



*Araştırma Makalesi / Research Article*

## Hava Durumu Riskinin Yönetiminde İklim Türev Ürünleri: Avrupa Tipi Bir İklim Satım Opsiyonu Tasarımı ve Hedge Etkinliğinin Analizi\*

Bingül Satioğlu<sup>1</sup>, Erdinç Altay<sup>2</sup>

Öz

Hava durumu riski, tüm ekonomileri ve birçok sektörü etkilemekte olan önemli bir risk türüdür. Hava durumu riskinin bir alt çeşidi olan katastrofik hava risklerinden doğan zararlar, uzun süredir bu sektörde hizmet vermekte olan sigorta ve reasürans şirketleri tarafından yönetilmektedir. Ancak iklim değişikliğine bağlı etkiler tüm ekonomik sektörleri etkileyerek daha belirgin hale geldikçe, katastrofik olmayan hava durumu risklerinin yönetimi de giderek önem kazanmıştır. İklim türev ürünleri, şirketlerin katastrofik olmayan hava durumu riskine maruz kalmaları durumunda karşılaşılan kayıplara karşı bu şirketlerinin kendilerini hedge etmesi için esnek çözümler sunan finansal türev ürünlerdir. İklim türev ürünleri üzerine gerçekleştirilen birçok çalışma bu ürünlerin fiyatlandırılması sorununa değinirken, bu ürünlerin hedge etkinliği üzerine az sayıda çalışma bulunmaktadır. Bu nedenle bu çalışmanın temel amacı, bir iklim türev ürün sözleşmesi tasarlamak ve tasarlanan bu türev sözleşmenin hedge etkinliğini Türkiye tarım sektöründe analiz etmektir. Buna göre çalışmada geçmiş verilerden hareketle mısır verimi (kg/dekar) ve daha çok tarım alanında kullanılan kümülatif büyüyen günler derecesi arasındaki ilişki incelenmiş, ardından buna uygun olarak Avrupa tipi bir satım opsiyonu tasarlanarak Burn Analizi ile fiyatlandırılmış ve son olarak varyans metodu kullanılarak hedge etkinliği analiz edilmiştir. Çalışma sonucunda elde edilen bulgulara göre, iklim türev ürünü kullanılması durumunda mısır yetiştiriciliği yapan çiftçilerin gelir volatiliteleri olarak hesaplanan riskleri %14 ile %34 arasında düşüş göstermekte, mısır verimi ve dayanak varlığın arasındaki korelasyon arttıkça çiftçilerin gelir volatilitelerindeki düşüş artmaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** Hava Durumu Riski, İklim Türev Ürünleri, Hedging, Hedge Etkinliği.

## Weather Derivatives in Climate Risk Management: Designing A European Climate Put Option and Analysing the Hedge Effectiveness

Abstract

Weather risk is a significant type of risk that affects all economies and numerous industries. Damages arising from catastrophic weather risks, which is a subtype of weather risk, have long been managed by insurance and reinsurance companies that have been serving in this sector for a long time. However, as the impacts of climate change become more pronounced, affecting all economic sectors, the management of non-catastrophic weather risks has gained increasing importance. Climate derivatives are financial derivatives products that offer flexible solutions for companies to hedge against losses in the event of exposure to non-catastrophic weather risks. While many studies on climate derivative products address the pricing problem of them, there are few studies on the hedge effectiveness of these products. Therefore, the main purpose of this study is to design a climate derivative contract and to analyze the hedge effectiveness of this designed derivative contract in the Turkish agricultural sector. Accordingly, in the study, the relationship between corn yield (kg/decare) and the degree of cumulative growing days mostly used in agriculture was examined and then a European put option was designed and priced by implementing the Burn Analysis method. Finally, hedge effectiveness was analyzed using the variance method. According to the findings, the risks calculated as the income volatility of the farmers engaged in corn cultivation decrease between 14% and 34% in the case of using climate derivative products.

**Keywords:** Weather Risk, Weather Derivatives, Hedging, Hedge Effectiveness.

\* Bu çalışma, İstanbul Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Para, Sermaye Piyasası ve Finansal Kurumlar Yüksek Lisans programında Prof. Dr. Erdinç Altay danışmanlığında Bingül Satioğlu tarafından 16.12.2021 tarihinde savunularak tamamlanan "İklim Türev Ürünlerinin Hedge Etkinliğinin Analizi" başlıklı Yüksek Lisans tezinden türetilmiştir.

<sup>1</sup> Doktora Öğrencisi, Kadir Has Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, [bingulsatioglu@stu.khas.edu.tr](mailto:bingulsatioglu@stu.khas.edu.tr), <https://orcid.org/0000-0003-2107-7739>

<sup>2</sup> Sorumlu Yazar (Corresponding Author), Prof. Dr., İstanbul Üniversitesi, [eraltay@istanbul.edu.tr](mailto:eraltay@istanbul.edu.tr), <https://orcid.org/0000-0002-4461-3891>

**Atıf/Cite as:** Satioğlu, B., Altay, E. (2024). Hava Durumu Riskinin Yönetiminde İklim Türev Ürünleri: Avrupa Tipi Bir İklim Satım Opsiyonu Tasarımı ve Hedge Etkinliğinin Analizi. *Hacettepe Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 2024, 42 (1), 121-142.

## GİRİŞ

İnsanlığın var oluşunu devam ettirebilmesi için en önemli etmenlerden biri iklimin elverişliliğidir. Zira insanlık tarihi incelendiğinde iklimin elverişli olduğu zaman dilimleri içerisinde toplumsal hareketlilik, gelişme ve ilerlemelerin yaşandığı ancak iklim açısından elverişsiz dönemlere ise istikrarsızlıkların ve krizlerin hâkim olduğu görülmektedir (Gerste, 2017). İnsan yaşamında oldukça önemli etkiye sahip olan iklim ve hava durumunun ekonomi üzerindeki yansımaları da kaçınılmazdır. Hava durumundaki dalgalanmalarının öngörülemez bileşeni şeklinde tanımlanabilen hava durumu riski, makro ekonomik düzeyde olumsuz sonuçlara yol açabileceği gibi mikro düzeyde de birçok sektör ve işletme üzerinde olumsuz etkilere neden olabilmektedir.

Hava durumu riski, katastrofik ve katastrofik olmayan hava durumu riski olarak ikiye ayrılmaktadır. Katastrofik hava durumu riskleri sıklıkla karşılaşılmayan ancak karşılaşıldığı takdirde etki alanı yüksek olan hava durumu risklerini ifade etmektedir. Karşılaşılan bu riskler ise finansal sigortalama işlemi aracılığıyla bu konuda uzmanlaşarak hizmet vermekte olan sigorta ve reasürans şirketleri tarafından yönetilebilmektedir. Katastrofik olmayan hava durumu riski ise etki alanı düşük ancak gerçekleşme ihtimali yüksek olan hava durumu risklerini kapsamaktadır. Örneğin mevsimlerin bölgedeki ortalama sıcaklıktan daha soğuk ya da sıcak geçmesi, sektörlerin ürettiği ürünlerin talebini veya hizmeti olumsuz etkileyebilir. Bu durum ise o sektördeki işletmelerin kârlılıklarında önemli değişimler ortaya çıkarabilir. İşletmelerin faaliyetlerini olağan seyrinde sürdürürken maruz kaldığı katastrofik olmayan hava durumu riskleri ise diğer finansal türev ürünlere kıyasla daha yeni bir türev ürün türü sayılabilecek iklim türevleri ile yönetilebilmektedir.

İklim türev ürünleri, genel bir ifadeyle, maruz kalınan ya da kalınması beklenen olumsuz hava durumu riskini hedge etmek için kullanılan finansal türev ürünleri kapsamaktadır (Egi vd., 2006). Bu finansal ürünler, belirlenen bir hava durumu göstergesi üzerine düzenlenmekte ve ödemesi de bu hava durumu göstergesinin seyrine bağlı olarak gerçekleşmektedir (Connors, 2003).

Enerji sektöründe faaliyet gösteren şirketlerin hava durumu koşullarına karşı daha hassas olduğu bu nedenle de iklim türev ürünlerinin ilk olarak bu sektörde faaliyet gösteren şirketler tarafından kullanıldığı bilinmektedir (Tindall, 2006). Öte yandan başta tarım olmak üzere inşaat, turizm ve perakende sektöründe faaliyet gösteren şirketler de hava durumuna karşı son derece hassastır (Alzarrad vd., 2017; Chen ve Chang, 2005; Murray vd., 2010; United Nations Environmental Programme [UNEP], 2008 ve United Nations World Tourism Organization [UNWTO], 2008). Son kullanıcılar olarak adlandırılan iklim türev ürünü kullanıcılarının ise başlıca bu sektörlerde faaliyet gösterdiği görülmektedir.

Ülkelerin ekonomisinde ve kalkınma hikayelerinde stratejik bir öneme sahip olan tarım sektöründe, yetiştirilen mahsulün kalitesi ve miktarı olumsuz hava koşullarından doğrudan etkilenebilir (Kadioğlu vd., 1999). Özellikle gelişmekte olan ülkelerde olumsuz hava koşulları tarım sektörünü doğrudan etkileyebilir (Stoppa ve Hess, 2003). Gelişmekte ülke kategorisinde yer alan Türkiye’de ise tarım sektörü, ülke gayri safi milli hasılasının %4.3’ünü (Tarım ve Orman Bakanlığı, 2021) ve istihdamının da %17’sini (Türkiye İstatistik Kurumu [TÜİK]) oluşturmaktadır. Bu nedenle bu çalışma, iklim türev ürün kullanımını tarım sektörü açısından ele almaktadır. Buradan hareketle çalışmanın amacı, Türkiye’de oluşturulabilecek iklim türev ürün sözleşmelerinin tarım sektöründe faaliyet gösteren üreticiler için ne derece etkin bir risk yönetim

aracı olduğunun ortaya konulmasıdır. Bunun için sıcaklık endeksi baz alarak satım opsiyonu şeklinde bir iklim türev ürünü tasarlanmış ve bu opsiyonunun hedge etkinliğini analiz edilmiştir. Böylelikle iklim türev ürününün kullanımının çiftçilerin gelirindeki volatilitiyi azaltarak yeni bir risk yönetim aracı olarak kullanılabilirliği araştırılmaktadır.

Bu çalışma diğer çalışmalardan farklı olarak yalnızca iklim türev ürünlerinin fiyatlanmasına odaklanmamış, hedge etkinliği de araştırılmıştır. Bu yönüyle bildiğimiz kadarıyla Türkiye üzerine bir ilk olan bu çalışma, tarım sektörü örneği üzerinden iklim türev ürünlerinin geliştirilmesi ve hedge etkinliğinin değerlendirilmesi konusunda finans literatürüne katkı yapmaktadır.

