

**T.C.  
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ  
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ  
İKTİSAT ANABİLİM DALI**

**YENİLENEBİLİR DOĞAL KAYNAKLAR, DIŞSALLIKLAR VE  
ULUSLARARASI TİCARET ARASINDAKİ İLİŞKİNİN AÇIK  
ERİŞİM DENGE MODELİYLE ANALİZİ**

**Gökhan GÜVEN**

**DOKTORA TEZİ**

**Danışman: Prof. Dr. Selim İNANÇLI**

**MAYIS - 2023**

**T.C.**  
**SAKARYA ÜNİVERSİTESİ**  
**SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ**

**YENİLENEBİLİR DOĞAL KAYNAKLAR, DIŞSALLIKLAR  
VE ULUSLARARASI TİCARET ARASINDAKİ İLİŞKİNİN  
AÇIK ERİŞİM DENGE MODELİYLE ANALİZİ**

**DOKTORA TEZİ**

**Gökhan GÜVEN**

**Enstitü Anabilim Dalı: İktisat**

**“Bu tez 25/05/2023 tarihinde yüz yüze olarak savunulmuş olup aşağıdaki isimleri bulanan  
jüri üyeleri tarafından oybirliği ile kabul edilmiştir.”**

<b>JÜRİ ÜYESİ</b>	<b>KANAATI</b>
Prof. Dr. Selim İNANÇLI	Başarılı
Prof. Dr. Aziz KUTLAR	Başarılı
Prof. Dr. Mustafa Cahit UNGAN	Başarılı
Prof. Dr. Selim YILDIRIM	Başarılı
Prof. Dr. Erkan ÖZATA	Başarılı

## ETİK BEYAN FORMU

Enstitünüz tarafından Uygulama Esasları çerçevesinde alınan Benzerlik Raporuna göre yukarıda bilgileri verilen tez çalışmasının benzerlik oranının herhangi bir intihal içermediğini; aksinin tespit edileceği muhtemel durumda doğabilecek her türlü hukuki sorumluluğu kabul ettiğimi ve Etik Kurul Onayı gerektiği takdirde onay belgesini aldığımı beyan ederim.

**Etik kurul onay belgesine ihtiyaç var mıdır?**

**Evet**

**Hayır**

(Etik Kurul izni gerektiren araştırmalar aşağıdaki gibidir:

- Anket, mülakat, odak grup çalışması, gözlem, deney, görüşme teknikleri kullanılarak katılımcılardan veri toplanmasını gerektiren nitel ya da nicel yaklaşımlarla yürütölen her türlü araştırmalar,
- İnsan ve hayvanların (materyal/veriler dahil) deneysel ya da diğer bilimsel amaçlarla kullanılması,
- İnsanlar üzerinde yapılan klinik araştırmalar,
- Hayvanlar üzerinde yapılan araştırmalar,
- Kişisel verilerin korunması kanunu gereğince retrospektif çalışmalar.)

**Gökhan GÜVEN**

**25/05/2023**

## ÖNSÖZ

Doktora öğrenimim boyunca ve tez yazım sürecinde kıymetli desteğini, akademik bilgisini ve en önemlisi güleryüzünü hiçbir zaman esirgemeyen, çıkmaza girdiğim noktalarda kıymetli yorumlarıyla önemli katkılarda bulunan danışmanım Prof. Dr. Selim İNANÇLI' ya teşekkürlerimi sunarım. Ayrıca, tez yazım sürecinde kapısı her daim bana açık olan ve tecrübelerini paylaşmaktan imtina etmeyen Prof. Dr. Aziz KUTLAR'a da şükran borçluyum.

Çalışmanın matematiksel bölümlerini inceleme nezaketi gösteren Dr. Öğr. Üyesi Ünal Ozan KAHRAMAN hocama da teşekkür etmeyi bir borç bilirim.

**Gökhan GÜVEN**

**25/05/2023**

# İÇİNDEKİLER

KISALTMALAR.....	iii
TABLO LİSTESİ.....	iv
ŞEKİL LİSTESİ .....	v
ÖZET .....	vi
ABSTRACT .....	vii

GİRİŞ.....	1
------------	---

## BÖLÜM 1: AÇIK ERİŞİM KAYNAK MODELİ, DIŞSALLIKLAR, DURAĞAN DURUM, KARARLI DENGE VE DIŞ TİCARET POLİTİKASI İLİŞKİSİ .....

1.1. Açık Erişim Kaynak Modeli Tanım ve Kapsamı .....	10
1.1.1. Açık Erişim Kaynak Rejimleri ve Mülkiyet Hakları.....	11
1.1.2. Açık Erişim Kaynak Rejimleri ve Ekonomik Etkileri.....	13
1.1.3. Açık Erişim Kaynak Rejimleri ve Kaynak Azalım Problemi .....	14
1.2. Açık Erişim Modeli Kapsamında Endüstriyel Kirliliğe Bağlı Dışsallık .....	15
1.2.1. Dışsal Maliyet Unsuru Olarak Endüstriyel Kirlilik.....	16
1.2.2. Endüstriyel Kirliliğin Balıkçılık Faaliyetleri Üzerindeki Etkileri.....	17
1.2.3. Açık Erişimli Modellerde Endüstriyel Kirlilik Sorununa Yönelik Çözümler 18	
1.3. Açık Erişim Kapsamında Durağan Durum ve Kararlı Denge Modeli.....	19
1.3.1. Durağan Durum Denge Kavramının ve Kararlı Dengenin Tanımlanması ....	20
1.3.2. Durağan Durum Dengesi ve Sürdürülebilirlik .....	21
1.3.3. Kararlı Dengenin Matematiksel Tanımı .....	22
1.4. Açık Erişim Modeli Kapsamında Dış Ticaret Politika Uygulamaları .....	23
1.4.1. Uluslararası Ticaret ve Çevresel Sermaye Stoğu Arasındaki İlişki.....	23
1.4.2. Doğal Kaynak Stokları ve Dış Ticaret Politikaları.....	25
1.5. Yenilenebilir Kaynak Stoğunun İçerik ve Kapsamı .....	27
1.6. Literatür Taraması .....	30

## BÖLÜM 2: KAPALI EKONOMİDE YENİLENEBİLİR KAYNAK STOĞUNUN DURAĞAN DURUM DENGESİNİN İSTİKRARLILIK ANALİZİNİN CEBİRSEL KANITLARININ GÖSTERİMİ .....

