

# HAVA DURUMU TÜREVLERİ VE İKLİM RİSKLERİNE KARŞI POTANSİYEL FAYDALARI ÜZERİNE BİR İNCELEME



**G. Cenk AKKAYA**

Doç. Dr., Dokuz Eylül Üniversitesi, İ.İ.B.F.  
cenk.akkaya@deu.edu.tr

## ÖZET

İlk hava durumuna dayalı türev araçlar 1997 yılında kullanılmaya başlanmıştır. Bu yıldan sonra özellikle tezgahüstü piyasada bu pazar oldukça büyümüştür. Bu makalenin temel amacı hava durumu riskini ve hava durumuna dayalı türev araçların fiyatlandırmasını tanımlamaktır. Bu kapsamda, İzmir'e ilişkin hipotetik veriler kullanılarak bir amprik araştırma yapılmıştır. Örnek olaylar yardımıyla alım ve satım opsiyonu fiyatlaması incelenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Hava Durumu Riski, İklim Türevleri, Opsiyon Sözleşmeleri, Türev Araçlar, Opsiyon Fiyatlama

## AN EXAMINATION ON WEATHER DERIVATIVES AND THEIR POTENTIAL BENEFITS AGAINST CLIMATE RISKS

### ABSTRACT

The first transaction in the weather derivatives market took place in 1997. Since that time, the market has expanded rapidly into a flourishing over the counter (OTC) market. The primary objective of this article is describing weather risk and the pricing of weather based derivative contracts. In this context, an empirical investigation is undertaken using hypothetical data from İzmir. Both put and call option pricing are investigated with some cases.

**Keywords:** Weather Risk, Climate Derivatives, Options, Derivatives, Option Pricing

## GİRİŞ

Finansal piyasalarda derinleşmenin bir göstergesi olarak türev araçlar son 30 yıllık dönem içerisinde oldukça önemli işlem hacimlerine ulaşmıştır. Günümüzde finans mühendisliği uygulaması olarak ortaya çıkan egzotik türev araçların yeni sayılabilecek bir türü de hava tahminine dayalı türev enstrümanlardır.

Hava tahminine dayalı türev araçların ilk işlem gördüğü yıl 1997'dir. O dönemden günümüze özellikle tezgahüstü piyasada bu araçların işlem hacminde çarpıcı bir artış yaşanmıştır. Günümüzde hava tahminine dayalı türev araçların en fazla işlem gördüğü piyasa Chicago Mercantile Exchange (CME)'dir. CME'de GLOBEX sistemi kapsamında elektronik olarak bu tür sözleşmelerin ticareti yapılabilmektedir. Ayrıca CME dışında London International Financial Futures and Options Exchange (LIFFE)'de de bu tür işlemler yapmak mümkündür (Tindall, 2006:8). Bu kapsamda yapılan sözleşmeler<sup>1</sup> heating degree days (HDD) ve cooling degree days (CDD) kapsamında swap, future ve opsiyon sözleşmelerini kapsamaktadır.

### 1. HAVA DURUMU KAYNAKLI RİSKLER

Günümüzde hava koşullarında yaşanan ani değişiklikler gerek ev gerekse iş yaşamında önceden tahmin edilmesi güç zararlara sebep olabilmektedir. Seller, fırtınalar, aşırı yağışlara bağlı toprak kaymaları ve kasırga gibi doğal felaketlerin yol açtığı zararların ekonomik maliyeti gün geçtikçe artmaktadır. Amerika Enerji Bakanlığına göre Amerikan Sanayisi yıllık 1 Trilyon\$'lık hava durumu riskiyle karşı karşıyadır (Garman vd., 2000:1). Geleneksel olarak bu tür riskler karşısında

---

<sup>1</sup> HDD ve CDD temelde hava sıcaklığına bağlı olarak gerek ev gerekse işyerlerinde ortaya çıkacak enerji ihtiyacını ortaya koyan göstergelerdir. Kavramların henüz Türkçe'de karşılıkları üzerinde fikir birliği bulunmaması nedeniyle çalışmada bu sözleşmeler kısaltmalarıyla (HDD ve CDD) ifade dillecektir.

sigorta poliçeleri kullanılmaktadır. Ancak geleneksel sigorta sözleşmelerinin gerek esneklik bakımından gerekse oluşan zararı karşılama bakımından yetersizlikleri bulunabilmektedir. Bu bakımdan bu alanda finansal derinleşmeye katkı sağlayacak yeni araçlara ihtiyaç bulunmaktadır.