Mısır üretimi Türkiye tarım sektöründe önemli bir paya sahiptir. Mısır, ayrıca birçok sektörde ana ve yan ürün olarak kullanılmaktadır. Buna istinaden çalışma kapsamında incelenecek zirai ürününün mısır olmasına karar kılınmıştır. Bu nedenle mısır üretiminde öncü konumda bulunan Adana, Osmaniye ve Mersin illerinin 2004-2020 yılları arasındaki mısır verimleri (kilogram/dekar) ve bu illerdeki mısır yetiştirme dönemi olan Nisan-Ağustos aylarındaki hava sıcaklıklarına dayalı bir iklim opsiyon sözleşmesi tasarlanmıştır. Bu nedenle çalışmada söz konusu illerin 2004-2020 yılları arasındaki mısır verimleri (kilogram/dekar) ile büyüyen günler derecesinden türetilen kümülatif büyüyen günler derecesi arasındaki ilişki incelenmiştir. Hedging stratejisi ise Avrupa tipi iklim satım opsiyonunda uzun pozisyon alınması olarak belirlenmiş ve buna uygun olarak tasarlanan opsiyonun primi Burn Analizi kullanılarak hesaplanmıştır. İklım opsiyon primlerinin hesaplanmasında literatürde sıklıkla tercih edilen Burn Analizi'nin diğer yöntemlere göre, uygulamada kolaylık sağlaması ve daha isabetli sonuçlar vermesi çalışmada bu yöntemin tercih edilmesinin temel nedenidir. Çalışmada yer alan her üç il için ayrı ayrı tasarlanan iklim satım opsiyonu sözleşmelerinin hedge etkinlikleri varyans metodu ile analiz edilmiştir. Çalışmanın sonucunda iklim türev ürünü kullanımı ile gelirdeki volatilitenin %14 ila %34.07 oranında azaltılabileceği görülmüştür.

Çalışmanın bundan sonraki kısmında iklim türevleri kısaca açıklandıktan sonra ikinci bölümde iklim türev ürünlerinin bağlı olduğu başlıca endeksler açıklanmıştır. Üçüncü bölümde literatür özetlendikten sonra, dördüncü bölümde bu çalışmada oluşturulan opsiyon sözleşmesinin tasarım süreci açıklanmış, beşinci bölümde ise hedge etkinliği analiz edilmiştir. Çalışmanın altıncı bölümünde bulgular özetlendikten sonra son bölümde çalışmada elde edilen sonuçlar sunulmuştur.

## 1. İKLİM TÜREV ÜRÜNLERİ

Hava durumu riski, işletme faaliyetlerini olumsuz yönde etkileyen hava durumu dalgalanmalarının öngörülemeyen bileşimi olarak tanımlanarak (Bank ve Wiesner, 2011; Campbell ve Diebold, 2005) katastrofik ve katastrofik olmayan hava durumu riskleri olarak ikiye ayrılmaktadır. Katastrofik riskler; kuraklık, hortum, sel ve taşkın gibi gerçekte ihtimali düşük ancak gerçekte taktirde etkisi yüksek olan riskleri kapsamaktadır. Katastrofik olmayan hava durumu riskleri ise işletmelerin maruz kaldıkları ortalamadan sıcak geçen kış mevsimi, ortalamadan soğuk geçen yaz mevsimi, beklenilenden az veya çok yağış, nem ve rüzgar gibi olumsuz hava koşullarını kapsamaktadır (Clemmons, 2002). Uzun süredir kullanılmakta olan finansal sigortalama işlemleri ile katastrofik hava durumu risklerinden doğan zararlar hedge edilebilmektedir. İşletmelerin, gelir ve giderlerinde doğrudan ve dolaylı etkisi olan katastrofik olmayan hava durumu risklerinin yönetimi ise iklim türev ürünleri ile gerçekleştirilebilmektedir (Pres, 2009).

İklim türev ürünleri, işletmelerin maruz kaldığı olumsuz hava koşulu kaynaklı hava durumu risklerini hedge etmek için kullandıkları finansal türev ürünlerdir (Egi vd., 2006). Başka bir ifade ile iklim türev ürünleri genellikle bir hava istasyonundan meteorolojik veriler baz alınarak oluşturulmuş hava koşulları üzerine düzenlenen ve ödemesi yine bu hava koşuluna bağlı gerçekleşen türev üründür (Connors, 2003; Prabakaran ve Singh, 2017). İklim türev ürünlerinin hava durumu riskine karşı koruma sağlaması sebebiyle işletmeler bu türev ürünleri risk yönetim stratejilerinin bir parçası olarak kullanabilmektedirler (Salgueiro ve Rodon, 2020).

Geleneksel finansal türev ürünlerin dayanak varlıkları arasında emtia, faiz oranı, döviz kuru ve hisse senedi gibi fiziksel ya da finansal ürünler yer almaktadır. Ancak iklim türev ürünlerinin dayanak varlığını oluşturan değişkenler arasında sıcaklık ve sıcaklıktan türetilen ısıtma günleri derecesi (HDD), soğutma günleri derecesi (CDD) endeksleri, yağmur veya kar yağışı miktarı, nem, rüzgarın esme hızı, atmosfer basıncı ve günlük güneşlenme süresi vb. hava durumu olayları yer almaktadır (Pardo vd., 2002; Pryke, 2007). Türev ürünlere dayanak oluşturan bu endeksler, bağımsız ve resmi yetkililerce onaylanmış hava istasyonundan alınmış meteorolojik verilere dayanmaktadır (van Asseldonk, 2003). Bu türev ürün sözleşmeleri, çoğunlukla bir meteoroloji istasyonu baz alınarak gerçekleştirilse de bazı durumlarda iki istasyon arasındaki fark baz alınarak oluşturulan iklim türev ürün sözleşmeleri bulunmaktadır (Mitu, 2008).

İklim türev ürünlerinin sağladığı avantajlar arasında firmaların nakit akımı ve kazançlarını istikrarlı hale getirmek, hava durumu olaylarına bağlı riski azaltmak, işletmenin öngörülebilir nakit akışını sürdürülebilir kılmak ve işletme bilançosunu güçlendirmek yer almaktadır. Böylelikle işletme, iklim türev ürünü ile hava durumu risklerini yöneterek; esas faaliyet alanına daha fazla yönelebilecektir (CME Group, 2009). Diğer yandan iklim türev ürünlerinin diğer finansal ürünlerle arasındaki korelasyonun zayıf veya 0 olması bu türev ürünlerin yatırımcılar tarafından portföy çeşitlendirilmesinde kullanılmasına da olanak sağlamaktadır (Yang vd., 2011).

Enerji şirketlerinin hava durumu değişimlerine karşı daha hassas olması, iklim türev ürünlerinin Amerika Birleşik Devletleri (ABD) merkezli olarak bu sektörde ortaya çıkmasına neden olmuştur. Enerji sektöründe faaliyet gösteren Enron şirketi ise iklim türev ürününü geliştiren ilk şirkettir. Şirket, 1996 yılında boru hatları üzerine bir araştırma gerçekleştirilmiş ve sonuçta kışın daha az gazın pompalandığını bulmuştur. Bu durumun ise şirket kârını düşürdüğü saptanmıştır. Sigorta şirketlerinin bu riski hedge etmek için yüksek primler istemesinin de etkisiyle şirket, yeni bir ürün geliştirme üzerine çalışmış ve sıcaklık endeksine dayalı iklim türevi üzerinde mutabakata varılmıştır. Diğer enerji şirketlerinin de hava durumu risklerini minimize etmek istemesi üzerine iklim türev ürün piyasası enerji sektöründen başlayarak gelişme yaşamıştır (Randalls, 2006).

Türkiye’de iklim türev ürününü kullanan ilk firma ise Bursa Gaz olmuştur. Bursa’da Kasım 2004 – Nisan 2005 kış döneminde sıcaklıklar mevsim normallerinin üzerinde seyretmiştir. Bu durum sonucunda gaz talebinde düşüş yaşanmış; dolayısıyla şirketin gelirlerinde önemli bir azalma meydana gelmiştir. Şirket, iklim opsiyonu üzerine araştırma yapmış ve neticede Swiss Re ile anlaşma gerçekleştirilmiştir. Buna göre taraflar arasında Aralık 2005 – Nisan 2006 vadeli iklim satım opsiyonlu bir türev ürün sözleşmesi oluşturulmuştur. Ancak opsiyon sözleşmesinde belirlenmiş olan 9°C sıcaklık düzeyine ulaşılmadığı için opsiyon işleme konulmamıştır (Sarioğuz, 2007).

İklim türev ürünlerinde en sık kullanılan dayanak varlığın hava sıcaklığı olduğu bilinmektedir. İklim türev ürün sözleşmeleri doğrudan doğruya sıcaklığa bağlı olmakla beraber

ortalama sıcaklık derecesinin, referans sıcaklık derecesinden sapması ile ortaya çıkan ısıtma günleri derecesi (HDD) veya soğutma günleri derecesi (CDD) de dayanak varlık olarak sıklıkla kullanılmaktadır. Belirli bir zaman aralığını kapsayan kümülatif HDD/CDD ve kümülatif ortalama HDD/CDD endeksleri de sıcaklığa dayalı iklim türev sözleşmeleri arasında yer almaktadır. Öte yandan yağmur miktarına, kar miktarına, güneşli geçen gün sayısına, rüzgar şiddetine, sise, kasırgaya ve neme bağlı sözleşmeler de bulunmaktadır.

## 2. İKLİM TÜREV ÜRÜNLERİNİN BAĞLI OLDUĞU BAŞLICA ENDEKSLER

Hava sıcaklığına bağlı iklim türev ürün sözleşmeleri, diğer dayanak varlıklı türev ürün sözleşmelerine kıyasla piyasada daha yaygın olarak kullanılmaktadır. Başta enerji sektörü olmak üzere diğer sektörlerin gelirlerinde sıcaklığın doğrudan bir etken olması, bu sözleşmelerin piyasada sıklıkla tercih edilmesinin nedenini açıklamaktadır. Öte yandan sis, don ve dolu gibi hava olayları bazı sektörlerin faaliyetlerini daha çok etkilese de bu hava durumu risklerinin getireceği kayıplar, sıcaklık sözleşmeleriyle minimize edilebilmektedir. Bunların dışında, sıcaklığa dayalı sözleşmelerin sıcaklık değişimlerinden kaynaklanan her türlü riske karşı piyasa katılımcılarının ihtiyaçlarını karşılayarak diğer dayanak varlıklı sözleşmelere kıyasla daha geniş çerçeveye çizmesi de sıcaklığa bağlı türev ürünlerin sıklıkla tercih edilmesini açıklamaktadır (Zong, 2015).

Sıcaklık dereceleri saatlik ve günlük maksimum/minimum olarak ifade edilebileceği gibi günlük ortalama değer olarak da ifade edilmektedir. Günlük ortalama sıcaklık derecesi aşağıda gösterildiği gibi hesaplanmaktadır (Alaton vd., 2002):

$$T_i = \frac{T_i^{max} + T_i^{min}}{2} \quad (1)$$

denklemden yer alan  $T_i$ ,  $i$  günündeki ortalama sıcaklık derecesi;  $T_i^{max}$  ve  $T_i^{min}$  ise  $i$  gününde belirli bir istasyondan ölçülmüş sırasıyla maksimum ve minimum hava sıcaklık derecelerini göstermektedir.

Birçok ülkede günlük ortalama sıcaklık gün içinde gerçekleşen maksimum ve minimum değerlerin ortalaması alınarak hesaplanmaktadır. Ancak bazı ülkelerde uygulama farklılıklarının da olduğu bilinmektedir. Buna göre, günde ikiden fazla sıcaklık değerinin ağırlıklı ortalaması baz alınarak da günlük ortalama sıcaklık derecesi hesaplanması gerçekleştirilmektedir (Jewson ve Brix, 2005).