2.1. Dışsallık Etkeninin Yenilenebilir Kaynak Tüketimi Olduğu Ekonomi Modeli .....	47
2.1.1. Yenilenebilir Kaynak Stoğu Büyümesi .....	47

2.1.2. Üretim ve Arz .....	49
2.1.3. Fayda Fonksiyonu, Tüketim ve Talep .....	51
2.1.4. Kısa Dönem Kapalı Ekonomi Dengesi (Ricardocu Geçici Denge) .....	53
2.1.5. Durağan Durum Dengesine Geçiş .....	55
2.1.6. Kapalı ekonomi Durumu Durağan Durum Dengesinin Cebirsel Analizi.....	58
2.2. Üretim Sektörü Kaynaklı Dışsal Kirliliğin Olduğu Kapalı Ekonomi Modeli .....	65
2.2.1. Modelin Temel Değişkenleri ve Yenilenebilir Kaynak Stoğu Büyümesi .....	65
2.2.2. Kısa Dönem Üretim Olanakları Eğrisi ve Geçici Ricardocu Denge .....	69
2.2.3. Durağan Durum Dengesine Geçiş ve Üretim Olanakları Eğrisi .....	70
2.2.4. M Üretim Malı Arz Eğrisinin ve Talep Eğrilerinin Tanımlanması .....	73
2.3. Aşırı Yenilenebilir Kaynak Tüketimi $H(t)$ ve Üretim Sektörü Kaynaklı Dışsal Kirlilik $Z(t)$ 'nin Kaynak Stoğunu Eş Zamanlı Etkilediği Kapalı Ekonomi Modeli .....	81
2.3.1. Temel Değişkenler ve Kaynak Stoğu Büyüme Fonksiyonu .....	82
2.3.2. Arz, Talep Fonksiyonları ve Kısa Dönem Ricardocu Denge .....	84
2.3.3. Durağan Durum Dengesi ve Denge Noktalarının Kararlılık Analizi .....	85
<b>BÖLÜM 3: AÇIK EKONOMİ'DE İKİ ÜLKE ARASINDA DIŞ TİCARET MODELİNİN ANALİZİ .....</b>	<b>106</b>
3.1. Kaynak Stoğu $[S(t)]$ Üzerinde Negatif Yönlü Baskın Etkinin Belirlenmesi.....	106
3.2. İki Ülkeli Uluslararası Dış Ticaret Modelinin Varsayımları .....	108
3.3. İki Ülkeli Uluslararası Dış Ticaret Modelinin Pozitif Çözümlemesi .....	110
3.4. Dış Ticaret Sonrası Refah Analizi .....	129
3.5. Durağan Durum Dengesine Geçiş Sürecinin Refah Açısından Analizi .....	133
3.6. Ticaret Politikaları .....	142
3.6.1. İthalat Gümrük Vergisi.....	144
3.6.2. İhracat Gümrük Vergisi.....	159
<b>SONUÇ .....</b>	<b>166</b>
<b>KAYNAKÇA.....</b>	<b>173</b>
<b>EK .....</b>	<b>188</b>
<b>ÖZGEÇMİŞ .....</b>	<b>219</b>

## KISALTMALAR

<b>FAO</b>	: Gıda ve Tarım Örgütü
<b>MEA</b>	: Binyıl Ekosistem Değerlendirmesi
<b>NAFTA</b>	: Kuzey Amerika Serbest Ticaret Alanı
<b>WTO</b>	: Dünya Ticaret Örgütü
<b>vb.</b>	: ve benzeri

## TABLO LİSTESİ

- Tablo 1:** Uzun Dönem Üretim Olanakları Eğrisinin Konveks Bölümünün Özeti.....211
- Tablo 2:** Uzun Dönem Üretim Olanakları Eğrisinin Konkav Bölümünün Özeti.....212



## ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 1: Kapalı Ekonomi Sabit Stok Seviyesinde Çizilen Üretim Olanakları Eğrisi.....	54
Şekil 2: Durağan Durum Dengesine Geçiş.....	56
Şekil 3: Kapalı Ekonomi Sabit Stok Seviyesinde Çizilen Üretim Olanakları Eğrisi.....	70
Şekil 4: Dışbükey Durağan Durum Üretim Olanakları Eğrisinde Eğimler.....	73
Şekil 5: <i>M</i> Üretim Malı için Durağan Durum Talep ve Arz Seviyesi.....	76
Şekil 6: Kirlilik ve Açık Erişim Dışsallığının Eşanlı Yer Aldığı Kapalı Ekonomi Durağan Durum Dengesi.....	86
Şekil 7: Kapalı Ekonomi Durağan Durum Dengelerinin Kararlılık Analizi.....	104
Şekil 8: Kapalı Ekonomi Durumunda Ana Ülke Görelî Arz Eğrisi.....	112
Şekil 9: Kapalı Ekonomi ve Dış Ticaret Sonucu Oluşan Görelî Arz ve Talep Eğrileri...	114
Şekil 10: Dış Ticaret Sonrası Yabancı Ülkenin Refah Analizi.....	130
Şekil 11: Dış Ticaret Sonrası Ana Ülkenin Refah Analizi.....	132
Şekil 12: Dış Ticaret Sonrası Durağan Durum Geçiş Sürecinin Analizi.....	138
Şekil 13: Birim Yarıçaplı Çember Üzerinde Alanın Gösterimi.....	200
Şekil 14: Birim Yarıçaplı Hiperbolik Fonksiyon Üzerinde Alanın Gösterimi.....	201
Şekil 15: Birim Yarıçaplı Hiperbolik Fonksiyon Üzerinde Alanın Hesaplanması.....	203
Şekil 16: Kapalı Ekonomi Uzun Dönem Üretim Olanakları Eğrisinin $\gamma$ Değerine Göre Eğriliği.....	208
Şekil 17: Uzun Dönem Üretim Olanakları Eğrisi Üzerinde Baskın Etkilerin Gösterimi.....	210

## ÖZET

**Başlık:** Yenilenebilir Doğal Kaynaklar, Dışsallıklar ve Uluslararası Ticaret Arasındaki İlişkinin Açık Erişim Denge Modeliyle Analizi

**Yazar:** Gökhan GÜVEN

**Danışman:** Prof. Dr. Selim İNANÇLI

**Kabul Tarihi:** 25/05/2023

**Sayfa Sayısı:** vii (ön kısım) + 219 (ana kısım)

Bu çalışmada yenilenebilir kaynak stoğu üzerinde yer alan iki farklı negatif dışsallığın ayrı ayrı ve eş anlı olarak var olduğu ekonomilerdeki kararlılık analizi ve dış ticaret politikalarının refah, çevre stoğu ve yerel fiyatlar üzerindeki etkileri incelenmektedir. İlgili negatif dışsallıklar, mülkiyet haklarının eksik tanımlandığı ve açık kaynak erişimi kaynaklı “aşırı yenilenebilir kaynak kullanımı” ve düzgün regülasyona tabi olmayan üretim sektörünün yarattığı “kirlilik” olarak adlandırılmaktadır. İlk bölümde, kapalı ekonomi durumunda durağan durum dengesinin kararlılık analizi cebirsel olarak yapılmaktadır. Dışsallıkların birbirinden bağımsız ve eş anlı var olduğu üç farklı durum için, durağan durum denge noktaları bulunmakta ve bu denge noktalarının kararlı olup olmadığı matematiksel olarak kanıtlanmaktadır.