Hava durumuna bağlı türev araçlar piyasasının oluşması ve gelişmesi de benzer bir biçimde bir doğal felaketin (El Nino kasırgası) 1997-1998 döneminde Amerika'da yaşanmasından sonra gerçekleşmiştir<sup>2</sup>. Sözkonusu kasırgadan sonra Amerika'daki birçok işletme ilgili dönem için gelir tahminlerini oldukça aşağıya çekmek zorunda kalmıştır. Bu olaydan sonra hava koşullarının tahmin edilemeyen zararlarının iş yaşamı üzerinde yaratacağı etkilerin analiz edilmesine olan ilgi artmıştır. Sigorta şirketleri bu dönemde düşük bir prim karşılığında yüksek risk üstlenme stratejisi yerine opsiyon, future ve swap sözleşmeleri yaparak sahip oldukları kontratların likiditesini artırma yoluna gitmişlerdir.

Genel olarak bu piyasanın temel aktörlerini; piyasa yapıcılarını, brokerlar, sigorta şirketleri ve son kullanıcılar olarak sınıflandırmak mümkündür (Garman vd., 2000:1). Ayrıca Enron gibi enerji şirketleri de bu tür sözleşmelere ilgi duymuşlardır (Shiyong, 2003:1). Genel olarak bakıldığında bir türev aracının değeri dayanak varlığa (döviz, hisse senedi vb.) bağlıdır. Dayanak varlığın fiyatında meydana gelen değişimler türev aracının fiyatını belirlemektedir. Hava durumuna bağlı araçlarda ise dayanak varlığı örneğin bir belediyenin kar temizleme araçlarında aşırı yağış durumunda oluşabilecek zararı azaltma isteği yatmaktadır.

<sup>2</sup> [www.cme.com/weather/introweather.pdf/04.11.2008](http://www.cme.com/weather/introweather.pdf/04.11.2008)

Genel olarak hava durumuna bağılı risklerden korunmak işletmelere aşağıdaki gibi faydalar sağlayabilmektedir (Jewson ve Brix, 2005:3);

- a) Kâr daha az oynaklık,
- b) Eğer işletme halka açıksa kâr düşük volatiliteye bağılı olarak daha yüksek hisse senedi değeri,
- c) İflas riskinin azaltılması.

Bununla birlikte kar amacı taşımayan işletmelerde gelecek dönemlere ilişkin bütçe planlamalarını sağlıklı bir biçimde yapabilmek için hava durumu risklerinden korunma ihtiyacı duyabileceklerdir. Farklı sektörlerde faaliyet gösteren farklı aktörlerin hava koşullarından etkilenmesi farklı yönlerde olabilmektedir. Tablo 1’de çeşitli aktörler için riskler özetlenmiştir.

**Tablo.1. Çeşitli Aktörler İçin Risk Etkisi**

<i>Sektör</i>	<i>Risk Faktörü</i>	<i>Etki</i>
Enerji Üreticisi	Sıcak	İlık kış dönemlerinde düşük satış
Kayak Merkezi	Sıcak	Düşük kar yağışı sonucu az sayıda müşteri
Enerji Tüketicisi	Soğuk	Aşırı soğuklar sonucu enerji tüketiminin artması
İnşaat Şirketleri	Soğuk	Aşırı soğuklar ve çığ düşmesi sonucu projelerin ertelenmesi
Belediyeler	Soğuk	Aşırı kar yağışı sonrası temizleme maliyetlerinin artması
Hidro Elektrik Santralleri	Yağış	Kuraklık dönemlerinde üretimin azalması
Deri Ceket Üreticisi	Sıcak	Sıcak geçen kış döneminde satışların düşmesi
Lunapark İşletmesi	Yağış	Aşırı yağış dönemlerinde ziyaretçi sayısının düşmesi

Tablo 1’de görüldüğü üzere farklı aktörler hava durumunda farklı şekillerde etkilenmektedir. Hava durumu türevlerinin fiyatlaması için fiyat endeksleri kullanılmaktadır. Tablo 2’de gerek CME gerekse LIFFE’de kullanılan fiyat endeksleri özetlenmiştir.