HDD veya CDD ise günlük ortalama sıcaklığın belirlenen referans değerinden sapma durumunu göstermektedir (Mraoua ve Bari, 2007). HDD, ortalama günlük sıcaklık derecesinin baz alınan referans değerinin altında seyrettiği durumda oluşmaktadır. Buna karşın CDD, ortalama günlük sıcaklık derecesi referans değerinin üstünde gerçekleştiğinde ortaya çıkmaktadır. Derece cinsinden referans değerinden her birim uzaklaşmada HDD değerinde artış yaşanacaktır. Bu durum havanın daha soğuk olacağını ve ısınmak için gerekli enerji miktarında artış yaşanacağını göstermektedir. Diğer yandan yüksek CDD ise yüksek sıcaklık anlamına gelmekte ve soğutma ihtiyacı için enerji kullanılmasını gerektirmektedir (Kosmala, 2020).

HDD genellikle kasım ve mart ayları arasında kışın kullanılmaktadır. CDD sezonu mayıs ve eylül aylarını kapsamaktadır. Nisan ve ekim ayları ise geçiş ayları olarak adlandırılmaktadır (Cao ve Wei, 2004). Uygulamada, riskin etkin bir şekilde yönetimi esas alındığı için aylarda ve endekslerde çeşitli farklılıklara ve kombinasyonlara gidilmesi söz konusudur (Zong, 2015).

Bir gün içinde yalnızca CDD veya HDD hesaplanabilmekte bir başka deyişle iki değer aynı anda ortaya çıkmamaktadır. Bunun yanında HDD veya CDD fark etmeksizin ortalama günlük sıcaklık derecesi referans değerine eşit olduğunda değerler 0'a eşitlenmektedir. Ancak HDD veya CDD negatif bir değer alamamaktadır (Jewson ve Brix, 2005). HDD ve CDD aşağıdaki gibi hesaplanmaktadır: (Alaton vd., 2002, s.4):

$$HDD_i = \max[(T_{ref} - T_i), 0] \quad (2)$$

$$CDD_i = \max[(T_i - T_{ref}), 0] \quad (3)$$

yukarıdaki denklemlerde  $HDD_i$ ,  $i$  günündeki ısıtma günleri derecesi ve  $CDD_i$  ise  $i$  günündeki soğutma günleri derecesi olmak üzere  $T_{ref}$ , baz alınan sıcaklık referans değerini ve  $T_i$  ise günlük ortalama sıcaklığı göstermektedir.

Sıcaklık değerleri ABD'de Fahrenheit (°F) cinsinden ölçülmektedir ve referans değer, 65 °F (18.33 °C) olarak belirlenmiştir. ABD'nin bazı sıcak iklim bölgelerinde bu referans değerinin 75 °F olarak belirlendiği de görülmektedir. Diğer ülkelerde sıcaklık değerleri genellikle Celcius (°C) cinsinden ölçülmektedir ve referans değer, 18 °C (64.4 °F)'dir (Ghiulnara ve Viegas, 2010; Jewson ve Brix, 2005). Referans değerinin 65 °F olması, elektrik dağıtımını gerçekleştiren şirketlerin elektrik fırını açmak için baz aldığı referans derece olmasından ileri gelmiştir ancak günümüzde bu kullanım modern gereksinime uyarlanmıştır. Buna göre referans değeri, iç ortam sıcaklığının korunması için gerekli olan enerji tüketim tahmininin gerçekleştirilmesine yönelik olmaktadır. Oda sıcaklığının 65 °F altında gerçekleştiği her bir derece için odayı ısıtmak için kaloriferler yanmalı ve bu da daha fazla enerji kullanımı gerektiği anlamına gelmektedir. Öte yandan 65 °F üstünde gerçekleşen her bir derece ise odanın soğukluğunun korunması için klimaların çalıştırılmasını gerektirmekte ve dolayısıyla daha fazla enerji ihtiyacı ortaya çıkmaktadır (Cao vd., 2003).

Enerji derecesi günleri (EDD) de HDD ve CDD değerlerinin yerine kullanılabilir. EDD, oluşan HDD ve CDD değerlerinin toplamı olarak ifade edilmekte ve sıcaklık riskinin sadece mevsimsel bazda değil tüm yıl olarak ölçülmesini sağlamaktadır. Bu nedenle EDD'yi genellikle hem yazın hem de kışın olumsuz hava şartlarından etkilenmekte olan şirketler kullanmaktadır (Blom, 2009, s.28). EDD değerinin hesaplanması aşağıdaki şekilde formülize edilebilir:

$$EDD_t = [HDD_i + CDD_i] \quad (4)$$

$EDD_t$ , belirli bir zaman diliminde oluşan enerji günlerini temsil etmek üzere; bu değer bu zaman diliminde oluşan günlük HDD ve günlük CDD değerlerinin toplanmasıyla hesaplanmaktadır.

Bitkiler çimlenmek, tohumdan meyveye geçmek veya olgunlaşmak için belirli bir sıcaklık derecesine ihtiyaç duymaktadırlar. Bu nedenle tarım alanında daha çok büyüyen günler derecesi (growing degree days- GDD) tercih edilmektedir. GDD için baz alınan referans değeri genellikle 10 °C'dir. Buna göre büyüyen günler derecesi aşağıdaki şekilde hesaplanmaktadır (Turvey, 2001):

$$GDD_i = \max[(T_i - 10 °C), 0] \quad (5)$$

$GDD_i$  gün içerisinde oluşan büyüyen günler derecesi ve  $T_i$  ise gün içinde gerçekleşen ortalama sıcaklık derecesidir.

Sıcaklığa bağlı iklim türev ürünleri genellikle belirli bir takvim ayını ya da yaz veya kış mevsimini kapsamaktadır. Bu nedenle belirli bir dönem boyunca HDD ve CDD değerlerinin

kümülatif toplamlarını ifade eden derece günleri endeksi üzerine yazılmış kümülatif HDD veya kümülatif CDD endeksleri de dayanak varlık olarak piyasada sıklıkla kullanılmaktadır. Kümülatif HDD veya kümülatif CDD endeksleri aşağıda gösterildiği gibi hesaplanmaktadır (Alaton vd., 2002):

$$H_n = \sum_{i=1}^n HDD_i \quad (6)$$

$$C_n = \sum_{i=1}^n CDD_i \quad (7)$$

denklemlerde yer alan  $n$  gün sayısını;  $H_n$  ve  $C_n$  ise sırasıyla  $n$  günde gerçekleşen kümülatif HDD ve CDD endekslerini göstermektedir.

Bir diğer dayanak varlık olan yağış endeksi ise sıcaklıktan sonra iklim türev ürünlerinde en sık kullanılan endekstir. Ancak iklim türev ürünlerinin genellikle enerji şirketleri tarafından tercih ediliyor oluşu hava sıcaklığının dayanak varlık olarak yağış endeksinden daha çok kullanılmasına neden olmaktadır. Diğer yandan yağış miktarını ölçen hava istasyonlarının birbirlerine yakın olması durumunda dâhi farklı değerler vermesi yağış endeksine bağlı modellerin sıcaklığa bağlı modellere kıyasla daha net olmayan sonuçlar vermesine yol açmaktadır. Ancak hidroelektriğe bağlı elektrik üretiminin artış göstermesi, dezavantajlarına rağmen yağış endeksinin iklim türev sözleşmelerinde dayanak varlık olarak tercih edilme sıklığını artırmıştır. Bu nedene bağlı olarak, yağış endeksi dayanak varlıklı iklim türev ürünlerinin özellikle Batı Amerika ve İskandinavya'da sıklıkla tercih edildiği görülmektedir (Banks, 2004; Tindall, 2006).

Yenilenebilir enerji sektöründeki hızlı ilerleme yatırımcıların rüzgar çiftliklerine daha fazla yatırım yapmasına neden olmuştur. Rüzgar enerjisine bağlı elektrik üreten şirketler, rüzgarın şiddetinin beklenilenden az olması durumunda gelir kaybı ile karşılaşmakta ve yaptıkları başlangıç sermayelerini telafi etmede zorluklar yaşamaktadır. Bu nedenle rüzgar enerjisine bağlı elektrik üreten firmalar, rüzgarın esme hızını dayanak varlık alan iklim türev ürünlerini kullanarak kendilerini hedge edebilirler (Banks, 2004). Ayrıca elektrik üretiminde güneş enerjisinin payının gitgide artması bu sektörde faaliyet gösteren şirketlerin iklim türev ürünlerini kullanmasını sağlamıştır (Boyle vd., 2021).

### 3. LİTERATÜR

İklim türev ürünleri ile ilgili literatür incelendiğinde, bu türev ürünlerinin fiyatlandırılması ile karşılaştırıldığında hedge etkinliğine yönelik çalışmaların sayısının daha az olduğu görülmektedir. Bu çalışmalar arasında yer alan Spaulding vd. (2010)'nin Romanya üzerine yaptıkları araştırma, buğday ve mısır üretiminde yağmur yağış miktarına dayalı satım opsiyonunun hedge etkinliğini incelemiştir. Çalışma sonucunda bu türev ürün kullanımının, değişkenliği %39 oranında azalttığı sonucuna varılmıştır. Vedenov ve Barnett (2004) ise ABD'deki iki bölgede mısır, soya fasulyesi ve pamuk üretiminde iklim türev ürünlerinin etkinliğini incelemiştir. Elde edilen bulgulara göre hava durumu riskinin özellikleri nedeniyle iklim türev ürünleri tasarımının, her ürün ve her coğrafi bölge için özelleştirilmesi gerektiği vurgulanmıştır. Türev ürün uygulamasının ise %16.6 ile %77.1 arasında değişen oranda yarı-varyansı azalttığı ortaya konulmuştur. Çalışmada yağmur yağış miktarı üzerine yazılan satım opsiyonu ile hava sıcaklık endeksi üzerine alım opsiyonu tasarlanmıştır. Sonuçta iklim türev ürünleri uygulamasının dayanak varlık olan altta yatan endeksten bağımsız olarak daha düşük bir yarı varyansla sonuçlandığını göstermiştir. Ayrıca mısır üretimindeki hava durumu riski ile mücadelede sıcaklık üzerine tasarlanan opsiyonunun yağış endeksi üzerine tasarlanan opsiyondan daha etkili olduğu görülmüştür. Berg vd.(2006) ise patates üretiminden kaynaklanan riskin sıcaklık ve yağışa dayalı

iklim türevleriyle hedge etkinliğini araştırmış ve bu ürünler üzerine yazılan satım opsiyonlarının kullanılması durumunda riskin önemi ölçüde azaltılabileceğini göstermiştir. Woodard and Garcia (2008) ise ABD piyasasında mısır fiyatlarından kaynaklanan riskin incelendiği çalışmada hava sıcaklığı ve yağmur yağışı endeksleri dayanak varlıklı iklim türev ürünlerinin ortalama karekük kaybını %10.80 ile %46.45 arasında azalttığını göstermiştir. Bu konuda yapılan çalışmalardan bir diğer de Torriani vd. (2008)'nin İsviçre'deki mısır üretiminde yağmur yağışı satım opsiyonunun hedge etkinliğini incelenmesidir. Riske maruz değerin bir risk ölçüsü olarak kullanıldığı çalışmada iklim türev ürün uygulamasının olumsuz hava nedeniyle oluşan olası maksimum kaybı azalttığı sonucuna ulaşılmış, iklim değişikliğinin belirgin etkileri nedeniyle iklim türev ürünleri uygulamasının gelecekte daha etkili olacağı ileri sürülmüştür. Fransa'da şaraplık üzüm üretimi üzerine iklim türev ürünlerinin etkinliğini inceleyen Zara (2010) ise opsiyon stratejisini strangle, dayanak varlığı ise hidrotermal endeks olarak belirlemiş ve opsiyonunun hedge etkinliğini analiz etmiştir. Sonuçlar, opsiyon kullanımının üzüm üretimindeki ekonomik değerin değişkenliğini düşürdüğünü göstermiştir. Bir başka çalışmada, Marković and Jovanovic (2011) Almanya'daki kış buğdayı üzerine analiz gerçekteştirerek dayanak varlık olarak yağmur yağışını, opsiyon stratejisi olarak ise satım opsiyonunu incelemişlerdir. Elde edilen sonuçlar, iklim türev ürünü kullanmanın değişkenliği %40.42 oranında azalttığını göstermiştir.