İkinci bölümde, iki ülkeli dış ticaret modeli analiz edilmektedir. Kirlilik parametrelerinin aldığı değer bakımından ülkeler farklılaşmaktadır; fakat bu parametreler düşük değerler aldığı için üretim sektörünün göreceli olarak daha düzgün bir şekilde regülasyona tabi tutulduğu varsayılmaktadır. Bu farklılaşma ticaretin yönünü belirlemektedir. Kaynak stoğunu girdi faktörü olarak kullanan ürünü ihraç eden ülke dış ticaret sonucu kayıp yaşarken, kaynak stoğunu kirleten ürünü ihraç eden ülke ise dış ticaret sonucunda kazanç sağlamaktadır. İki farklı negatif dışsallığın bulunduğu durumda, yalnızca tek bir dışsallığı düzgün bir şekilde regülasyon tabi tutmak, ilgili ülke dış ticarete açıldığı zaman refah kaybı yaşamasına neden olmaktadır. Eş anlı olarak dışsallıkların düzenlenmesi ve içselleştirilmesi gerekmektedir.

Pareto iyileşme açısından ithalat gümrük vergisinin, ihracat gümrük vergisine üstün geldiği sonucu modelin sonuçlarından bir diğeri olarak tespit edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Açık Kaynak Erişimli Yenilenebilir Kaynak, Kirlilik, Uluslararası Ticaret, Dış Ticaret Politikaları

## ABSTRACT

**Title of Thesis:** Analysis of The Relationship Between Renewable Natural Resources, Externalities and International Trade Using An Open Access Equilibrium Model

**Author of Thesis:** Gökhan GÜVEN

**Supervisor:** Prof. Dr. Selim İNANÇLI

**Accepted Date:** 25/05/2023

**Number of Pages:** vii (pre text) + 219  
(main body)

This paper analyses the effects of stability analysis and trade policies on welfare, environmental stock and local prices in economies where two different negative externalities on the renewable resource stock exist separately and simultaneously. These negative externalities are called "excessive usage of renewable resources" due to imperfectly defined property rights and open resource access and "pollution" caused by an imperfectly regulated production sector. In the first section, the stability analysis of the steady-state equilibrium in the closed economy case is carried out algebraically. For three different cases where externalities exist independently and simultaneously, steady-state equilibrium points are found and it is mathematically proved whether these equilibrium points are stable or not.

In the second part, a two-country trade model is analysed. Countries differ in terms of the values of pollution parameters, but since these parameters take low values, it is assumed that the production sector is relatively more properly regulated. This differentiation determines the direction of trade. The country exporting a good that uses the resource stock as an input factor loses as a result of foreign trade, while the country exporting a good that pollutes the resource stock gains as a result of foreign trade. In the presence of two different negative externalities, properly regulating only one externality leads to a welfare loss when the country opens up to foreign trade. Externalities need to be simultaneously regulated and internalised.

Another result of the model is ascertained that import customs taxation is superior to export customs tax policy in terms of Pareto improvement.

**Keywords:** Open Access Renewable Resource, Pollution, International Trade, Foreign Trade Policies

## GİRİŞ

Yenilenebilir kaynak stoğu ve dış ticaret arasındaki ilişki bir ülkenin refah seviyesi üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğu için, bu konu, her zaman uluslararası ticaret tartışmalarının merkezinde yer almıştır (Abman and Lundberg, 2020). Ticaretin çevre üzerindeki etkileri sadece ülkenin kaynak stoğuna ilişkin rekabetçiliği gündeme getirmemekte, aynı zamanda, üretim maliyetlerini, ticari yönelimleri ve endüstrilerin küresel konumlanmalarının da dikkate alınmasını gerektirmektedir. Bu durum ticaret sonucu refah düzeyini doğrudan etkilemektedir. Ekonomik Kalkınma ve İş birliği Örgütü'nün (OECD) 1970'li yılların ortalarına doğru yürürlüğe koyduğu çevresel koruma politikaları ticaret üzerinde uygulanmaya başlanmış, bu da ticaret ve çevre arasındaki karşılıklı ilişkiyi inceleyen pek çok çalışmanın yapılmasında etkili olmuştur (Jayadevappa ve Chhatre, 2000: 176). Bailey (1993) yaptığı çalışmada ortaya koyduğu tespitlere göre iki farklı entelektüel durum ortaya çıkmaktadır. Bunlardan birincisi dış ticaret vasıtasıyla ülkelerin birbirleriyle daha çok eklemlenmesini savunan ve “küreselleşme yanlıları” olarak adlandırılan görüştür. Buna göre, dış ticaret sonucunda ülke refah seviyesini arttırırken aynı zamanda da çevre ve emek ile ilgili daha gelişmiş standartları ortaya koyabilmektedir. Tartışmanın diğer kısmını oluşturan ve “küreselleşme karşıtları olarak” adlandırılan görüşe göre, dış ticaretin yapılması sonucunda ülkelerin kısa vadeli refah ve gelir seviyelerinde artışlar gözlemlense de uzun vadede küreselleşmenin etkisiyle çevre ve emek standartlarının gerilemesiyle karşılaşılacağını iddia etmektedir (Bhagwati, 1993:44). İki tarafında görüşleri ideolojik bir altyapıya sahip olduğu için, 1980 sonrasında ortaya çıkan ve “ılımlılar” olarak adlandırılan entelektüeller ise hangi koşullar altında dış ticaretin verimli ve faydalı olacağını modellemeye çalışmışlardır.<sup>1</sup> Dış ticaretin çevre üzerinde yarattığı etkiler ve farklı çevresel dışsallıkların var olduğu durumlarda bu etkilerin nasıl hareket ettiği 1990 sonrası literatürde çok önemli bir yer tutmaktadır. Yenilenebilir kaynak stokunun bir üretim girdisi olarak kullanıldığı modeller, birinci tür çevresel dışsallık olarak adlandırılırken, kaynak stokunu azaltan üretim kaynaklı kirlilik ise ikinci tür dışsallık olarak literatürde yer almaktadır. Ayrıca güncel tartışmalarda sık sık karşılaşılan aşırı kaynak mal tüketimi ve sınır ötesi etkilerinin diğer ülkedeki kaynak malı üretim

---

<sup>1</sup> Bu konuya ilişkin ampirik bir analiz Antweiler vd. (2001) makalesinde mevcuttur.

verimliliğini olumsuz yönde etkilediği çevresel dışsallık çeşitleri de incelenmektedir (Anriquez, 2005).