**Tablo.2. Fiyat Endeksleri**

HDD	Sıcak dereceli gün
CDD	Soğuk dereceli gün
EDD	Enerji dereceli gün (HDD+CDD)
GDD	Artan dereceli gün
VDD	Değişken dereceli gün
Sel	Metrekareye düşen yağmur
Çiğ	Metrekareye düşen kar
Talebe Bağlı	Yukarıdaki endekslerin karşımı

Kaynak:Ellithorpe ve Putnam,2000:19

İşletmeler beklenen nakit akımlarında sapmaları azaltılmak ve başarılı bir finansal planlama yapabilmek için hava durumundan kaynaklanan risklerden korunmaya ihtiyaç duymaktadırlar.

## **2. HAVA DURUMU RİSKLERİNE KARŞI KORUNMA**

Hava durumuna bağlı türev araçların temelinde sözleşme dönemi boyunca belirli şartların gerçekleşmesi durumunda bir tarafın diğer tarafa ne kadar ödeme yapacağı yer almaktadır (Ellithorpe ve Putnam,2000:19). Hava durumuna dayalı türev araçların temel (dayanak) varlığı hava ölçümüne dayanmaktadır. Ölçümün türü yapılan sözleşmenin şekline bağlıdır. Hava türevlerinin çoğu HDD ve CDD’e dayalı olarak gerçekleştirilmektedir. Bu çalışmada da geliştirilen örnekler HDD ve CDD üzerine olacaktır. Geri kalan sözleşmeler ise belirli bir zaman dilimi içerisinde sel ve çiğ gibi felaketlerin yaşamasını

veya m<sup>2</sup> düşen yağış miktarını içeren sözleşmelerdir. Bununla birlikte bu tür sözleşmelerin %99'unun sıcaklık düzeyi üzerine yapıldığı tahmin edilmektedir (Garman vd., 2000:1).

Bir işletmenin hava koşullarına karşı korunması için değişik seçeneklere sahiptir. İşletmeler açısından ürünlere karşı bir sigorta sağlamak için yaz aylarında CDD ve kış aylarında HDD satın almak, bu seçeneklerin en başta gelenleridir. Örneğin HDD sözleşmesinde dışarıda ölçülen sıcaklığın belirli bir referans değerden (genellikle 18° C) ne kadar farklı olduğu üzerine kurulmaktadır. Referans değerinin 18° C belirlenmesinin sebebi havanın bu derecede ne çok soğuk nede çok sıcak olmasından kaynaklanmaktadır.

Örneğin ölçülen hava sıcaklığı 15° C ise referans değerden 3° C sapa olması nedeniyle sözleşme 3 derece gün olarak tanımlanmaktadır. Bununla birlikte ölçülen sıcaklık zaman içerisinde sabit kalamadığından, günü temsil edecek sözleşmeye konu olacak belirli bir sıcaklığa gereksinim vardır. Bu amaçla çoğunlukla eksiklikleri bulunmakla birlikte, aritmetik ortama yöntemi kullanılmaktadır. Hava durumu türevleri HDD ve CDD için kümülatif değerleri dikkate almaktadır. Dolayısıyla sözleşmenin geçerli olacağı yerlere göre de yıllık HDD ve CDD tahminleri değişecektir. Örneğin İzmir'in HDD sayısı ile Ağrı'nın HDD sayısı farklı olacaktır.

İşletmeler hava durumu riskini yönetmek için opsiyon sözleşmeleri alabilecekleri gibi gelecek sözleşmeleri de yapabilirler. Bu tip sözleşmelerde hava sıcaklığının uygulama derecesini geçmesi durumunda bir tarafın diğerine ödeme yapması kararlaştırılabilir. Benzer bir biçimde bir kayak işletmesi kışın sert geçmesi durumunda gelirlerini arttıracaktır. Bu durumda bir HDD alım opsiyonu satabilir. Eğer kış beklenen ölçüde soğuk geçmezse işletme opsiyondan kaynaklanan ödemeleri alır, beklendiği gibi soğuk geçerse artan gelirleriyle kolaylıkla opsiyonu finanse edebilir.

Çalışmanın bundan sonraki kısmında geliştirilecek bir örnek üzerinde tarafların ödemeleri ve sözleşmenin yapısı incelenecektir.