#### **4. İKLİM TÜREV ÜRÜNÜ TASARIMI**

##### **4.1. Yöntem**

Çalışmanın bu kısmında iklim türev ürünlerinin risk azaltımı konusundaki etkinliliğinin araştırılması için sıcaklık baz alınarak bir iklim türev ürünü tasarlanmış ve hedge etkinliği değerlendirilmek için bir zirai ürün belirlenmiştir. Böylelikle söz konusu zirai ürünü üretenlerin hava durumundaki değişimler nedeniyle ortaya çıkacak gelir dalgalanmalarını, tasarlanan türev ürünün ne derecede ortadan kaldırılabildiği analiz edilebilecektir.

Çalışmada kullanılacak olan zirai ürün, mısır olarak belirlenmiştir. Geniş bir kullanım alanı bulunan mısır, dünyada ekim alanı bakımından buğday ve çeltikten sonra üçüncü sırada, üretim miktarı açasından ise ilk sırada yer alan bir zirai üründür. Türkiye'de ise mısır, tahıl grupları içerisinde buğday ve arpadan sonra en geniş ekim alanına sahip tahıl ürünü olarak karşımıza çıkmaktadır. Mısırın ekim alanları çeşitlilik göstermektedir. Mısır bitkisinin sap ve yaprakları hayvan yemi olarak kullanılabileceği gibi kağıt ve hasır yapımı işlerinde de ana ürün olarak tercih edilebilmektedir. Ayrıca, yağ ve tatlandırıcı üretiminde de mısırdan yararlanılmaktadır. Son yıllarda ise biyoyakıt-biyoetanol üretiminde de mısır kullanımı yaygındır (Türk Mühendis ve Mimarlar Odası Birliği Ziraat Mühendisleri Odası [TMMOB ZMO], 2020).

Mısır, sıcak iklim tahılı olmakla birlikte gerekli besin maddelerinin sağlanması durumunda belirli şartlarda yetişebilmektedir. Bu nedenle mısırın belirli bir toprak seşitliliği bulunmamaktadır. Ancak mısırın minimum çimlenme sıcaklığı 10-11°C olup, toprak sıcaklığı 15°C'ye ulaştığında çimlenme hızlanmaktadır. Sıcaklığın 9°C altında seyretmesi durumunda ise kök uzaması durmaktadır. Mısırın ideal büyüme sıcaklığı 25-30°C'dir. Bu nedenle sıcaklık 38-40°C'ye ulaştığında mısırın kök ve sap uzamasında azalma görölür ve çimler ölür (Biber ve Kara, 2006). Diğer yandan diğer tahıl grubu ürünlerine kıyasla mısır yetiştiriciliğinde yağış önemli bir faktördür. Bu nedenle mısır ekiminin yapılacağı alanda yıllık yağış toplamının 600-1200 mm arasında olması gerekmektedir (Uçak vd., 2010). Bu nedenle, mısırın diğer tahıl grubu ürünlerine kıyasla hava durumu riskine karşı daha hassas olması, Türkiye'de mısır ekim alanının geniş yer



kaplaması ve yanı sıra birçok farklı iş kolunda bu zirai ürünün ana ürün olarak kullanılması çalışmada kullanılacak ürünün mısır olmasına sebebiyet vermiştir.

Çalışmada, 2004-2020 yılları arasında Adana, Osmaniye ve Mersin illerininin mısır verimleri (kg/dekar) ile bu illerin Nisan – Ağustos aylarındaki geçmiş hava sıcaklıkları arasındaki ilişki incelenmiştir. Bu nedenle mısır üreticisi çiftçinin, gelirindeki dalgalanmadan korunmak için kullanacağı iklim türevinin dayanak endeksinin sıcaklığa bağlı olmasına karar verilmiştir. Sıcaklığa bağlı endeks olan kümülatif büyüyen günler derecesi (AGDD) ve mısır verimleri arasındaki korelasyondan hareketle tasarlanacak olan iklim türev ürün sözleşmesinin dayanak varlığının AGDD olmasına karar verilmiştir. Türev ürünün bir Avrupa tipi satım opsiyonu olarak belirlenmesi ise zirai üretimin bir parçası olan hava durumu riskini hedge etmek isteyen çiftçilere sağlayacağı avantajlar nedeniyledir. Avrupa tipi bir satım opsiyonu satın alan taraf vade geldiğinde eğer bir fiyat avantajına sahipse opsiyonu kullanarak dayanak varlığı kârlı bir şekilde satma hakkına sahiptir. Aksi bir durumda opsiyonu kullanmayan çiftçi sadece opsiyon primi kadar zarar etmektedir. Böylelikle çiftçinin riskten korunmasını sağlayacak türev ürün tasarlanmıştır. Tasarlanan bu iklim satım opsiyonuna göre, Nisan-Ağustos aylarının normalden soğuk geçmesi durumunda mısır yetiştiriciliği yapan çiftçi iklim satım opsiyonunu uygulamaya koyacak böylelikle çiftçi gelirindeki değişkenliği uygulamaya koyacağı iklim satım opsiyonundan alacağı opsiyon ödemesi ile telafi edecek, bir diğer deyişle riskten korunacaktır. Opsiyonun hedge etkinliği ise Ederington (1979) tarafından önerilen varyans metodu ile değerlendirilmiştir.

#### 4.2. Veri ve Varsayımlar

Çalışma kapsamında kullanılan ve dekar başına kilogram (Kg) şeklinde ölçülen mısır verimliliği (Kg/dekar) Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) veri tabanından elde edilmiştir. Söz konusu veriler 2004- 2020 döneminde Türkiye’deki mısır üretiminin %38.7’sinin Akdeniz Bölgesi’nde gerçekleştiğini göstermektedir. Çalışmanın aynı iklim koşullarını kapsayan homojenik bir bölge içinde yürütülmesi istenildiğinden Türkiye’de en fazla mısır üretimi gerçekleştiren Akdeniz Bölgesi’ne odaklanılmış, bu bölgede yer alan illerin mısır üretimindeki payları dikkate alınmıştır. Buna göre, Adana’nın bölge mısır üretiminin %47.7’sini karşıladığı; bu ili %15.7 ile Osmaniye’nin ve %10.7 ile Mersin ilinin izlediği saptanmıştır. Bu nedenle çalışmada Adana, Osmaniye ve Mersin illerine odaklanılmasına ve bu illerdeki mısır verimlerinden (Kg/dekar) hareket edilmesine karar verilmiştir.

Tasarlanan türev ürünün dayanak endeksi olan kümülatif büyüyen günler dereceleri (AGDD) seçili illerin 2004 – 2020 yılları arasındaki Nisan – Ağustos aylarındaki sıcaklık verilerinden türetilmiştir. Söz konusu illere ait ilgili tarihler arasında gerçekleşen günlük maksimum ve minimum sıcaklık verileri Tarım ve Orman Bakanlığı Meteoroloji Genel Müdürlüğü’nden elde edilmiştir. Adana ili için baz alınan istasyon 17351 No’lu Adana Bölge İstasyonu, Osmaniye ili için baz alınan istasyon 17355 No’lu Osmaniye Bölge İstasyonu ve Mersin için baz alınan istasyon ise 17340 No’lu Mersin Bölge İstasyonudur. Tablo 1 ve Tablo 2’de seçili illerin mısır verimleri (Kg/dekar) ve AGDD (°C)’lerin tanımlayıcı istatistikleri yer almaktadır.

**Tablo 1: 2004-2020 Yıllarında Seçili İllerin Mısır Verimine Ait Tanımlayıcı İstatistikler**

Mısır Verimi (Kg/dekar)	Ortalama	Standart Sapma	Maksimum	Minimum	Çarpıklık	Basıklık
Adana	979.82	129.26	1169	730	-0.16	-1.09
Osmaniye	911.71	152.45	1100	593	-0.45	-0.75
Mersin	994.18	155.98	1260	679	-0.09	-0.62

Tablo 1’de yer alan özet istatistikler incelendiğinde, 2004-2020 döneminde dekar başına kilogram olarak tanımlanan mısır veriminin en yüksek olduğu il 994.1 Kg/dekar ile Mersin’dir. Adana ili için ortalama mısır verimi 979.8 Kg/dekar iken Osmaniye ili için bu veri 911.7 Kg/dekar olarak gerçekleşmiştir. Diğer yandan çarpıklık katsayısı incelendiğinde, mısır verimleri için tüm katsayıların negatif değer aldığını ve bu noktadan hareketle il mısır verimlerinin sola çarpık olduğunu söylenebilmektedir.

**Tablo 2: 2004-2020 Yıllarında Seçili İllerin AGDD’lerinin Tanımlayıcı İstatistikleri**

AGDD (°C)	Ortalama	Stadart Sapma	Maksimum	Minimum	Çarpıklık	Basıklık
Adana	2372.07	85.63	2540.65	2226.45	-0.00499	-0.19851
Osmaniye	2203.77	93.98	2455.50	2049.70	0.87090	2.30758
Mersin	2377.14	78.81	2527.40	2234.05	0.05775	-0.31994

Tablo 2’de yer alan özet istatistikler incelendiğinde, Adana ili için ortalama AGDD (°C)’nin 2372°C, Osmaniye ili için 2203.7°C ve Mersin ili için 2377.4°C olduğu görülmektedir. Adana verisinin sağa çarpık olduğu görülmekte iken Mersin ve Osmaniye illerinin AGDD değerleri ise sola çarpıktır. Her iki verinin basıklık değerleri ise baz alınan basıklık kriterinin (3) altındadır. Tablo 1 ve Tablo 2’de yer alan betimsel istatistikten hareketle verilerin normal dağılım sergilemeye yakın olduğu görülmekle birlikte verilerin normal dağılım gösterip göstermediğini ölçmek için gözlem sayısının 30’dan az olduğu durumlarda kullanılan Shapiro Wilk testi yapılmış, Tablo 3’te özetlenen sonuçlara göre %95 güven aralığında tüm illerin mısır verimleri ve AGDD değerlerinin normal dağılım sergilediği görülmüştür.