### **Çalışmanın Konusu**

Dış ticaret ve çevre arasındaki ilişkileri inceleyen çalışmalarda, yukarıda sınıflandırılan negatif dışsallıkların çoğunlukla tekil bir örnek olarak modellendiği gözlemlenmektedir. Bu dışsallıkların yalnızca birini modellemek sonuçların analiz edilmesini basitleştirse bile gerçekçilikten uzaktırmaktadır. Bu şekilde kurgulanan modeller, dışsallıkların eşanlı olarak var olduğu gerçek hayat üzerindeki etkilerine cevap verememektedir. Rus (2016) ve Li ve Yanase (2022) çalışmalarında yapmış oldukları modellerinde yenilenebilir kaynak stokunun aşırı tüketimi ve kirlilik dışsallıklarını eşanlı olarak analiz etmektedir. Ancak, Rus (2016) çalışmasında dış ticaret analizini yalnızca küçük açık ekonomi için yapmıştır. Yani, göreceli dünya fiyatları veri olarak alınarak dış ticaret etkileri incelenmiştir. Li ve Yanase (2022) çalışmasında, fiyat içselleştirilmekle birlikte, dış ticaret politikalarının etkileri tartışılmamıştır. Bu çalışmada ise, her iki dışsallığında eşanlı olarak var olduğu durumlar için iki ülkeli dış ticaret modeli analiz edilmektedir. Modelde, göreceli fiyat seviyesi içselleştirilmektedir ve aynı zamanda, kirlilik parametrelerinde varsayılan farklılıkların veri olarak alındığı durumda, dış ticaret politikalarının etkileri de analiz edilmektedir. Kirlilik seviyeleri farklılaştırılarak ülkelerin dış ticaret yönelimleri belirlenirken, aynı zamanda gerçek dünya örneğine göre gelişmekte olan iki ülke arasında ticaret yapıldığı varsayımı geçerli olmaktadır. Modelin literatürdeki diğer çalışmalardan en önemli farkı, iki farklı negatif dışsallığın bulunduğu durumda, üretim sektörlerinin yarattığı kirlilik dışsallığı devletin düzenlemelerine uygun bir biçimde azaltılmasına rağmen, açık kaynak erişim probleminin devam etmesine bağlı olarak ortaya çıkan sonuçların hem serbest ticaret koşullarında hem de ithalat ve ihracat gümrük vergilerinin dahil edildiği durumlarda incelenmesidir.

### **Çalışmanın Amacı**

Bu çalışmanın amacı gelişmekte olan iki ülke arasındaki dış ticaret ilişkisi ile iki farklı negatif dışsallığın eşanlı olarak bulunduğu durumda, dış ticaret politikalarının ne şekilde gerçekleşeceğini modellemektir. Durağan durum dengesinde ve dengeye geçiş sürecinin

her bir noktasında, modelde tanımlanan her iki nihai malı da aynı anda üreten ülkenin dış ticaret sonucunda hangi koşullara bağlı olarak her zaman zararlı çıkacağını gösterilmesi de modelin ortaya koyduğu diğer bir hedeftir. Ayrıca, ilgili ülkelerin kendi refah seviyelerini arttırmak ve çevresel kaynak stokunu koruyabilmek için dış ticaret politikalarına başvurduklarında hangi sonuçların ortaya çıkacağı da incelenmektedir. Göreceli olarak farklı derecelerde çevresel farkındalığa (environmental awareness) sahip gelişmekte olan iki ülkenin, ticari serbestleşme sonucu olası ticari politikalarının refah üzerindeki etkilerinin tartışılması çalışmanın en temel hedefi olmaktadır.

### **Çalışmanın Yöntemi**

Bu çalışmanın ilk kısmında, yenilenebilir kaynak stokları üzerinde baskı yaratan iki farklı dışsallık birbirlerinden bağımsız olarak incelenecektir. Her bir kapalı ekonomi modelinde, kaynak stokunun büyüme fonksiyonu ve kaynak stokunu azaltan fonksiyon veya fonksiyonlar tanımlanmaktadır. Modellerin her birinde ortak olarak bulunan değişkenler; kaynak stoku, tüketiciler ve üretim sektörüdür. Bunlara ilave olarak eklenen ve modelleri farklılaştıran değişkenler ise negatif dışsallıklardır. İlk modelde, yenilenebilir kaynak stoku üzerinde baskı yaratan tekil faktör, mülkiyet haklarının eksik tanımlanması ve kaynak yönetiminin optimal seviyede olmamasından dolayı ortaya çıkan “aşırı yenilenebilir kaynak tüketimi” olarak isimlendirilen negatif yönlü dışsallıktır. Gordon (1954) ve Hardin (1968) makalelerinde, aşırı kaynak malı tüketimi sonucu benzer bir dışsallıktan kaçınmak ve kaynağı optimal derecede yönetmenin çok zor olduğu sonucuna varmışlardır. Bu dışsallık literatürde, açık kaynak erişim problemiyle ilişkilendirilmektedir. Bu çeşit bir dışsallık, kaynak stokunun optimal seviyesinin üzerinde tüketilmesine ve hatta kaynağın yenilenebilir olmasına rağmen yok olmasına neden olabilmektedir. Brander ve Taylor (1997b), Hannesson (2000), Flaaten ve Schulz (2010) ve Rus (2016) makalelerinde olduğu gibi stok büyüme fonksiyonu lojistik formda tanımlanmaktadır. Bu tarz bir varsayım, yenilenebilir kaynak stokunu inceleyen literatür de daha çok balıkçılık sektörü ile ilişkilendirilmektedir (Flaaten ve Schulz, 2010: 1077). Kaynak stokunun zaman içindeki değişimini ifade eden eşitlik, kaynağın büyümesini gösteren lojistik formda tanımlanan stok büyüme fonksiyonu ve aşırı kaynak tüketimiyle ilişkilendirilen kaynak malı üretim fonksiyonu arasındaki fonksiyonel ilişki ile ifade edilmektedir.