### 3. OPSİYON FİYATLAMASI

Hava durumuna dayalı opsiyon sözleşmelerinin fiyatlaması (opsiyon priminin değerinin belirlenmesi) büyük önem taşımaktadır. Genellikle HDD ve CDD fiyatlamasında Burn Analizi ve Gaussian Fiyatlama Modeli kullanılmaktadır. Bu çalışmada benimsenen yöntem Gaussian fiyatlama modelidir. Bu fiyatlama modeli hesaplanmasının göreceli olarak daha kolay olması sebebiyle, Burn<sup>3</sup> analizine tercih edilmektedir.

Modelin temelinde üç değişken bulunmaktadır. Bunlar sırasıyla

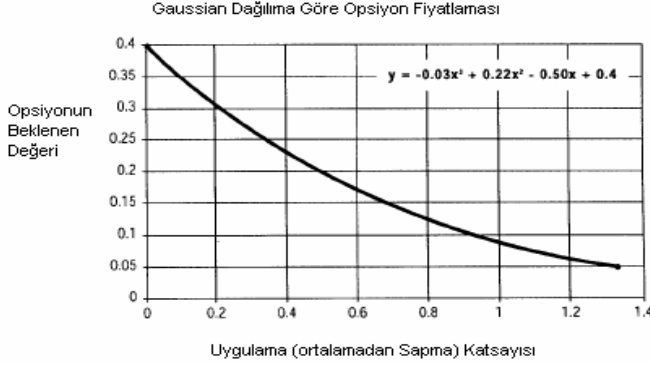
- Sıcaklık dağılımının standart sapması
- Ortalamaya göre uygulama değerinin uzaklığı (standart sapma)
- Derece başına ödenecek tutar

Gaussian dağılıma dayalı fiyatlama modeli Çizim 1'de gösterilmiştir.

---

<sup>3</sup> Burn analizinin temelinde geçmiş sıcaklık verilere dayanarak geçmişe yönelik bir sıcaklık endeksi oluşturma ve oluşturulan endekse dayalı olarak yıllık ödemelerin belirlenmesi yer almaktadır.

### Çizim 1. Gaussian Modele Göre Opsiyon Fiyatlaması



Kaynak: [www.cme.com/weather/introweather.pdf](http://www.cme.com/weather/introweather.pdf) 01.12.2009

Bu modele göre eğer belirli bir bölgedeki HDD veya CDD'nin ortalaması ve standart sapması biliniyorsa opsiyon değeri de kolaylıkla bulunabilir. Örneğin, CDD opsiyon sözleşmesinin ilgili dönemdeki standart sapması 0.4 CDD, ortalaması 1.000 CDD, uygulama katsayısı<sup>4</sup> 0.630 ve uygulama derecesinin 1.080 olduğu kabul edildiğinde günlük bir derecelik sapma için 2.000 TL ödeme sağlayan bir sözleşmenin değeri

Opsiyon değeri:  $2.000 \times 0.630 \times 100 = 126.600$  TL olarak hesaplanabilecektir.

Bu modele göre opsiyon fiyatlaması için en önemli sorun CDD ve HDD'ler için geçmişe dönük bir ortalamanın hesaplanmasıdır. Fiyatlama yapılırken ne kadar geçmişe dönüleceği (1 yıl, 10 yıl, 30 yıl) ortalamanın belirlenmesi açısından önemli bir sorun yaratmaktadır. Çünkü hava durumunun kendisi sabit bir değişim göstermemektedir. Bu durumda genellikle on yıllık

<sup>4</sup> Çizim 2'deki denklem kullanılarak hesaplanan katsayı.



dönemler kullanılmakta ve meteoroloji uzmanları tarafından belirlenebilecek normal değerler kullanılmaktadır.

#### 4. UYGULAMA

Çalışmanın bu kısmında HDD (sıcak hava) ve CDD (soğuk hava) üzerine hazırlanacak opsiyon sözleşmeleri kullanarak sözleşmenin taraflara yüklediği ödemeler ve bu opsiyonların potansiyel faydaları ortaya konulacaktır.