**Tablo 3: Shapiro Wilk Testi Sonuçları**

İl	Mısır Verimlilikleri			İl	Kümülatif GDD		
	Gözlem Sayısı	W	p-değeri		Gözlem Sayısı	W	p-değeri
Adana	17	0.939	0.3071	Adana	17	0.939	0.3071
Osmaniye	17	0.9283	0.2036	Osmaniye	17	0.9283	0.2036
Mersin	17	0.961	0.6502	Mersin	17	0.9801	0.9583

Tasarlanan satım opsiyonunun hedge etkinliği analiz edileceği için mısır ekim alanlarında sadece birincil ekim mısır yetiştiriciliğinin yapıldığı varsayılmıştır. Öte yandan, mısır yetiştiren çiftçinin mısır veriminden elde edeceği gelir sabitlenmiştir. Bunun nedeni ise mısırın kilogram başına artan ya da düşen fiyatının çiftçinin gelirinde yaratacağı volatilitiyi sabitlemektir. Böylece

çiftçinin gelirindeki volatilitenin sıcaklık endeksindeki değişimden kaynaklanan bir finansal risk olduğu varsayılmaktadır. Mısır kilogramı başına 1.02 TL olarak belirlenen bu fiyat, 2004-2020 yılları arasında mısır üreticilerine ödenmiş ortalama fiyat olup bu veri TÜİK veri tabanından elde edilmiştir. Ayrıca üretici mısır ekimi yaptıktan sonra iklim türev üründe pozisyon aldığı için gübreleme ve bitki koruma stratejisinin önceden belirlendiği, dolayısıyla üretim maliyetleri ile ilgili unsurların dikkate alınmadığı varsayılmaktadır.

### 4.3. İklim Türev Ürününün Özelliklerinin Belirlenmesi

Dischel (2002), hava durumu tahminleri için 20 ilâ 40 yıllık bir dönemin daha isabetli sonuçlar vereceğini belirtmiş olmasına rağmen, iklim değişikliğinin olası etkileri göz önünde bulundurulduğunda yakın geçmişe ait veri kullanımının opsiyon primi hesaplamasında daha güvenilir sonuçlar üreteceği değerlendirilmektedir. Bu nedenle çalışmanın 2004- 2020 dönemini kapsamasının uygun olacağı değerlendirilmiştir. Öte yandan, seçili illerde mısırın yetiştirme döneminin Nisan- Ağustos aylarına rastlaması (Uçak vd., 2010) nedeniyle türev ürüne dayanak oluşturacak olan endeksin oluşturulmasında tüm yıl verileri yerine geçerli yıllardaki Nisan- Ağustos ayları baz alınmıştır.

İklim türev ürünleri üzerine yapılan çalışmalarda farklı hava durumu göstergelerinin dayanak varlık olarak kullanıldığı görülmektedir. Sadece hava sıcaklığı (Berg vd., 2006) ve yağmur yağış miktarını (Marković ve Jovanović, 2011; Stoppa ve Hess, 2003; Spaulding vd., 2010) dayanak varlık olarak kullanan iklim opsiyon sözleşmeleri üzerine yapılan çalışmalar olduğu gibi Pelka ve Musshoff (2013) ve Shi ve Jiang (2016) tarafından oluşturulmuş sıcaklık ve yağmur yağışı miktarını bir arada dayanak varlık olarak kullanan “karmaşık” iklim türev ürünleri de tasarlanmıştır. Bunun yanı sıra Vedenov ve Barnett (2004) ve Cry vd. (2010) ise çalışmalarında kümülatif sıcaklık derecelerini kullanarak iklim türev ürünü tasarlamışlardır.

Tek bir hava istasyonundan alınan yağış verisi, illerin yağış miktarını temsil etmede yetersiz kalmakta ve verilerin güvenilirliğini düşürmektedir (Woodard ve Garcia, 2008). Diğer yandan Meteoroloji Genel Müdürlüğü’nden ilgili illere yönelik alınan yağış verileri manuel ve otomatik ölçüm olarak iki farklı metodoloji ile ölçülmektedir. Bu ölçüm farklılıkları nedeniyle bu veri setinde belirli yıllarda verilerde tutarsızlıklar saptanmıştır. Bunun yanı sıra yağış verilerinde yüksek düzeyde eksik verilerin varlığı da saptanmıştır. Bu nedenle bu çalışmada yağış verisinden yararlanılmasının güvenilir sonuçlar oluşturmayacağı kararına varılmıştır. Bu nedenle daha yüksek güvenilirliğe sahip olan ve il genelindeki sıcaklığı temsil etme kabiliyeti daha yüksek olan (Woodard ve Garcia, 2008) sıcaklık verilerinden yararlanılmasına karar verilmiştir.

Çalışmada tarım sektörü üzerine uygulama gerçekleştirildiğinden ortalama günlük sıcaklık derecesinin 10°C olan referans değerinden sapması sonucu oluşan ve tarım sektöründe sıklıkla kullanılan kümülatif büyüyen günler derecesinin tasarlanacak olan iklim türev ürün sözleşmesinin dayanak varlığı olmasına karar verilmiştir. Bunun yanında mısırın kök ve sap uzamasının hava sıcaklığının 10°C altına düştüğü durumda durması bu endeksin dayanak varlık olarak seçilmesindeki bir diğer etmendir.

Jewson ve Brix (2005) hava durumu verilerinde gözlemlenen yüksek düzeyde ve özellikle son dönemlerde olabilecek veri kaybının geleceği tahmin etmede sorunlar doğuracağını belirtmiştir. Ancak kayıp verilerin kontrolünde, eksik verilerin veri setinin yalnızca %0.07’sini kapsadığı görülmüştür. Eksik veriler, Alexandridis ve Zapranis (2012)’in önerdiği aşağıdaki yöntem yardımıyla tamamanmıştır:

$$T_{avy,x} = \frac{1}{N} \sum_{1}^N T_{x,N} \quad (8)$$

denklemdede yer alan  $T_{avy,x}$  x günündeki eksik veriyi ve  $T_{x,N}$  ise Nnci yıldaki x gününde gerçekleşen sıcaklık derecesini temsil etmektedir. Böylelikle eksik veri, diğer yıllardaki aynı gündeki ortalama sıcaklık derecelerinin ortalaması olarak tamamlanmaktadır. Eksik verilerin tamamlanmasında bu yöntemin kullanılmasının nedeni tek bir güne ait değil ardışık günlerde birden çok eksik veri olmasıdır.

Her il için günlük ortalama sıcaklık derecesi aşağıdaki denklem yardımıyla hesaplanmıştır:

$$T_i = \frac{T_i^{max} + T_i^{min}}{2} \quad (9)$$

denklemdede yer alan  $T_i$ , i gününde ölçülmüş ortalama sıcaklık derecesini;  $T_i^{max}$  ve  $T_i^{min}$  ise sırasıyla i gününde ölçülmüş günlük maksimum ve minimum hava sıcaklık dereceleridir. Büyüyen günler derecesi ise aşağıdaki şekilde hesaplanmıştır Turvey (2001):

$$GDD_i = \max[(T_i - 10^\circ C), 0] \quad (10)$$

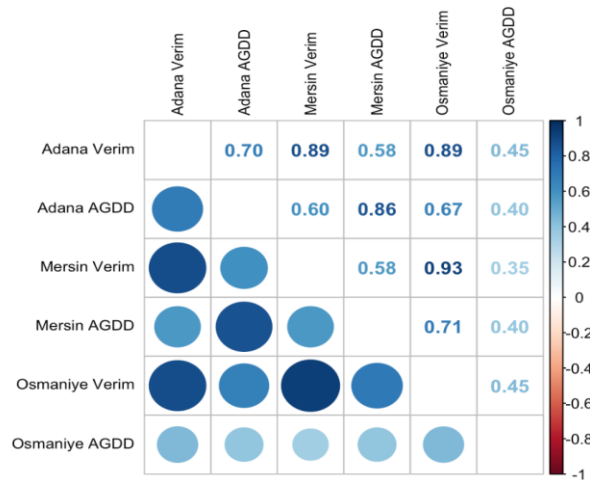
denklemdede yer alan  $10^\circ C$  büyüyen günler derecesi için baz alınan referans değeridir. Buna göre  $GDD_i$ , i gününde ortaya çıkan büyüyen günler derecesi değeridir. Nisan-Ağustos aylarını kapsayan kümülatif büyüyen günler derecesi aşağıdaki denklemde ise hesaplanmıştır:

$$AGDD_i = \sum_{i=1}^n GDD_i \quad (11)$$

denklemdede yer alan  $AGDD_i$  ise i gününde gerçekleşen kümülatif GDD endeksini göstermektedir.

Martin vd. (2001), Stoppa ve Hess (2003) ve Raucci vd. (2019), iklim türev sözleşmesinin dayanak varlığı olan hava durumu endeksi ile tarımsal mahsul verimi arasındaki yüksek korelasyonun hedge etkinliğini artırdığı sonucuna ulaşmışlardır. Ele alınan dönemde bu çalışma kapsamındaki illerdeki mısır verimliliği ve dayanak varlık (AGDD) arasındaki korelasyon Şekil 1'de gösterilmektedir.

**Şekil 1: Mısır Verimliliği ve AGDD Endeksi Korelasyon Matrisi**



\*Adana ili için korelasyon katsayısının p-değeri 0.001, Mersin ili için korelasyon katsayısının p-değeri 0.015 ve Osmaniye ili için korelasyon katsayısının p-değeri 0.0073'tür.

Şekil 1’de görüldüğü gibi, Adana ili mısır verimi ile bu ilin AGDD endeksi arasındaki korelasyon 0.70’dir. Mersin ili için bu katsayı 0.58 iken; Osmaniye’de katsayının 0.45 olduğu görülmektedir. Bu sonuçlardan hareketle, mısır verimi ve AGDD endeksi arasındaki ilişkinin en yüksek olduğu il Adana olurken, bu ili sırasıyla Mersin ve Osmaniye illeri izlemiştir. Her üç il için de görülen pozitif ve istatistiksel olarak anlamlı korelasyon, mısır verimi ve AGDD endeksi arasındaki ilişkiyi açıklamaktadır.

Çiftçinin iklim satım opsiyonunu kullanması durumunda opsiyondan alacağı opsiyon ödemesi aşağıdaki şekilde formülize edilmektedir:

$$P(x) = a \cdot \max\{(K - W)\}, 0\} \quad (12)$$

denklemden yer alan  $P(x)$ , çiftçinin satım opsiyonunu uygulamaya koyması sonucu bu opsiyondan alacağı opsiyon ödemesi,  $K$  ise iklim satım opsiyonunda belirlenen AGDD kullanım düzeyi olup her il için gerçekleşen AGDD değerlerinin ortalamasıdır. Tik büyüklüğünü sembolize eden  $a$  ise tasarlanan iklim satım opsiyonunda basitliği sağlamak amacı ile 1 Türk Lirası (TL) olarak belirlenmiştir.<sup>1</sup>  $W$ , opsiyonun vadesi sonunda gerçekleşen AGDD endeksidir. Buna göre  $W$ ,  $K$ ’dan düşükse, satım opsiyonu pozitif değer alacaktır. Bu durumda çiftçi opsiyon sözleşmesinden  $a \cdot \{(K - W)\}$  kadar opsiyon ödemesi alacak, aksi durumda ise çiftçi opsiyon sözleşmesini uygulamaya koymayacağı için alacağı opsiyon ödemesi 0’a eşit olacaktır.

