar arasındaki bağımlılık ilişkisi Eliptik kopula fonksiyonları (Gaussian ve Student t) ile Arşimedyen kopula fonksiyonları (Frank, Gumbel ve Clayton) dikkate alınarak modellenmiştir. Kopula-GARCH yaklaşımında ise öncelikle her bir finansal değişkenin logaritmik getiri serilerinin marjinal dağılımı AR(p)-GARCH(1,1)-GED modeli ile modellenmiş ardından, bu modelin standardize edilmiş ve yaklaşık i.i.d. özelliğine sahip hata terimlerine ilgili kopula modelleri uygulanmıştır. Çalışmada öncelikle ilgili tüm kopula modellerinin yeşil bonolarla geleneksel bonolar arasındaki bağımlılık derecesine dönük bilgi veren parametreleri ençok olabilirlik yöntemi ile tahmin edilmiştir. Ardından tüm kopula modellerine dayalı olarak Kendall tau korelasyon katsayıları hesaplanmıştır. Daha sonra çalışmada Student t ve Gaussian kopula modellerine dayalı olarak Spearman rho korelasyon katsayıları da hesaplanmıştır. Fakat bu aşamaya kadar belirtilen bağımlılık ölçütleri daha çok normal piyasa koşullarındaki bağımlılık derecelerine odaklanmaktadır. Bu nedenle çalışmada Clayton ve Gumbel kopula fonksiyonlarına dayalı olarak yeşil bonolarla geleneksel bonoların getiri serileri arasındaki eşanlı asimetrik ekstrem bağımlılık yapısı da (asymmetric tail dependence) modellenmiştir.

3. BULGULAR

Çalışmada kullanılan değişkenlerin tüm döneme ilişkin endeks değerleri ile bu endeks değerlerine ait logaritmik getiri serilerinin genel seyri Şekil 1 ve 2’de sunulmuştur. Ayrıca hem tüm döneme hem de iki alt döneme ilişkin logaritmik getiri serilerine ait betimleyici istatistikler, birim kök testi sonuçları ile ARCH testi sonuçları da incelenmiştir. Her durumda ilgili logaritmik getiri serilerinin durağan olduğu, otokorelasyon ve değişen varyans sorunu içerdiği belirlenmiştir. Örnek teşkil etmesi amacıyla tüm döneme ilişkin bulgular Tablo 1’de yer almaktadır.



Şekil 1. Bono Endeks Değerlerinin Genel Seyri



Şekil 2. Bono Endekslerinin Logaritmik Getiri Serilerinin Genel Seyri

Tablo 1 incelendiğinde yeşil bonoların toplam riskin bir ölçütü olarak kullanılan standart sapma parametresinin geleneksel bonolardan daha yüksek olduğu anlaşılmaktadır. Fakat basıklık değerlerine bakıldığında geleneksel bonolarda ekstrem fiyat hareketlerinin yaşanma olasılığının yeşil bonolara göre daha fazla olduğu ifade edilebilir. ARCH testi ile Ljung-Box $Q(k)$ testi sonuçları da her iki bono endeksinin logaritmik getiri serilerinin değişen varyans ve otokorelasyon sorunu içerdiğini göstermektedir. Birim kök testi sonuçları her iki bono endeksinin logaritmik getiri serilerinin % 5 anlamlılık düzeyinde durağan olduğu sonucuna işaret etmektedir. Jarque-Bera testi sonuçları da her iki bono endeksinin logaritmik getiri serilerinin %5 anlamlılık düzeyinde standart normal dağılıma uymadığını göstermektedir. Bu bulgu da Pearson korelasyon katsayısının ilgili değişkenler arasındaki etkileşimi doğru bir şekilde ölçemeyeceği anlamına gelmektedir.

Tablo 1. Betimleyici İstatistikler, Birim Kök Ve Değişen Varyans Testi Sonuçları (Logaritmik Getiri Serileri, Tüm Dönem, %)

	S&P Yeşil Bono Endeksi	S&P 500 Bono Endeksi
Ortalama	-0.005004	0.009875
Standart sapma	0.363398	0.315174
Çarpıklık	-0.386131	-0.886046
Basıklık	8.142829	13.34686
ARCH (1)	146.1534*[0.0000]	734.869*[0.0000]
ARCH(2)	86.4497*[0.0000]	368.536*[0.0000]
ARCH (5)	53.6346*[0.0000]	197.239*[0.0000]
Q(1)	22.594*[0.0000]	54.360*[0.0000]
Q(2)	39.576*[0.0000]	68.362*[0.0000]
Q(5)	40.784*[0.000]	86.989*[0.0000]
ADF	-31.28883*[0.0000]	-24.7639*[0.0000]
PP	-45.8769*[0.0000]	-43.9549*[0.0000]
Jarque-Bera	2847.621*[0.0000]	11612.09*[0.0000]

*, %5 anlamlılık düzeyini ifade etmektedir. Köşeli parantez içerisindeki değerler olasılık değerleridir.