Önce genel olarak HDD ve CDD üzerinden ödemelerin hangi aşamada yapıldığına ilişkin genel bir örnek verilecek daha sonra soğuk hava koşullarından oldukça fazla etkilenen sektörlerden bir tanesi olan hava taşımacılığı sektöründe uygulaması ve üç sanayi şehrinde (İzmir, İstanbul ve Kocaeli) soğuk hava koşullarının işletmelerinin nakit akımlarını olumsuz yönde etkileme beklentisi sonucu işletmelerin kullanabilecekleri opsiyon sözleşmelerinden örnekler verilecektir.

Daha önce belirtildiği gibi hava durumu türevleri için dayanak varlık, HDD ve CDD olarak tanımlanan ölçü birimleri ve her ölçü birimi için belirlenen birim fiyatlardan oluşmaktadır.

HDD ve CDD ödemeleri aşağıdaki gibi hesaplanmaktadır.

*Günlük HDD: Max (0, referans derece-günlük ortalama derece)*

*Günlük CDD: Max (0, referans derece-günlük ortalama derece)*

Referans derece: 18° C

HDD ve CDD değerleri mevsimlik veya aylık olarak hesaplanmaktadır. Tablo 3'de İzmir ili için Kasım ayı beş günlük örnek HDD ve Aralık ayı beş günlük CDD değerleri hesaplanmıştır.

**Tablo.3. Örnek HDD ve CDD Hesaplama**

HDD Hesaplama						Toplam HDD
Kasım Ayı-Referans Değer 18°C						
	1. Gün	2. Gün	3. Gün	4. Gün	5. Gün	
Günlük Ortalama Sıcaklık	25 <sup>o</sup>	26 <sup>o</sup>	23 <sup>o</sup>	23 <sup>o</sup>	23 <sup>o</sup>	
Günlük HDD	7	8	5	5	5	30
CDD Hesaplama						Toplam CDD
Aralık Ayı-Referans Değer 18°C						
	1. Gün	2. Gün	3. Gün	4. Gün	5. Gün	
Günlük Ortalama Sıcaklık	15 <sup>o</sup>	15 <sup>o</sup>	17 <sup>o</sup>	17 <sup>o</sup>	16 <sup>o</sup>	
Günlük CDD	3	3	1	1	2	10

Tablo 3'e dayalı örnek bir opsiyon sözleşmesi aşağıdaki gibi hazırlanabilir.

*Opsiyon Türü:* Alım

*Temel Varlık:*HDD

*Sözleşme Süresi:* 1 Aralık 2008-1 Nisan 2009

*Uygulama Değeri:* 3.000

*Birim değeri (Tick):* 1.000 TL

*Maksimum Ödeme:* 1.000.000 TL

*Opsiyon Primi:* 100.000 TL

Yukarıda hazırlanan opsiyon sözleşmesinde ilgili dönemde HDD sayısı 3.000'e ulaştığında sözleşme uygulamaya konulacak ve her bir HDD için 1.000 TL ödemeye yapılacaktır. Bu sözleşmede taraflar için maksimum ödeme tutarı 1.000.000 TL'dir.

Aynı kapsamda bir satım opsiyonu incelendiğinde ise, örneğin soğuk havalarda İzmir Adnan Menderes Havaalanı İşletmesinin pist bakım giderlerinin artması ve bazı uçuşlarının iptal olmasının sebep olacağı riski yönetmek için, soğuk hava riskine karşı aşağıdaki gibi bir opsiyon alınabilir.

*Opsiyon Türü:* Satım

*Temel Varlık:*HDD

*Sözleşme Süresi:* 1 Aralık 2008-1 Nisan 2009

*Uygulama Değeri:* 5.000 HDD

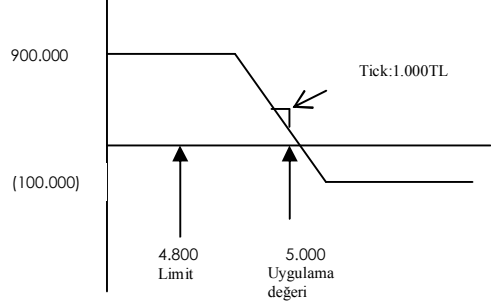
*Birim değeri:* 1.000 TL

*Maksimum Ödeme:* 1.000.000 TL

*Opsiyon Primi:*100.000 TL

Sözleşme ödemeleri Çizim 2 üzerinde görülebilmektedir.