#### 4.4. Opsiyon Priminin Hesaplanması

Bu çalışmada opsiyon primi hesaplanmasında kullanılan model, iklim türev ürünlerinin fiyatlanmasında sıklıkla tercih edilen Burn Analizi’dir (Zara, 2010; Cry vd., 2010, Marković ve Jovanović, 2011; Štulec, 2017). Buna göre satım opsiyonu priminin hesaplanması için öncelikle aşağıdaki gibi yıllara ait ortalama opsiyon ödemelerinin ortalamasının hesaplanması gerekmektedir:

$$\overline{P(x)} = \frac{\sum_{N=1}^{17} [a_N \cdot (K_N - W_N)]}{17} \quad (13)$$

denklemden yer alan  $\overline{P(x)}$ , ortalama opsiyon ödemesi;  $N$ , 2004 yılından 2020 yılına kadar geçmiş 17 yıllık dönemdeki her bir yılı;  $a$ , sözleşmede belirlenen tik değerini,  $K_N$  sözleşme kullanım düzeyini ve  $W_N$  ise her yıl için gerçekleşmiş AGDD değerini temsil etmektedir.

Burn Analizi kullanılarak hesaplanan opsiyon primleri ise sürekli bileşik faiz oranı kullanılarak ortalama opsiyon ödemelerinin iskonto edilmesiyle aşağıdaki gibi hesaplanmaktadır:

$$pr(x) = \overline{P(x)} \cdot e^{-r} \quad (14)$$

denklemden yer alan  $pr(x)$ , opsiyon primini;  $r$  ise iskonto oranını göstermektedir. Bu çalışmada iskonto oranı olarak kullanılacak olan risksiz faiz oranı %19.48 olan 3 aylık TL/Libor oranıdır. Sözleşmeler 1 ay vadeli olarak tasarlandığı için aylık faiz oranı ile iskonto yapılmaktadır.

**Tablo 4: Opsiyon Priminin Hesaplanmasında Kullanılan 2004-2020 Dönemi Gerçekleşmeleri**

Yıl	Tik(a) TL	Adana			Mersin			Osmaniye		
		K	W	[a.max(K-W)]	K	W	[a.max(K-W)]	K	W	[a.max(K-W)]
				TL			TL			TL
2004	1	2372	2226.45	145.55	2377	2234.05	142.95	2204	2219.1	0.00
2005	1	2372	2290.55	81.45	2377	2255.40	121.6	2204	2049.7	154.30
2006	1	2372	2315.00	57.00	2377	2322.75	54.25	2204	2195.3	8.70
2007	1	2372	2388.65	0.00	2377	2332.40	44.60	2204	2187.8	16.20
2008	1	2372	2395.55	0.00	2377	2383.65	0.00	2204	2138.6	65.40
2009	1	2372	2284.75	87.25	2377	2309.90	67.10	2204	2093.6	110.40
2010	1	2372	2397.25	0.00	2377	2423.10	0.00	2204	2167.3	36.70
2011	1	2372	2232.15	139.85	2377	2331.45	45.55	2204	2079.45	124.55
2012	1	2372	2410.54	0.00	2377	2459.80	0.00	2204	2268.5	0.00
2013	1	2372	2397.65	0.00	2377	2482.10	0.00	2204	2226.65	0.00
2014	1	2372	2362.72	9.28	2377	2376.20	0.80	2204	2172.5	31.50
2015	1	2372	2317.65	54.35	2377	2336.75	40.25	2204	2455.5	0.00
2016	1	2372	2497.75	0.00	2377	2461.55	0.00	2204	2288.65	0.00
2017	1	2372	2434.30	0.00	2377	2379.50	0.00	2204	2209.7	0.00
2018	1	2372	2540.65	0.00	2377	2527.40	0.00	2204	2289.5	0.00
2019	1	2372	2428.30	0.00	2377	2410.20	0.00	2204	2218.15	0.00
2020	1	2372	2405.30	0.00	2377	2385.20	0.00	2204	2204.1	0.00
Ortalama				33.80 TL			30.41 TL			32.22 TL
Standart Sapma				51.14			43.80			50.50
<b>Opsiyon Primi</b>				<b>33.26 TL</b>			<b>29.92 TL</b>			<b>31.70 TL</b>

**Not:** Opsiyon kullanım düzeylerinde yuvarlama yapılmıştır.

Tablo 4'te, Adana, Mersin ve Osmaniye illeri için tasarlanan iklim satım opsiyonu sözleşmelerinin opsiyon primlerinin nasıl hesaplandığı gösterilmektedir. Her bir il için 2004 – 2020 yılları arasındaki Nisan – Ağustos dönemi AGDD değerlerinin ortalaması opsiyon sözleşmelerinin kullanım fiyatı (K) olarak belirlenmiştir. Her yıla ait gerçekleşen AGDD değerleri (W) ile kullanım fiyatı karşılaştırılarak; her sözleşme için opsiyon sahibinin alacağı opsiyon ödemeleri hesaplanmıştır. Tabloda yer alan verilerden hareketle, denklem (13) ve (14) kullanılarak Burn Analizi ile her bir opsiyonun primi hesaplanmıştır. Opsiyon primleri dekar başına TL olarak belirlenmiştir. Burn Analizi'ne göre, opsiyon primi geçmiş opsiyon ödemelerinin ortalamasının bugünkü değeridir. Tablo 4'te belirlenen opsiyon parametrelerine ve gerçekleşen AGDD endeksine göre opsiyon primlerinin illere göre değiştiği görülmektedir. Buna göre, Adana ilinde mısır yetiştiriciliği yapan bir çiftçinin iklim satım opsiyonu satın alması

için ödemesi gereken prim tutarı 33.26 TL iken; Mersin’de bu prim 29.92 TL ve Osmaniye’de ise 31.70 TL’dir.

## 5. HEDGE ETKİNLİĞİ

Çiftçinin iklim satım opsiyonu kullandığı ve kullanmadığı durumunda mısır veriminden elde edeceği net gelir farklılaşmaktadır. Hedge etkinliği ile türev ürün kullanımının net gelir değişimi üzerinde sağlayacağı bu etki analiz edilmektedir. Her üç il için de çiftçinin iklim satım opsiyonu kullanmaması durumunda mısır veriminden elde edeceği gelir aşağıdaki gibi hesaplanmaktadır:

$$R_i = P_i \cdot Y_i \quad (15)$$

denklemden yer alan  $R_i$ ,  $i$  yılındaki geliri;  $Y_i$ , il mısır verimini (Kg/dekar) ve  $P_i$  ise kg/dekar başına mısır fiyatını ifade etmektedir. Çalışmada tasarlanan iklim satım opsiyonu sözleşmesi bir dekar üzerine yazılmıştır. Dolayısıyla uygulamada çiftçi hedge etmek istediği dekar kadar bu opsiyonda pozisyon almalıdır. Bir dekar için çiftçinin bir iklim satım opsiyonu kullanması durumunda elde edeceği toplam gelir aşağıdaki gibi hesaplanmıştır:

$$R_i^* = R_i + [P(x)_i - pr(x)] \quad (16)$$

denklemden bulunan  $R_i^*$ , çiftçinin iklim türev ürünü kullanması durumundaki toplam gelirini;  $R_i$ , mısır satışından elde edilecek olan geliri (Kg/dekar);  $P(x)_i$  çiftçinin iklim satım opsiyonunu uygulamaya koyması durumunda opsiyondan alacağı opsiyon ödemesini ve  $pr(x)$  ise opsiyon primini temsil etmektedir. Buna göre, eğer çiftçi iklim satım opsiyonu kullanmaya karar verirse elde edeceği gelir, mısır veriminden elde edeceği gelire opsiyondan alınan opsiyon ödemesinin eklenmesi ve bu toplamdan opsiyona ödenen primin çıkarılması şeklinde hesaplanmaktadır.

Tasarlanan iklim satım opsiyonunun hedge etkinliği ise Ederington (1979)’un da önerdiği gibi varyans metodu kullanılarak analiz edilmiştir. Buna göre çiftçilerin mısır veriminden elde edecekleri gelirlerin volatiliteleri iklim satım opsiyonu satın almaları ve almamaları durumunda iki farklı şekilde hesaplanmış ve karşılaştırılmıştır.

Her üç il için mısır geliri volatilitesi aşağıdaki denklem yardımıyla hesaplanmıştır:

$$var_i = \frac{\sum_{N=1}^{17} [R_N - \bar{R}]^2}{16} \quad (17)$$

denklemden yer alan  $var_N$ ,  $N$  yılındaki gelirin varyansını;  $R_N$ ,  $N$  yılında gerçekleşmiş olan mısır gelirini;  $\bar{R}$  ise ortalama mısır geliridir.

Çiftçinin mısır veriminden elde ettiği gelirin volatilitesi iklim satım opsiyonunun satın alınması ve satın alınmaması durumunda iki farklı şekilde hesaplandıktan sonra hedge etkinliği, hedging yapılması sonucunda varyansta meydana gelecek yüzde (%) değişim olarak aşağıdaki denklem yardımıyla hesaplanmıştır (Ederington, 1979):

$$E = \frac{[Var(R) - Var(R^*)]}{Var(R)} \quad (18)$$

denklemden yer alan  $E$  hedge etkinliğini,  $Var(R)$  ve  $Var(R^*)$  ise sırasıyla hedge edilmeyen (iklim satım opsiyonu satın almayan) durumda ve hedge edilen (iklim satım opsiyonu satın alınan) durumda çiftçinin mısır veriminden elde edeceği gelirin varyansını temsil etmektedir.

## 6. BULGULAR

Tasarlanan iklim opsiyonunu satın alan ve satın almayan çiftçinin yıllık gelirleri Tablo 5'te gösterildiği gibi hesaplanmıştır.

**Tablo 5: Opsiyon Kullanılan ve Kullanılmayan Durumlarda Mısır Veriminden Elde Edilen Gelir (TL/dekar)**

Yıl	R (Adana)	R* (Adana)	R (Mersin)	R* (Mersin)	R (Osmaniye)	R* (Osmaniye)
2004	744.60	856.89	692.58	805.61	604.86	573.16
2005	864.96	913.15	959.82	1051.50	777.24	899.84
2006	985.32	1009.06	942.48	966.81	811.92	788.92
2007	919.02	885.76	867.00	881.68	723.18	707.68
2008	946.56	913.30	983.28	953.36	870.06	903.76
2009	925.14	979.13	908.82	946.00	871.08	949.78
2010	887.40	854.14	911.88	881.96	957.78	962.78
2011	867.00	973.59	863.94	879.57	800.70	893.55
2012	878.22	844.96	862.92	833.00	847.62	815.92
2013	1040.4	1007.14	1212.78	1182.86	1079.16	1047.46
2014	1115.88	1091.90	1285.20	1256.08	1117.92	1117.72
2015	1081.2	1102.29	1113.84	1124.17	1056.72	1025.02
2016	1145.46	1112.20	1183.20	1153.28	1122.00	1090.30
2017	1134.24	1100.98	1144.44	1114.52	1055.70	1024.00
2018	1162.80	1129.54	1174.02	1144.10	1095.48	1063.78
2019	1099.56	1066.30	1018.98	989.06	965.94	934.24
2020	1192.38	1159.12	1113.84	1083.92	1051.62	1019.92

Tablo 6'da ise il bazında çiftçinin iklim satım opsiyonu kullanmadığı ve kullandığı durumda gelirinde yaşayacağı volatilitte ve hedge etkinliği değerdendirilmesi olarak kullanılacak olan varyans değışimi yer almaktadır.