Tüm dönem için logaritmik getiri serileri dikkate alınarak uygulanan kopula modellerine ilişkin parametre tahmin sonuçları, Spearman rho korelasyon değerleri, Kendall tau korelasyon değerleri ile eşanlı asimetrik ekstrem bağımlılık parametrelerine ilişkin bulgular Tablo 2’de sunulmuştur.

Tablo 2. Tüm dönem sonuçları (Ham veriler)

Kopula modelleri	Model parametreleri	Kendall tau	Spearman rho	Asimetrik eşanlı ekstrem bağımlılık (Asymmetric tail dependence)
Student t	0.4819	0.3201	0.4647	
Gaussian	0.4888	0.3251	0.4715	
Clayton	0.8266	0.2924		(Lower tail) / 0.4323
Gumbel	1.4538	0.3121		(Upper tail) / 0.3891
Frank	3.2469	0.3284		

Bulgular incelendiğinde özellikle Gaussian kopula ile Student t kopula modellerinin parametreleri ile bu iki kopula modeline dayalı olarak hesaplanan Spearman rho korelasyon katsayılarının her iki bono endeksinin logaritmik getiri serileri arasında genel olarak ortalama düzeyde bir bağımlılık olduğu sonucuna işaret ettikleri anlaşılmaktadır. İnceleme kapsamındaki tüm kopula modellerine dayalı olarak hesaplanan Kendall tau korelasyon katsayısına bakıldığında da benzer sonuçlara ulaşılmaktadır. Son olarak aşağı (lower tail) ve yukarı yönlü (Upper tail) ekstrem fiyat hareketleri arasındaki eşanlı bağımlılığın derecesinin de düşük olmadığı ifade edilebilir.

Fakat kopula modellemelerinde finansal zaman serilerinin karakteristik özelliklerinin dikkate alınması ve i.i.d. özelliğine sahip serilere bu modellerin uygulanması daha etkin sonuçların elde edilmesine katkı sağlayabilmektedir. Bu nedenle her iki bono endeksinin logaritmik getiri serilerine AR(p)-GARCH(1,1)-GED modeli uygulanarak i.i.d. özelliğine sahip hata terimleri elde edilmiştir. AR(p)-GARCH(1,1)-GED modellerine ait parametre tahmin sonuçları Tablo 3'te, bu modellerin hata terimlerine uygulanan otokorelasyon ve değişen varyans testi sonuçları ise Tablo 4'te sunulmuştur. Bulgular incelendiğinde ARCH ve GARCH parametrelerinin her durumda pozitif çıktıkları ve istatistiki olarak anlamlı oldukları anlaşılmaktadır. Ayrıca hata terimlerinin de otokorelasyon ve değişen varyans sorunu içermediği (i.i.d. oldukları) anlaşılmaktadır. Bu bulgu da bu tür analizlerde ham getiri serileri yerine kopula-GARCH modellerinin kullanılmasının daha doğru bir yaklaşım olabileceği anlamına gelmektedir (Naem vd., 2020). Bu nedenle bu aşamadan sonra standardize edilmiş hata terimleri dikkate alınarak kopula analizleri yapılmıştır. Bu kapsamda elde edilen bulgular Tablo 4'te sunulmuştur.

Tablo 3. AR(p)-GARCH(1,1)-GED Model Tahmin Sonuçları (Marjinal dağılımların parametre tahmini)

	S&P Yeşil Bono Endeksi	S&P 500 Bono Endeksi
Getiri denklemi		
C	0.00643[0.2663]	0.02067*[0.0000]
AR(1)	0.03299**[0.0919]	0.01036[0.6061]
AR(2)	0.033867**[0.0804]	0.034068*[0.0949]
Varyans Denklemi		
C	0.000867*[0.0154]	0.001453*[0.0003]
ARCH	0.05083*[0.0000]	0.077297*[0.0000]
GARCH	0.943139*[0.0000]	0.906202*[0.0000]
GED	1.397847*[0.0000]	1.520043*[0.0000]
Q (3)	0.139	0.121
Q (4)	0.335	0.227
Q (5)	0.358	0.369
Q ² (1)	0.642	0.130
Q ² (2)	0.227	0.287
Q ² (5)	0.331	0.350

*, ** sırasıyla %5 ve %10 anlamlılık düzeyini ifade etmektedir. Köşeli parantez içerisindeki değerler olasılık değerleridir. Ljung-Box Q (k) ile Q² (k) için verilen değerler olasılık değerleridir.