## Çizim.2.HDD Satım Opsiyonu Ödemeleri



Beklenen risk gerçekleşirse (havanın aşırı soğuk olması) uçuşların iptal olmasının yaratacağı riskin 1.000.000 TL'lik kısmı bu sözleşmenin karşı tarafınca karşılanacaktır. Havaalanı işletmesi bu sözleşmeyi ödemek için 100.000 TL'lik bir ödeme yapmayı göze almalıdır. Benzeri örnekler otel işletmeleri, yerel yönetimler ve sanayi kesimine kadar beklenen nakit akımları hava durumundan etkilenen tüm işletmeler için verilebilir.

Örneğin Aralık ve Ocak ayları için ortalama sıcaklıklar ve sapmalar Tablo 4'de olduğu gibi varsayalım.

**Tablo. 4. Ortalama Sıcaklıklar ve Sapmalar**

	Ortalama	Sapma
Aralık CDD°	15	4
Ocak CDD°	10	8

Soğuk hava şartları sebebiyle artan enerji maliyetlerinden endişe eden bir işletme gelecek kış döneminde soğuk havanın neden olacağı riski yönetmek için aşağıdaki gibi bir sözleşme alabilir. Örnekte işletmenin kendisini 200°'lik bir sapma için korumak istediği kabul edilmiştir. İşletme Aralık ayı için 80 derecelik

ve Ocak ayı için 120 derecelik bir alım opsiyonu (sapmanın daha yüksek olduğu ayda daha fazla korunmak amacıyla hareket edildiği kabul edilmiştir) alacaktır. Derece başına 1.000 TL ödeme olduğu varsayıldığında opsiyon için ödeme aşağıdaki gibi ifade edilebilir.

$$\text{Alım Opsiyon Ödemesi (Ocak): } 1000 \text{ TL} \times \text{Max}(0, \text{CDD}_{VT} - 80)$$

$$\text{Alım Opsiyon Ödemesi (Şubat): } 1000 \text{ TL} \times \text{Max}(0, \text{CDD}_{VT} - 120)$$

$\text{CDD}_{VT}$ : sözleşme dönemi boyunca kümülatif CDD değerini ifade etmektedir.

Eğer işletme tüm dönem için tek bir sözleşme almak isterse bu durumda işletmenin iki aylık ortalama CDD ve sapma değerlerine ihtiyacı vardır. Ortalama CDD, iki ayın aritmetik ortalamasından hesaplanabilir. Ancak sapma değerlerinin basit ortalaması dönemin ortalamasını yansıtmayacaktır. Bu durumda dönemin sapma değerini bulmak için

$$\text{Sapma (Aralık+Ocak)} = \left( \text{Sapma(Aralık)}^2 + \text{Sapma(Ocak)}^2 + 2k\text{Sapma(Aralık)} \right) \text{Sapma(Ocak)}^{1/2}$$

formülü kullanılabilir. Formülle yer alan “k” Aralık ayındaki CDD ile Ocak ayındaki CDD arasındaki korelasyonu ifade etmektedir.

Yukarıdaki sözleşmeyi hazırlayan tarafın (karşı taraf) olağanüstü hava koşulları nedeniyle aşırı bir mali yükümlülük altına girmemesi için sözleşmeye bağlı olarak maksimum ödeme tutarı belirtilebilir. Bu durumun matematiksel ifadesi aşağıdaki gibi olacaktır.

*Alım Opsiyonu Ödemesi: Min ( (TL/derece günler) $\times$ Max((0,  $CDD_{vT}-2.000$ ),  $b$ )*

$b$ : maksimum ödeme miktarını göstermektedir.

Örneğin, sözleşmeyi satan taraf maksimum 250.000 TL ödeme yapmayı kabul edebiliyorsa bu durumda sözleşme ödemesi aşağıdaki gibi ifade edilecektir.

*Alım Opsiyonu Ödemesi: Min ( (TL/derece günler) $\times$ Max((0,  $CDD_{vT}-2.000$ ), **250.000TL**)*

Benzer bir biçimde turizm merkezleri, büyükşehir belediyeleri ve sanayi merkezleri gibi hava koşullarına bağlı olarak beklenen nakit akımlarında büyük sapmalar yaşanabilecek her alan için benzer sözleşmeler yapılabilir. Tablo.5'te üç sanayi merkezi için hava türevleri ile ilgili olarak bir fiyatlandırma tablosu oluşturulmuştur.