İkinci model de ise yenilenebilir kaynak stoku üzerinde negatif dışsallık yaratan tekil faktör “endüstriyel kirlilik” tir. Bu dışsallık, üretim tesislerinin yenilenebilir kaynak stoklarının yakınlarına kurulmasına bağlı olarak ortaya çıkmaktadır. Endüstriyel üretimin yarattığı ve yenilenebilir kaynak stoğunu negatif olarak etkileyen kirlilik, kirliliği yaratan sektörlerin maliyet fonksiyonları tarafından içselleştirilmediği için, üretim aktivitesinin maliyeti, optimal maliyet seviyesinden düşük kalmakta, bu durum ilgili endüstrinin aşırı üretim yapmasına sebep olmaktadır. Üretim tesislerinin açık-erişimli balıkçılık gibi yenilenebilir kaynak stoklarının yakınında kurulduğu durumlarda, yaratılan endüstriyel kirlilik, balık stokunu ciddi biçimde azaltırken, aynı zamanda balıkların üreme becerilerini de kısıtlamaktadır (Azizishirazi, 2013:43). Bu bölümde, kaynak stoğunun zaman içindeki değişimini gösteren stok evrim fonksiyonu, stoğun büyüme fonksiyonu ve üretim aktivitesi kaynaklı kirlilik fonksiyonun farkı şeklinde incelenmektedir (Eisenbarth, 2022).

Daha sonra ise, ilgili iki tip dışsallığın eş anlı olarak etki yarattığı kapalı ekonomi modeli analiz edilecektir. Bu model de sektörlerarası ortaya çıkan endüstriyel kirlilik, kaynak malı üreten sektörün verimliliğini de olumsuz yönde etkilemektedir ve doğal olarak çevreye daha duyarlı olan bu sektörün rekabetçiliğini azaltmaktadır (Copeland ve Taylor, 1999:138). Stok seviyesinin dışsal şoklardan etkilenmediği ve sabit kabul edildiği Ricardocu geçici denge sonuçları gösterildikten sonra, kapalı ekonomi durağan durum denge noktaları bulunmaktadır.

Durağan durum dengesi her bir model için tanımlandıktan ve ilgili durağan durum dengelerinin pozitif olmasına ilişkin şartlar ortaya konulduktan sonra, kapalı ekonomi durağan durum dengesi “kararlılık” analizi cebirsel olarak kanıtlanmıştır. Literatürde ilgili modellerin durağan durum dengesi grafiksel olarak gösterilmiştir. Bu çalışmada ise, kararlılık analizi, cebirsel olarak kanıtlanmaktadır. Farklı durağan durum dengelerinden hangisinin dışsal şoklar karşısında tekrar dengeye yakınsayarak kararlılık özelliği göstereceği, hangi durağan durum dengelerinin ise dışsal şoklar karşısında ne şekilde dengeden sapacağı detaylı olarak kanıtlarla gösterilmektedir. Bu cebirsel kanıtlar, ticari serbestleşmenin incelendiği ikinci bölüm için temel oluşturmaktadır. Çünkü ülke ekonomilerinin dışsal şoklar karşısında yalnızca kararlı denge noktalarından sapma gösterdiği durumda, durağan durum karşılaştırmalı analiz metodunu uygulayabilmek için tekrar yeni bir denge noktasına dönülmesi gerekmektedir. Bundan dolayı, ilk bölümün

sonunda yer alan kararlılık analizinin cebirsel kanıtı, ikinci bölümün başlangıç koşullarını tanımlamak için kullanılmaktadır.

Modelin ikinci kısmında, endüstriyel kirlilik ve aşırı yenilenebilir kaynak tüketiminin eş anlamlı etki ettiği kapalı ekonomi modeli, serbest ticarete açılmaktadır. Uluslararası ticaretin etkin olacağı bu kısımda iki ülkeli dış ticaret dengesi analiz edilecektir. Literatürde, eş anlamlı olarak iki tür negatif dışsallığın olduğu iki ülkeli dış ticaret modellerinde fiyatların içselleştirilmesi ve dış ticaret politikalarının etkilerinin birlikte incelendiği bir çalışma mevcut değildir. Raakjær vd. (2007) makalesinde Vietnam için incelediği, gelişmekte olan ülkelerde küçük balıkçılık tekneleriyle balık avına çıkan kişi sayısının fazlalığı, balık avlanılmasına elverişli alanların çokluğu ve yenilenebilir kaynak stokunun düzgün bir şekilde regülasyona tabi olamamasının doğal sonucu olarak, aşırı balık tüketimi problemi devam edebilmektedir. Yani, iki ülkeli modelde, açık erişim problemi her iki ülkede de, kapalı ekonomi modelinde olduğu şekilde devam etmektedir. Diğer bir negatif dışsallık etkisi olan endüstriyel kirlilik ise bir dereceye kadar düzenlenebilmektedir. Fakat yine de ulusal sınırlar içerisinde kaynak malı sektörünün üretim verimliliğini etkileyebilmektedir. Dış ticaretin yönelimini belirleyen ve buna bağlı olarak refah etkilerini değiştiren etken, kirlilik parametresindeki farklılaşmadır. Bu bölümün devamında, durağan duruma geçiş süreci analiz edilmektedir. Geçiş sürecinin her bir  $t$  anında, hangi koşullar veri iken kaynak malı ihraç eden ülkenin ticaret sonucu zararlar karşılaşacağı biçimsel bir yöntemle gösterilmektedir. Yine, kirlilik parametresindeki farklılaşmanın neden olduğu stok, fiyat ve refah seviyesindeki değişimler de cebirsel olarak kanıtlanmıştır. Bunlara ek olarak, her iki ülkenin de dış ticarete uzun dönemli üretim olanakları eğrisinin içbükey (konkav) kısmından başladığı gösterilmektedir. Bu duruma neden olan kirlilik parametresinin eşik değerden düşük olma koşulu, aynı zamanda yenilenebilir kaynak stoku üzerinde hangi tür negatif dışsallığın görece olarak daha zararlı olduğunda belirlemiştir. Yenilenebilir kaynak stok tüketiminin, kaynak stok seviyesi üzerinde, kirlilik dışsallığına göre daha zararlı etken olduğu varsayılmaktadır.

Modelin üçüncü kısmında, ticaret politikalarının sonuçları incelenmektedir. Açık erişim kaynaklı yenilenebilir kaynak stokunun aşırı tüketimine ilişkin problemin çözülebilmesi için, mülkiyet haklarının yasal zeminde düzgün ve şeffaf bir şekilde tanımlanması veya optimal bir vergilendirmenin yapılması gerekmektedir (Brander ve Taylor, 1998:199). Kirlilik parametrelerindeki farklılaşmanın yarattığı ticari yönelimlerin, ithalat ve ihracat



vergisinin pozitif değerler aldığı durumlarda ne şekilde hareket edeceği incelenmiştir. Kaynak malı ithal eden ülke ilk olarak gümrük vergisi uygulamaktadır. Daha sonra, kaynak malı ihraç eden ülke tarafından ihracat gümrük vergisi uygulanmıştır. İlgili vergilendirmelerin fayda ve refah üzerindeki etkileri matematiksel olarak gösterilmiştir. Son bölümde ise, bulunan sonuçlar zet halinde sunulacak ve modelin ortaya koyduğu politik sonuçlar analiz edilerek değerlendirilmektedir.