**Tablo 6. 2004-2020 Dekar Başına Ortalama Gelir Varyansı (TL/dekar)**

Şehir	Opsiyon Kullanmadığı	Opsiyon Kullanıldığı	Hedge Etkinliği
	Durumda Gelir Varyansı $Var(R)$	Durumda Gelir Varyansı $Var(R^*)$	$E = \frac{[Var(R) - Var(R^*)]}{Var(R)}$
Adana	17384.33	11459.98	0.3407
Osmaniye	22756.58	19568.53	0.1400
Mersin	23824.82	17195.58	0.2782



Tablo 6'da her üç ildeki mısır üreticilerinin de iklim satım opsiyonu kullanmaları taktirde gelir volatilitelerinde azalma olduğu görölmektedir. Buna göre bu azalma Adana'da %34.07 iken; Osmaniye'de bu oran %14 ve Mersin' de ise %27.82 olarak gerçekleşmektedir. Bu değerlerden hareketle dikkat edilmesi gereken husus ise mısır verimi (kg/dekar) ve kümülatif büyüyen günler derecesi endeksi arasındaki korelasyonun en yüksek olduğu (0.70) Adana'daki çiftçinin gelir volatilitesindeki nispi azalmanın daha yüksek olmasıdır. Korelasyon katsayısının bu ile nazaran daha düşük olduğu (0.45) Osmaniye'de ise çiftçinin gelir volatilitesindeki nispi azalma %14 ile son sırada yer almaktadır. Bu noktadan hareketle, mısır verimi (kg/dekar) ve dayanak varlık arasındaki korelasyonun daha yüksek seyrettiği illerdeki gelir volatilitelerinin daha yüksek olacağı ve hedge etkinliğinin artacağı sonucuna ulaşılmaktadır.

Bu bulgular ışığında, çalışmada tasarlanan iklim satım opsiyonunun kullanılması ve kullanılmaması durumunda çiftçinin mısır veriminden elde ettiği gelir volatilitelerinde farklılaşma tespit edilmiştir. Buna göre, her üç ilde de çiftçinin elde ettiği gelirin ortalama varyansı iklim satım opsiyonunun kullanılması durumunda düşmekte, varyans yöntemiyle hedge etkinliği değerlendirilen bu iklim satım opsiyonunun hedge etkinliği ilden ile değişmekle beraber; %14 ila %34.07 oranları arasında seyretmektedir. Çalışma sonucunda ulaşığımız bulgular, Vedenov ve Barnett (2004), Berg vd. (2006), Zara (2010) ve Möllman vd. (2019) tarafından yapılan çalışmaların bulgularıyla tutarlılık göstermektedir.

## 7. SONUÇ

Hem sektörel hem de makroekonomik düzeyde ekonomide önemli bir etkiye sahip olan iklim değişikliği olgusunun ortaya çıkardığı hava durumu riskinden korunmak için geliştirilen piyasa temelli yöntemlerden biri hava durumu ölçütlerine dayalı iklim türev ürünlerinin kullanılmasıdır. İşletmeler maruz kaldıkları hava durumu risklerinden kendilerini korumak, risklerini bertaraf etmek için farklı şekillerde oluşturulabilen iklim türev ürün sözleşmeleri kullanılabilir ve böylelikle gelirlerindeki volatiliteleri, bir diğer deyişle riski azaltabilirler. Dayanak varlıkları arasında yağış, rüzgar, sıcaklık, sıcaklıktan türetilen endeksler, güneşlenme süresi vb., hava durumu göstergeleri olan iklim türev ürünleri ile işletmeler risklerini, sermaye piyasasında bu riskleri üstlenmek isteyen ekonomik birimlere aktarılabilir.

Stratejik bir öneme sahip olduğu kabul edilen tarım sektörü, Türkiye gayri safi milli hasılasının yaklaşık %4'ünü (TÜİK, 2021) ve ülke istihdamın da önemli bir kısmını oluşturmaktadır. Bu nedenledir ki kuraklıkların ve iklim değişikliğinin olumsuz etkileri bu sektör üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Dolayısıyla iklim türev ürün sözleşmelerinin tarım sektöründe kullanımı, hava durumu risklerinden korunma sağlaması açısından Türkiye ekonomisinde son derece önemlidir. Bu çalışma, iklim türev ürünleri üzerine gerçekleştirilen diğer çalışmalardan farklı olarak sadece bu türev ürün sözleşmelerinin fiyatlanmasına odaklanmamış; tasarlanan iklim türev ürünün hedge etkinliğini değerlendirmeye almıştır. Bildiğimiz kadarıyla Türkiye üzerine bir ilk olan bu çalışmada sıcaklık endeksi baz alınarak Avrupa tipi bir satım opsiyonu tasarlanmış ve bu ürünün hedge etkinliği hesaplanmıştır. Böylece çiftçilerin hava durumu riskinden kaynaklı gelirlerinde yaşadıkları volatiliteleri azaltacak bir risk yönetim aracının tanıtılması ve etkinliğinin analiz edilmesi hedeflenmiştir. Buradan hareketle ülkemizde mısır üretiminin yoğun bir şekilde gerçekleştirildiği Akdeniz Bölgesi'ndeki Adana, Osmaniye ve Mersin illeri 2004 -2020 dönemi için çalışma kapsamına alınmış, dayanak varlığının daha çok tarım alanında kullanılan ve referans değeri olarak 10 °C'yi baz alan kümülatif büyüyen günler derecesi (AGDD) olmasına karar verilmiştir.

Analiz sonucunda opsiyon primlerinin farklılaştığı, Adana ili için 33.26 TL, Mersin için 29.92 TL ve Osmaniye için 31.7 TL prim ödenebileceği, etkinliğinin de illere göre değiştiiği sonucuna ulaşılmıştır. Buna göre Adana ili için tasarlanan iklim satım opsiyonunun hedge etkinliği %34.07 iken Mersin’de hedge etkinliği %27.82 ve Osmaniye’de ise %14 olarak gerçekleşmiştir. Elde edilen bu bulgular, beklendiği gibi iklim satım opsiyonunun dayanak varlığı olan AGDD ve mısır verimi (kg/dekar) arasındaki korelasyon arttıkça hedge etkinliğinin de arttığını göstermiştir. Bu bulgular, Stoppa ve Hess (2003), Vedenov ve Barnett (2004), Berg vd., (2006), Zara (2010), Raucci vd., (2019) ve Möllman vd., (2019) bulgularıyla uyumludur. Çalışmada tek bir hava göstergesi dayanak varlık alınarak iklim opsiyon sözleşmesi tasarlanmış olmasına rağmen; tasarlanan bu türev ürünün hedge etkinliği sağladığı saptanmıştır. Turvey (2001), Musshoff vd. (2011), Pelka ve Musshoff (2013) ve Shi ve Jiang (2016) hem yağış hem de sıcaklık baz alınarak tasarlanacak olan iklim opsiyon sözleşmelerinin hedge etkinliğinin daha da yüksek olacağını ileri sürmektedir. Bu da Türkiye özelinde geliştirilecek olan farklı dayanak varlıklı iklim türev ürünlerinin risk azaltımı açısından daha yüksek faydalar sağlayacağını düşünmektedir. Öte yandan bu çalışma sadece çiftçiler için yararlı bilgiler sunmamakta aynı zamanda tarım sektöründe stratejik düzeyde risk yönetimi ile ilgili politika yürütmekte olan politika yapıcılara da yardımcı olmayı hedeflemekte; yeni bir risk yönetim aracı olarak iklim türev ürünlerinin tarım sektöründe kullanılmasını önermekte, turizmden enerji sektörüne; inşaattan perakende sektörüne kadar hava durumu riskine karşı hassas olan diğer sektörlerde de bu ürünlerin kullanımının yararlı olacağını göstermektedir. Bu nedenle diğer sektörleri baz alan araştırmaların gerçekleştirilmesinin ve birden fazla hava göstergesini dayanak varlık olarak kullanan iklim türev sözleşmelerinin tasarlanmasının bu ürünlerden elde edilen faydaları artıracığı düşünölmektedir. Ancak belirtilmesi gerekir ki bu çalışma konuyu riskten korunmak isteyen taraf açısından ele almaktadır. Bir opsiyon işleminin yapılabilmesi için doğal olarak iki tarafın opsiyon primi üzerinde anlaşması gerekir. Eğer, riski üstelenecek olan taraf için opsiyon primi uygun değilse hedging işlemi gerçekleştirilemeyecektir. Bu da opsiyon sözleşmelerinin piyasalarda mevcut olmasının her zaman riski ortadan kaldıracabileceğinin mümkün olamayabileceğini göstermektedir. İklım türev ürün piyasasının daha likit hale gelebilmesi için ise meteorolojik verilerin herkese açık, kolay erişilebilir ve anlaşılır bir şekilde sunulması öncelikli hususlar arasında yer almaktadır.

---

#### **YAZAR BEYANI**

##### **Araştırma ve Yayın Etiği Beyanı**

Bu alışma bilimsel araştırma ve yayın etiği kurallarına uygun olarak hazırlanmıştır.

##### **Yazar Katkıları**

Yazarlar çalışmaya eşit oranda katkıda bulunmuştur.

##### **ıkar atışması**

Yazarlar açısından ya da üçüncü taraflar açısından çalışmadan kaynaklı çıkar atışması bulunmamaktadır.

---

## NOTLAR

<sup>1</sup> Pelka ve Musshoff (2013) çalışmalarında tik değerini 1€ olarak alırken; Venedov ve Barnett (2004) ise çalışmalarında tik değerini 1\$ olarak almıştır. Bu çalışmada tik değeri 1 TL olarak alınmıştır.