Bulgular incelendiğinde her durumda Kopula-GARCH modelleri kapsamında elde edilen tüm katsayıların ham verilere dayalı analizlere göre daha düşük oldukları anlaşılmaktadır. Bu tür farklılıklar bu tür analizlerde daha uygun model yapılarının kullanılmasının önemini vurgulamaktadır. Ayrıca Gaussian kopula ile Student t kopula modellerinin parametreleri ile bu iki kopula modeline dayalı olarak hesaplanan Spearman rho korelasyon katsayıları yine her durumda her iki bono endeksinin logaritmik getiri serileri arasında genel olarak ortalama düzeyde bir bağımlılık olduğu sonucuna işaret etmektedirler. İnceleme kapsamındaki tüm kopula modellerine dayalı olarak hesaplanan Kendall tau korelasyon katsayıları da benzer bulgulara işaret etmektedir. Son olarak yine aşağı (Lower tail) ve yukarı yönlü (Upper tail) ekstrem fiyat hareketleri arasındaki eşanlı bağımlılığın çok da düşük olmadığı anlaşılmaktadır.

Tablo 4. Tüm dönem sonuçları (Kopula-GARCH)

Kopula modelleri	Model parametreleri	Kendall tau	Spearman rho	Asimetrik eşanlı ekstrem bağımlılık (Asymmetric tail dependence)
Student t	0.4634	0.3067	0.4465	
Gaussian	0.4425	0.2918	0.4261	
Clayton	0.6912	0.2568		(Lower tail) / 0.3668
Gumbel	1.3919	0.2816		(Upper tail) / 0.3546
Frank	3.0414	0.3108		

Çalışmanın bu aşamasında yeşil bonolarla geleneksel bonolar arasındaki bağımlılığın zamanla nasıl değiştiği konusunda bazı temel bulgulara ulaşabilmek amacıyla tüm dönem iki eşit alt döneme bölünmüş ve tüm analizler yinelenmiştir. Fakat bu aşamada hem yer kısıtı nedeniyle hem de sadelik sağlamak amacıyla sadece doğrudan çalışma kapsamında elde edilen nihai sonuçlar rapor edilip; bu sonuçlar yorumlanmıştır. Bu kapsamda 01.02.2013 ile 04.02.2018 arası dönem ilk dönemi; 05.02.2018 ile 07.02.2023 arası dönem ise ikinci dönemi temsil etmektedir.

Elde edilen sonuçlar Tablo 5’te sunulmuştur. Bulgular incelendiğinde her durumda ikinci döneme ait bulguların ilk döneme ait bulgulara göre hem normal dönemdeki bağımlılığın hem aşağı ve yukarı yönlü ekstrem fiyat hareketlerinin yaşandığı dönemdeki bağımlılığın daha yüksek olduğu sonucuna işaret ettiği anlaşılmaktadır. Örneğin kopula-GARCH model sonuçları kapsamında Gaussian ve Student t kopula modellerine dayalı Kendall tau korelasyon değerlerine bakıldığında ilk dönemde bu değerlerin sırasıyla 0.2575 ve 0.2703 olduğu, ikinci dönemde ise sırasıyla 0.3097 ve 0.3307 oldukları anlaşılmaktadır. Benzer şekilde Clayton ve Gumbel kopula modellerine bağlı olarak hesaplanan asimetrik eşanlı ekstrem bağımlılık değerlerine bakıldığında ilk dönemde bu

değerlerin sırasıyla 0.3150 ve 0.3182 oldukları ikinci dönemde ise sırasıyla 0.3995 ve 0.3796 değerlerini aldıkları görülmektedir.

Tablo 5. Alt Dönemlere İlişkin Sonuçlar

İlk dönem sonuçları				
Ham veriler	Model parametreleri	Kendall tau	Spearman rho	Asimetrik eşanlı ekstrem bağımlılık (Asymmetric tail dependence)
Student t	0.4148	0.2723	0.3990	
Gaussian	0.3947	0.2583	0.3794	
Clayton	0.6370	0.2416		Lower tail / 0.3368
Gumbel	1.3347	0.2508		Upper tail / 0.3191
Frank	2.6987	0.2804		
Kopula-GARCH Model sonuçları				
Student t	0.4120	0.2703	0.3962	
Gaussian	0.3936	0.2575	0.3783	
Clayton	0.6000	0.2308		Lower tail / 0.3150
Gumbel	1.3333	0.2500		Upper tail / 0.3182
Frank	2.6508	0.2760		
İkinci Dönem Sonuçları				
Ham veriler	Model parametreleri	Kendall tau	Spearman rho	Asimetrik eşanlı ekstrem bağımlılık (Asymmetric tail dependence)
Student t	0.5480	0.3693	0.5301	
Gaussian	0.5614	0.3795	0.5434	
Clayton	1.0296	0.3398		Lower tail / 0.5101
Gumbel	1.5832	0.3684		Upper tail / 0.4507
Frank	3.8843	0.3794		
Kopula-GARCH Model sonuçları				
Student t	0.4964	0.3307	0.4790	
Gaussian	0.4676	0.3097	0.4507	
Clayton	0.7555	0.2742		Lower tail / 0.3995
Gumbel	1.4361	0.3037		Upper tail / 0.3796
Frank	3.3212	0.3346		