### **Çalışmanın nemi**

Teorik katkı açısından bu tez de bulunan sonuçlar literatürde daha önceden incelenen çalışmalarda yer almamaktadır. Kullanılan yöntem kapalı ekonomi dengesi için Rus (2016) ve Li ve Yanase (2022) modellerini baz alırken, iki ülkeli dış ticaret modeli kısmında ise Brander ve Taylor (1998) alışması incelenerek genişletilmektedir. Fakat, her üç modelin de eksik yanları birbirleriyle ilişkilendirilerek, gelişmekte olan iki ülke arasında ticaretin gerçekleştiği bir durum için sonuçlar çıkarılmaktadır. Brander ve Taylor (1998) modelinde dış ticaretin yönelimini belirleyen etken, göreli girdi oranlarındaki farklılık olurken, bu çalışmada ise ilgili farklılaşma kirlilik parametrelerindeki farklılıklar ile sağlanmaktadır. İki lkeli dış ticaret modeli için aşırı yenilenebilir kaynak tüketime ve endüstriyel kirliliğin eş anlı olarak yenilenebilir kaynak stoku üzerinde etkin olduğu ve göreli fiyat seviyesinin içselleştirilip, dış ticaret politikalarının sonuçlarının incelendiği başka bir çalışma literatürde mevcut değildir. Gelişmekte olan iki ülkenin de üretim kaynaklı negatif dışsalılığı bir dereceye kadar iyi bir şekilde regülasyona tabi tuttuğu varsayılmaktadır, bu da model de eşik değerin daha altında değer alacak şekilde tanımlanan kirlilik parametreleriyle gösterilmektedir. Fakat kirlilik parametreleri farklılaşmaktadır ve bir ülke diğerine göre daha düşük bir kirlilik parametresi değeriyle dış ticarete açılmaktadır. Buna ilave olarak, açık kaynak erişim problemi her iki ülkede de devam etmektedir. Bu durum da bir ülke, endüstriyel kirlilik problemini daha düzgün bir şekilde regülasyona tabi tutsa bile, aşırı yenilenebilir kaynak tüketime üzerinde yeterli denetime sahip değilse, başlangıçta üretim faaliyetini daha uygun bir şekilde düzenlemeye tabi tutan ülkede kaynak stok seviyesi, eğer ülke çeşitlendirilmiş üretim dengesine sahip ise, stok dış ticaret sonucunda azalacaktır. Bununla paralel olarak, başlangıç noktasında üretim faaliyetini daha kötü bir biçimde düzenleyen ülke ise dış ticaret sonrasında yine çeşitlendirilmiş bir üretim dengesine sahip ise, daha yüksek bir

kaynak stok seviyesine sahip olabilecektir. Yani, üretim kaynaklı negatif dışsallığı daha kötü yöneten bir ülke, kendisinden daha iyi regülasyon kanunlarına sahip ve kendisine benzer bir ülke ile dış ticarete girerse, çevre stoku üzerinde daha az zararlı olan üretim malı üzerinde uzmanlaşmaya yakınsayacağı için kaynak stok seviyesini ve refah seviyesini arttırmaktadır. Çünkü eş anlı olarak her iki sektörün de regülasyona tabi tutulmadığı durumlarda, üretim sürecinde bir negatif dışsallığı daha iyi kontrol etmenin dış ticaret sonucu kayıplara neden olacağını söylenebilir. Modelin ortaya koyduğu sonuç ise, her iki dışsallığında eş anlı olarak yönetilmesi gerekliliğidir. Literatürde yer alan makalelerde, gelişmekte olan iki ülke arasındaki ticareti yukarıdaki model sonucuna göre yorumlamaktadır. Ayrıca dış ticaret sonucunda kirlilik parametresinin daha yüksek değer alacağı bir ülkenin, kaynak stok seviyesinde azalacağı ifade edilmektedir. Fakat bu modelde bu sonuç genişletilmektedir (Copeland and Taylor, 1995b:720). Bu çalışmada farklı olan durum kaynak stoku üzerinde daha zararlı olan faktörün aşırı yenilenebilir kaynak tüketimi olmasıdır. Böylece, dış ticaret sonucu bir ülkenin kirlilik parametresinin daha yüksek bir değere ulaşmasına ek olarak, kaynak malı üretiminin de artması, yenilenebilir kaynak stoku üzerinde olumsuz bir etkiye sahip olmaktadır.

Bu çalışmanın, var olan çalışmalara yeni bir katkı da bulunacağı noktalardan bir diğeri de mülkiyet haklarının eksik tanımlandığı ve tam tanımlandığı iki farklı ülke arasındaki ilişkiyi inceleyen Chichilnisky (1994)'ün genişletilmiş bir versiyonu olarak düşünülebilmesidir. Chichilnisky (1994)'de çevresel stok, yenilenebilir kaynak olarak görülmezken; bu çalışmada yenilenebilir bir kaynak olarak incelenmektedir. Bu makaledeki temel tez, mülkiyet haklarının eksik tanımlandığı ülkede, kaynak stoğu yoğun olan malın daha ucuza üretileceği için göreceli karşılaştırmalı üstünlük elde edilerek daha fazla ihraç edilmesidir. Burada kurulan modelde ise, kaynak stok yoğun malı ihraç edecek olan ülke, endüstriyel dışsallığı daha iyi düzenleyen ülke olmaktadır Çünkü ilgili ülkede kaynak stok miktarı kapalı ekonomi durumunda daha yüksek olup kaynak malı maliyet yönünden göreceli karşılaştırmalı üstünlüğe sahip olmaktadır. Fakat bu üstünlük Chichilnisky (1994)'de belirtildiği üzere gerçek anlamda bir üstünlük değildir. Aşırı yenilenebilir kaynak tüketimi probleminin her iki ülkedeki varlığının devam ediyor olmasından dolayı, kaynak malı ihraç eden ülke kaynak stok seviyesini uzun vade de daha çok azaltmaktadır ve bu durumun doğal sonucu olarak refah seviyesi azalmaktadır. Ticaret sonucunda, ilgili ülke kayıp yaşamaktadır. Endüstriyel kirlilik yaratan sektörü