## KAYNAKÇA

- Alaton, P., Djehiche, B., & Stillberger, D. (2002). On modelling and pricing weather derivatives. *Applied Mathematical Finance*, 9(1), 1-20. <https://doi.org/10.1080/13504860210132897>
- Alexandridis, A., & Zapranis, A. D. (2012). *Weather derivatives: Modelling and pricing weather-related risk*. Springer Science & Business Media.
- Alzarrad, M. A., Moynihan, G., & Vereen, S. C. (2017). Weather derivatives as a risk management tool for construction projects. In *Proceedings of the 6th CSCE/CRC International Constructions Specialty Conference* (1-9).
- Banks, E. (2004). *Alternative risk transfer: Integrated risk management through insurance, reinsurance and the capital markets*. John Wiley & Sons Ltd.
- Bank, M., & Wiesner, R. (2011). Determinants of weather derivatives usage in the Austrian winter tourism industry. *Tourism Management*, 32(1), 62-68. <https://doi.org/10.1016/j.tourman.2009.11.005>
- Berg, E., Schmitz, B., Starp, M., & Trenkel, H. (2006). *Weather derivatives as a risk management tool in agriculture. Income Stabilization in Agriculture. The Role of Public Policies*, Edizione Scientifiche Italiane, Neapel, Rom: 379-396.
- Biber, Ç., & Kara, T. (2006). Mısır bitkisinin su tüketimi ve kısıtlı sulama uygulamaları. *OMÜ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 21(1), 140-146.
- Blom, J. E. (2009). *Hedging revenues with weather derivatives: A literature review of weather derivatives & a case study of rigness AS* (Master's thesis).
- Boyle, C. F. H., Haas, J., & Kern, J. D. (2021). Development of an irradiance-based weather derivative to hedge cloud risk for solar energy systems. *Renewable Energy*, 164, 1230-1243. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2020.10.091>
- Campbell, S. D., & Diebold, F.X. (2005). Weather forecasting for weather derivatives. *American Statistical Association*, 100(469), 6-16. <https://doi.org/10.1198/016214504000001051>
- Cao, M., Li, A., & Wei, J.Z. (2003). *Weather derivatives: A new class of financial instruments*. Available at SSRN 1016123.
- Cao, M., & Wei, J. (2004). Weather derivatives valuation and market price of weather risk. *The Journal of Financial Futures*, 24(11), 1065-1089. <https://doi.org/10.1002/fut.20122>
- Chen, C. C., & Chang, C.C. (2005). The impact of weather on crop yield distribution in Taiwan: Some new evidence from panel data models and implications for crop insurance. *Agricultural Economics*, 33, 503-511. <https://doi.org/10.1111/j.1574-0864.2005.00097.x>

- CME Group (2009). Weather Products. 03.04.2022 tarihinde [https://www.cmegroup.com/trading/weather/files/WT-124\\_WeatherBrochure\\_r11.pdf](https://www.cmegroup.com/trading/weather/files/WT-124_WeatherBrochure_r11.pdf) adresinden alınmıştır.
- Clemmons, L. (2002). *Introduction to weather risk management*. Banks, E. (ed.). Weather risk management: Markets, products and applications, New York: Palgrave.
- Connors, R. B. (2003). Weather derivatives allow construction to hedge weather risk. *Cost Engineering*, 45(3), 21.
- Cry, D., Kusy, M., & Shaw, A.B. (2010). Climate change and the potential use of weather derivatives to hedge vineyard harvest rainfall risk in the niagara region. *Journal of Wine Research*, 21(2-3), 207-227. <https://doi.org/10.1080/09571264.2010.530112>
- Dischel, J. (2002). *Weather risk management in the alternative risk transfer market*. Climate risk and the weather market, London: Risk Books.
- Ederington, L. H. (1979). The Hedging performance of the new futures markets. *The Journal of Finance*, 34(1), 157-170. <https://doi.org/10.2307/2327150>
- Egi, M., Takahashi, S., Ieshima, T. & Hijikata, K. (2006). *Methods of analyzing weather derivatives based on long-range weather forecasts*. In Practical Fruits of Econophysics: Proceedings of the Third Nikkei Econophysics Symposium (241-245). Springer Tokyo.
- Gerste, R. D. (2017). *Hava nasıl tarih yazar antikçağdan günümüze iklim değişikleri ve felaketler*. Kolektif Kitap.
- Ghiulnara, A., & Viegas, C. (2010). Introduction of weather-derivative concepts: Perspectives for Portugal. *Journal of Risk Finance*, 11(1), 9-19.
- Jewson, S., & Brix, A. (2005). *Weather derivatives valuation: The meteorological, statistical, financial and mathematical foundations*. Cambridge University Press.
- Kadioğlu, M., Ően, Z., & Gültekin, L. (1999). Spatial heating monthly degree-day features and climatologic patterns in Turkey. *Theoretical and Applied Climatology*, 64, 263-269. <https://doi.org/10.1007/s007040050128>
- Kosmala, M. (2020). Weather risk management in energy sector: The polish case. *Energies*, 13(4), 945.
- Marković, T., & M. Jovanovic (2011). Risk management in plant production with weather derivatives. *Contemporary Agriculture*, 60(1-2), 1-6.
- Martin, S.W., Barnett, B.J., & Coble, K.H. (2001). Developing and pricing precipitation insurance. *Journal of Agricultural and Resource Economics*, 26(1), 261-274.
- Mitu, N.E. (2008). Weather derivatives – A new concept in the weather insurance. *Annals of the University of Craiova Economic Science Series*, 36(4), 1958-1966.
- Möllmann, J., Buchholz, M., & Musshoff, M. (2019). Comparing the hedging effectiveness of weather derivatives based on remotely sensed vegetation health indices and meteorological indices. *Weather, climate and Society*, 11(1), 33-48. <https://doi.org/10.1175/WCAS-D-17-0127.1>

- Mraoua, M., & Bari, D. (2007). Temperature stochastic modeling and weather derivatives pricing: Empirical study with Moroccan data. *Afrika Statistika*, 2(1), 22-43. <https://doi.org/10.4314/afst.v2i1.46865>
- Musshoff, O., Odening, M., & Xu, W. (2011). Management of climate risks in agriculture- will weather derivatives permeate?. *Applied Economics*, 43(9), 1067-1077. <https://doi.org/10.1080/00036840802600210>
- Murray, K. B., Muro, F.Di., Finn, A., & Leszczyc, P.P. (2010). The effect of weather on consumer spending. *Journal of Retailing and Consumer Services*, 17(6), 512-520. <https://doi.org/10.1016/j.jretconser.2010.08.006>
- Pardo, A., Meneu, V., & Valor, E. (2002). Temperature and seasonality influences on Spanish electricity load. *Energy Economics*, 24(1), 55-70. [https://doi.org/10.1016/S0140-9883\(01\)00082-2](https://doi.org/10.1016/S0140-9883(01)00082-2)
- Pelka, N., & Musshoff, O. (2013). Hedging effectiveness of weather derivatives in arable farming- is there a need for mixed indices?. *Agricultural Finance Review*, 73(2), 358-372. <https://doi.org/10.1108/AFR-10-2012-0055>
- Prabakaran, S., & Singh, J. P. (2017). Modeling and pricing of weather derivative market. *Global Journal of Pure and Applied Mathematics*, 13(12), 8103-8126.
- Pres, J. (2009). Measuring non-catastrophic weather risk for businesses. *The Geneva Paper on Risk and Insurance- Issues and Practice*, 34(3), 425-439.
- Pryke, M. (2007). Geomoney: An option to frost, going long clouds. *Geoforum*, 38(3), 576-588. <https://doi.org/10.1016/j.geoforum.2006.10.011>
- Randalls, S. C. (2006). Firms, finance and the weather: The UK weather derivatives market (Unpublished Doctoral Dissertation). University of Birmingham.
- Rauci, G. L., Lanna, R., da Silveira, F., & Capitani, D. H. D. (2019). Development of weather derivatives: Evidence from the Brazilian soybean market. *Italian Review of Agricultural Economics*, 74(2), 17-28. <https://doi.org/10.13128/rea-10850>
- Salgueiro, A.M., & Tarrazon-Rodon, M.-A. (2020). Approaching rainfall-based weather derivatives pricing and operational challenges. *Review of Derivatives Research*, 23, 163-190. <https://doi.org/10.1007/s11147-019-09161-0>
- Sarioğlu, S. (2007). *Sigorta sektöründe risk yönetimi, alternatif risk transfer yöntemleri, şirketleri için bir öneri: Hava durumu opsiyonları*. İstanbul Üniversitesi. (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi). İstanbul Üniversitesi SBE.
- Shi, H., & Jiang, Z. (2016). The efficiency of composite weather index insurance in hedging rice yield risk: Evidence from China. *Agricultural Economics*, 47(3), 319-328. <https://doi.org/10.1111/agec.12232>
- Spaulding, A., Kanakasabai, M., Hao, J., & Skees, J. (2010). Can weather derivative contracts help mitigating agricultural risk? Microeconomic policy implications for Romania. *EcoMod2003*, 330700139, EcoMod.

- Stoppa, A., & Hess, U. (2003). Design and use of weather derivatives in agricultural policies: The case of rainfall index insurance in Morocco. *In International Conference Agricultural Policy Reform and the WTO: Where are we heading, Capri (Italy)*.
- Štulec, I. (2017). Effectiveness of weather derivatives as a risk management tool in food retail: The case of Croatia. *International Journal of Financial Studies*, 5(1), 2. <https://doi.org/10.3390/ijfs5010002>
- Tarım ve Orman Bakanlığı. (2021). Cari fiyatlarla GSYH ve tarımın payı. 04.03.2022 tarihinde <https://www.tarimorman.gov.tr/SGB/Belgeler/Veriler/GSYH.pdf> adresinden alınmıştır.
- Tindall, J. (2006). *Weather derivatives: Pricing and risk management applications*. Institute of Actuaries of Australia.
- TMMOB Ziraat Mühendisleri Odası. (2020). Mısır Raporu 2020. 04.03.2022 tarihinde [https://www.zmo.org.tr/genel/bizden\\_detay.php?kod=32780&tipi=42&sube=0](https://www.zmo.org.tr/genel/bizden_detay.php?kod=32780&tipi=42&sube=0) internet sitesinden alınmıştır.
- Torriani, D.S., Calanca, P., Beninson, M. & Fuhrer, J. (2008). Hedging with weather derivatives to cope with climate variability and change in grain maize production. *Agricultural Finance Review*, 68, 67-71. <https://doi.org/10.1108/00214660880001219>
- Turvey, C. G. (2001). Weather derivatives for specific event risks in agriculture. *Review of Agricultural Economics*, 23(2), 333-351.
- Uçak, A. B., Ertek, A., Güllü, M., Aykanat, S., vd., (2010). Bazı iklim parametrelerinin Çukurova'da yetistirilen mısır bitkisi verim ve kalitesine etkileri. *Journal of Agricultural Faculty of Gaziosmanpaşa University (JAFAG)*, 2010(1), 9-19.
- UNWTO. (2008). Climate change and tourism- Responding to global challenges. *World Tourism Organization*, Madrid, 230, 1-38.
- Woodard, J. D., & Garcia, P. (2008). Basis risk and weather hedging effectiveness. *Agricultural Finance Review*, 68(1), 99-117.
- van Asseldonk, M. (2003). Insurance against weather risk: Use of heating degree-days from non-local stations for weather derivatives. *Theoretical and Applied Climatology*, 74, 137-144. <https://doi.org/10.1007/s00704-002-0701-9>
- Vedenov, D. V., & Barnett, B. J. (2004). Efficiency of weather derivatives as primary crop insurance instruments. *Journal of Agricultural and Resource Economics*, 29(3), 387- 403.
- Yang, C., Li, L., & Wen, M. M. (2011). Weather risk hedging in the european markets and international investment diversification. *The Geneva Risk and Insurance Review*, 36, 74-94. <https://doi.org/10.1057/grir.2010.4>
- Zara, C. (2010). Weather derivatives in the wine industry. *International Journal of Wine Business Research*, 22(3), 222-237. <https://doi.org/10.1108/17511061011075365>
- Zong, L. (2015). *Temperature-based weather derivatives modeling and contract design in mainland China*. (Unpublished doctoral dissertation). University of Liverpool.