4. SONUÇ

Finansal varlıklar arasındaki bağımlılık ilişkisinin doğru bir şekilde modellenenebilmesi portföy çeşitlendirmesi, piyasa riski analizi ve hedging işlemleri gibi birçok finansal analiz açısından oldukça önemlidir. Bu amaçla da hem literatürde hem de uygulamada Pearson korelasyon katsayısından yaygın bir şekilde yararlanılmaktadır. Fakat Pearson korelasyon katsayısı finansal varlıkların getiri serilerinin normal dağılıma uyduğu ve birbirleri ile doğrusal bir ilişki içerisinde oldukları durumlarda geçerlidir. Bu temel yaklaşımın finansal varlıkların getiri serileri arasındaki karmaşık bağımlılık yapısını etkin bir şekilde ortaya çıkarabilmesi oldukça zordur (Mokni ve Mansouri, 2017). Bu nedenle uygulamada ve literatürde kopula modelleri yeni bir yaklaşım olarak giderek artan oranda çeşitli finansal analizlerde kullanılmaktadır. Kopula modellerinin temel avantajı Pearson korelasyon katsayısının aksine normal dağılmayan seriler arasındaki doğrusal olmayan ve kompleks bağımlılık ilişkilerini etkin bir şekilde modelleyebilmeleri ve eşanlı ekstrem asimetrik bağımlılık katsayılarını sunabilmeleridir (Kayalar vd., 2017; Chollete vd., 2011). Bu kapsamda bu çalışmada 1 Şubat 2013 ile 7 Şubat 2023 dönemi için günlük veriler kullanılarak yeşil bonolar ile geleneksel bonolar arasındaki bağımlılık ilişkisi Eliptik kopula fonksiyonları Gaussian ve Student t) ile Arşimedyen kopula fonksiyonları (Frank, Gumbel ve Clayton) dikkate alınarak incelenmiştir. Çalışmada Clayton ve Gumbel kopula fonksiyonları kapsamında asimetrik eşanlı ekstrem fiyat hareketleri arasındaki bağımlılık ilişkisi (asymmetric tail dependence) de incelenmiştir. Çalışma bulguları hem normal piyasa koşullarının söz konusu olduğu dönemlerde hem de ekstrem finansal koşulların geçerli olduğu dönemlerde yeşil bonolardaki fiyat hareketleri ile geleneksel bonolardaki fiyat hareketlerinin giderek birbirine yakınsadığı bu nedenle de aralarındaki korelasyonun artışı sonucuna işaret etmektedir. Çalışma bulgularının yeşil bono yatırımcıları ve risk yöneticileri açısından değerli bilgiler içerdiği ifade edilebilir.

KAYNAKÇA

- Naem, M., Umar, Z., Ahmed, S. Ferrouhi, E.M. (2020). Dynamic dependence between ETFs and crude oil prices by using EGARCH-copula approach. *Physica A*, 557, 124885.
- Bhutta, U.S., Tarig A., Farrukh, M., Raza, A., Iqbal, M.K. (2022). Green bonds for sustainable development: Review of literature on development and impact of green bonds, *Technological Forecasting and Social Change*, 175, 121378.
- Broadstock, D. C., & Cheng, L. T. (2019). Time-varying relation between black and green bond price benchmarks: Macroeconomic determinants for the first decade. *Finance research letters*, 29, 17-22.
- Hung, N. T. (2021). Green bonds and asset classes: new evidence from time-varying copula and transfer entropy models. *Global Business Review*, 09721509211034095.
- Nguyen, T. T. H., Naeem, M. A., Balli, F., Balli, H. O., & Vo, X. V. (2021). Time-frequency comovement among green bonds, stocks, commodities, clean energy, and conventional bonds. *Finance Research Letters*, 40, 101739.
- Mokni, K. ve Mansouri, F. (2017). Conditional dependence between international stock markets: A long memory GARCH-copula model approach, *Journal of Multinational Financial Management*, 42-43, 116-131.
- Chollete, L., Pena, Victor de la, Lu, C.C. (2011). International diversification : A copula approach, *Journal of Banking & Finance*, 35, 403-417.
- Kayalar, D.E., Küçüközmen, C.C. ve Selcuk-Kestel, A.S. (2017). The impact of crude oil prices on financial market indicators: *Energy Economics*, 61, 162-173.