daha eksik bir biçimde kontrol eden ülke ise, dış ticaret sonucunda kazanç sağlayabilir çünkü çevre stoku üzerinde daha az etkiye sahip olan ürün üzerinde uzmanlaşmasını arttırarak, aşırı yenilenebilir kaynak tüketimi probleminden daha iyi kaçınabilmektedir. Chichilnisky (1994)'de geçimini sağlayacak düzeyde hasat yapan çiftçiler (veya balıkçılar), ihracat vergisi gibi bir uygulama sonucu kaynak malının fiyatının azaldığı durumlarda, geçim düzeylerini devam ettirebilmek için kaynak malı üretimini arttırarak, aşırı tüketim problemine sebep olmaktadır. Bu çalışmada ise, ihracat değeri gümrük vergisi sonucu kaynak malı fiyatı düzeyinde azalmaktadır. Ancak devlet topladığı vergileri tüketicilere tekrar dağıttığı için gelir düzeylerinde bir azalma söz konusu olmamaktadır. Bu durumun sonucu olarak, ilgili ülke kaynak malı üretim seviyesini arttırmamaktadır ve yenilenebilir kaynak stoğu daha iyi biçimde korunabilmektedir. Bu sonuç, Chichilnisky-1994' ün tam tersi olarak ortaya çıkmaktadır.

Tez de detaylı bir şekilde ifade edilen bütün bu sonuçlara dikkate alındığında çalışmanın literatüre önemli katkılar sunacağı düşünülmektedir.

### **Çalışmanın Sınırlılıkları**

Araştırmanın en önemli sınırlılıkları tanımlanan fonksiyonların spesifik formlar içermesidir. Stok büyüme fonksiyonu, fayda fonksiyonu ve üretim fonksiyonu başta olmak üzere birçok fonksiyonel ifade belirli durumlar için geçerli olmaktadır. Model de tanımlanan fonksiyonlar ampirik çalışmalarla daha uyumlu oldukları için tercih edilmekte. Ancak bu modelin ortaya koyduğu sonuçların genellenmesinin bir sınırı olduğu da göz önünde bulundurulmalıdır. Brander ve Taylor (1998) makalesinde de belirtildiği üzere, bu tarz fonksiyonel ilişkilerin yer aldığı dış ticaret modellerinde, modeli genelleştirebilmenin en basit yolu kaynak büyüme fonksiyonunu daha farklı şekillerde tanımlamaktır. Burada lojistik fonksiyon formunda tanımlanan büyüme fonksiyonunun, diğer yenilenebilir kaynaklar (örneğin ormanlar, vahşi yaşamda yer alan bitkiler vb.) için “dışbükey şekilde” çizilebilen bir büyüme fonksiyonu ile tanımlanması daha uygun olmaktadır (Flaaten ve Schulz, 2010:1077). Büyüme fonksiyonunda, kapalı ekonomi için ifade edilen sonuçlar değişmemekle birlikte, durağan durum kaynak stoğunun pozitif olması için sağlaması gereken koşullar değişkenlik gösterecektir. Brander ve Taylor (1998) çalışmasında olduğu gibi kaynak malı üretim fonksiyonunda bir değişim gerçekleştirilebilir. Bu modelde ilgili üretim fonksiyonunun emeğe ve kaynak stoğuna

göre çıktısı sabittir. Eğer kaynak malı üretim fonksiyonunu değiştirip, stok seviyesine göre azalan bir hale getirirsek geçici Ricardocu denge aynı kalmakla, kaynak malı toplama seviyesiyle ilişkili olan bu fonksiyon daha konkav bir şekil almaktadır ve büyüme fonksiyonu ile farklı noktalarda kesişmektedir. Aynı şekilde, fayda fonksiyonu da değiştirilebilir. Üretim faktörünün yarattığı negatif dışsallık bu modelde tüketiciyi doğrudan etkilememektedir. Bu etkinin temsili tüketici fayda fonksiyonunda içselleştirilmemesi de bir sınırlılık yaratmaktadır. Benzer şekilde kapalı ekonomi durağan durum dengesinde sadece yerel kirlilik dışsallığı yer almaktadır. Herhangi bir ülkenin yarattığı kirlilik dışsallığı, diğer bir ülkenin kaynak malı üretimini etkilememektedir. Bu durum ise kapalı ekonomi analizini yerel kirlilik dışsallığı ile sınırlamaktadır.

Modelde ele alınan son sınırlama, yenilenebilir kaynak stoğunun doğasına ilişkindir. Model, yalnızca ulusal sınırlar içerisinde erişilebilir olan, bir başka ülkenin fiziksel sınırları ile kesişmeyen doğal kaynak stokları varsayımına dayanmaktadır. Fakat, birçok çeşit kaynak stoku ulusal sınırları ve fiziksel bariyerleri aşarak, ortak kaynak stoku formuna dönüşmektedir. Bu durumda, iki farklı ülke aynı kaynak stoğuna eş anlı olarak erişim sağlayabilmektedir. Bu çalışmada, ilgili varsayım bulunmadığı için, ortak kaynak stokunu tüketen ülkeler arasındaki teorik modelleri açıklama konusunda bir eksikliğe sahip olduğu kabul edilmektedir.