**Tablo.5. Üç İl İçin Hava Türevleri Fiyat Tablosu**

Yer	Günler	Dönem	Uygulama Değeri	Opsiyon Tipi	Alış (000)TL	Satış (000)TL	Birim Değer (TL)	Maksimum Ödeme Tutarı (TL)
İzmir	CDD	Eylül-Aralık	5.000	Alım	170	190	1.000	1.000.000
İstanbul	CDD	Kasım-Ocak	7.000	Alım	200	220	1.000	1.000.000
Kocaeli	CDD	Kasım-Mart	7.000	Alım	170	195	1.000	1.000.000

Tablo 5 incelendiğinde üç farklı sanayi şehri için hava türevi fiyat tablosu görülmektedir. Özellikle kötü hava koşullarına (sel, kar vb.) bağlı olarak bu şehirlerdeki sanayinin beklenen nakit akımlarında önemli ölçülerde sapmalar gerçekleşebilir. Kapasite kullanım oranlarının düşmesi, zorunlu izin, makine ve teçhizat alt yapısının zarar görmesi ve lojistik faaliyetlerinde yaşanabilecek olumsuzlukların geleneksel sigorta işlemleriyle tam olarak karşılanmasının mümkün olmadığı durumlarda, benzeri hava durumu sözleşmelerinin alınması bu tür risklere karşı önemli ölçüde korunma sağlayabilmektedir.

## SONUÇ

Birçok araştırmacı küresel ısınmaya bağlı olarak gelecekte hava durumuna bağlı doğal felaketlerin insan yaşamını üzerinde büyük etkileri olacağını ileri sürmektedir. Geçmişte yaşanan bir çok doğal felaket iş yaşamını çok etkilemiş konunun beşeri yönünün yanı sıra ekonomik açıdan da önemli maliyetlerin oluşmasına sebep olmuştur.

Hava durumuna bağlı türev araçlar, hava durumunda meydana gelebilecek beklenmeyen değişmelerin gerek iş yaşamı gerekse sosyal hayatta meydana getirebileceği maliyetlerin aşağıya çekilmesi amacıyla geliştirilmiş finansal varlıklardır. Özellikle artan enerji maliyetleri bu tür sözleşmelere olan talebin artmasında büyük bir rol oynamaktadır.

Hava durumuna dayalı sözleşmelerin Türkiye’de uygulamaya geçilebilmesi için öncelikli olarak tezgahüstü piyasada bu tür sözleşmelerin alınıp satılabilmesi gerekmektedir. Zaman içerisinde bu piyasanın genişleyip büyümesi için ise bu amaçla faaliyet gösteren organize bir borsaya ihtiyaç bulunmaktadır. İzmir’de kurulu bulunan Vadeli İşlem ve Opsiyon Borsasında bu tür sözleşmelerin işlem görmesi sağlanabilir. İklim piyasası, günümüze kadar çoğunlukla tezgahüstü piyasada büyüme imkânı elde etmiş olmakla birlikte, bu tür piyasalar için en önemli

konu olan objektif fiyatın belirlenmesi ve daha çok aktörün bu piyasaya katılması ancak organize bir borsa aracılığıyla gerçekleştirilebilir.

Çalışmada hava durumu türevlerinin teorik yapısı incelendikten sonra, geliştirilen bir örnek üzerinde opsiyon fiyatlama süreci matematiksel olarak gösterilmiş ve daha sonra üç farklı örnek il için bir fiyatlama tablosu oluşturulmuştur.

### KAYNAKÇA

**ELLITHORPE D.** ve Putnam S. (2000). Weather Derivatives and Their Implications for Power Market, The Journal of Risk Finance, Winter

**GARMAN M.**, Balnco C. ve Erickson R. (2000). Seeking Standard Pricing Model, Environmental Finance, Mart

**JEWSON S.** ve Brix A. (2005). Weather Derivative Valuation The Meteorological, Statistical, Financial and Mathematical Foundations, Cambridge University Press

**SHIYONG Y.** (2003). Weather Derivatives and Seasonal Forecast, Doctoral Dissertations, Cornell University

**TINDALL J.** (2006). Weather Derivatives: Pricing and Risk Management Applications, Institute of Actuaries of Australia,

[www.cme.com/weather/introweather.pdf/01.12.2](http://www.cme.com/weather/introweather.pdf/01.12.2)

009