# **BÖLÜM 1: AÇIK ERİŞİM KAYNAK MODELİ, DIŞSALLIKLAR, DURAĞAN DURUM, KARARLI DENGE VE DIŞ TİCARET POLİTİKASI İLİŞKİSİ**

## **1.1. Açık Erişim Kaynak Modeli Tanım ve Kapsamı**

Açık erişimli kaynak modeli, herhangi bir ekonomik birimin ilgili kaynağın kullanımından dışlanamadığı ve kaynak kullanımı esnasında ortaya çıkan maliyetlerin içselleştirilmediği, ortak kullanımlı kaynak rejiminin bir türü olarak tanımlanmaktadır (Common ve Stagl 2005, Ostrom 2008). Bu tanım, kamu mallarına ilişkin literatürdeki genel kabul gören tanımlarla bir nokta da benzeşmektedir. Kamu mallarında olduğu gibi açık erişimli kaynak malları ile ilgili kaynağın tüketiminin, diğer bireylerin kullanımının fiilen dışlanamaması durumu geçerlidir (Cowen, 2008). Açık erişimli kaynak rejimlerinde mülkiyet, ilgili kaynağın yasal olarak yetkili merci tarafından belirli bir kişiye ait olduğunu gösteren bir belge ile onaylanmasından değil, kaynağın ilk olarak ele geçirilmesiyle ilgilidir (Maiangwa, 2009). Kaynağa erişimde öncelik sahibi olan bireyler, diğer ekonomik aktörler üzerinde yarattıkları negatif dışsallığı içselleştirmek zorunda olmadıkları için, kaynağın aşırı derecede sömürülmesine neden olmaktadır (Tietenberg and Lewis, 2009). Cleaver and Schreiber (1992) tarafından açıklandığı gibi, açık erişimli arazi kullanımının geçerli olduğu bir ekonomik modelde (toprak kullanımına ilişkin etkin bir regülasyonun olmadığı durum), çiftçiler araziyi aşırı mahsül ekimi veya hasadıyla istismar edebilmektedir. Ekonomik aktörler, kaynak kullanımlarını düşürmelerine sebep olacak herhangi bir teşvik veya zorlamaya maruz kalmadıkları için, uzun vadede kaynağın muhafaza edilmesini ve sürdürülebilir olmasını öncelik haline getirmemektedirler. Yenilenebilir kaynağın haddinden fazla çıkarılması veya tüketimi, kaynağın gelecek dönemler için varlığının sürdürülebilirliğini azaltmaktadır (Van Soest, 2013).

Ekonomik birimlerin kaynak tüketimi üzerinde tam otonomiye sahip olmaları ve kural koyucuların kaynakların azalmasını önleyecek veya azaltacak şekilde bireylerin aşırı tüketimini dışlayacak yasal bir çerçevenin olmadığı durumlar, açık erişim modelinin temel özellikleridir. Regüle edilmemiş bir ekonomik ortamda kaynağın yok olacak şekilde aşırı tüketimi, ekonomik teori tarafından da desteklenmektedir (Southgate, 1988). Ruitenbeek'e (1992) göre, bu durumun ortaya çıkmasını açıklayacak iki etken mevcuttur:

i) Eğer bir ekonomik fazlalık mevcutsa, daha fazla aktörün o sektöre yönelmesi doğal olarak yenilenebilir kaynağın aşırı tüketimine veya kullanımına sebep olmaktadır.

ii) Ekonomik aktörlerin bu fazlalığı sömürmek için pazara girişleri engellense bile, gelecekte elde edecekleri ekonomik karın azalması pahasına, sektörde var olan ekonomik ajanlar için ilgili kaynağın aşırı tüketimi için yeterince teşvik mevcuttur.

Her iki durumun doğal sonucu olarak, aşırı mahsül tüketimi ile karşılaşılacaktır.

Bu açıdan bakıldığında, ekonomistler açık kaynak erişimi rejimini, piyasa başarısızlığı olarak adlandırmaktadırlar (Ostrom vd., 2012). Piyasa başarısızlığı, piyasanın kaynakları etkin bir şekilde dağıtamamasıdır (Bourne, 2019: 171). Coase'de (2013)'te belirtildiği üzere, mülkiyet hakları düzgün ve etkin tanımlanmadığında veya dışsallık yaratan faaliyetler arasında ilişkiler kabul edilebilir eşğin üstünde maliyet oluştuğunda, piyasa başarısız olmaktadır. Diğer bir deyişle, bireylerin kendi çıkarları için doğru kabul ettikleri kararları almaları, grubun uzun vadeli çıkarları ile uyuşmamaktadır. Bu sebepten dolayı, açık kaynak erişimine sahip bir yenilenebilir kaynak rejimi, uzun vadeli durağan durum dengesinden her zaman sapmaktadır.

### **1.1.1. Açık Erişim Kaynak Rejimleri ve Mülkiyet Hakları**

Yenilenebilir kaynak stoğu üzerinde etkin olan mülkiyet rejimleri, bir toplumun daha geniş kurumsal yapısının bir parçası olarak anlaşılmalıdır (Bromley, 1999). Diğer bir deyişle, mülkiyet hakları rejimleri (özel, ortak, kamu, yarı açık erişimli veyahutta tam açık erişimli) toplumsal yapının bir sonucudur. Mülkiyet hakları rejimleri, doğal kaynakların maliyetlerini ve getirilerini ekonomik aktörler arasında dağıttıkları için, doğal kaynak yönetiminin temel araçlarından biridir (Ojanen vd., 2017). Kaynak üzerindeki mülkiyet haklarının belirli bir dereceye kadar farklılaşması, toplumsal uygulamalar açısından, kaynağın işlem gördüğü rejimi değiştirebilmektedir. Common ve Stagl'a (2005) göre açık kaynak rejimi üzerinde düzenlemeleri sağlayacak toplumsal kurallar tanımlanabilir, fakat bu kuralların uygulanması bir yere kadar mümkün olabildiği için, kaynağın tam anlamıyla kontrol edilebilmesi ve negatif dışsallıklar yaratan tüm ekonomik ajanların ilgili maliyetleri içselleştirebilmeleri, gerçek hayatta imkansızdır. Bu duruma bağlı olarak, pratikte tam anlamıyla açık kaynak erişim problemi ile kaynağın mevcut düzenlemelere uygun bir şekilde ortak kullanımı iki ayrı ucu oluşturmaktadır.

Kaynak üzerindeki kontrol gücü azaldığı ve mülkiyet haklarının yürürlükte olmadığı durum, uç durumlardan ilkinin teşkil etmektedir (Tisdell, 2006). Bu rejimde, kaynağa erişim üzerinde hiç bir kısıtlamananın olmadığı varsayılmaktadır. Tam anlamıyla etkin bir açık erişim kaynak modelinde, bireyler yenilenebilir kaynak birimlerini kullanabilmek için piyasaya giriş ve çıkışlarda tam anlamıyla özgür olmaktadır. Fakat hiç bir birey ya da grubun diğer bireyleri tüketimden dışlayabilecek şekilde tanımlanmış özel mülkiyet hakları bulunmamaktadır (Eggertsson, 2003).

Kaynak üzerindeki toplumsal kontrol gücü eksiksiz bir şekilde tanımlandığında ise, ortak mülkiyet rejimi geçerli olup, bu rejim kaynak rejimlerinin diğer ucunu temsil etmektedir. Bu rejimlerde ise, piyasada yer alan ekonomik ajanlar sadece piyasaya giriş çıkış için bir hakka sahip olmazlar, aynı zamanda piyasa da yer almayan diğer bireylerin giriş çıkışlarını da düzenleme yetkisine sahip olurlar (Eggertsson, 2003). Genel ekonomi teorisine göre, ortak kaynak kullanımının geçerli olduğu durumların hepsinde kaynak stoğunun giderek azalması hatta yok olma tehlikesiyle karşı karşıya bulunması zorunlu değildir. Bazı kaynak stokları bir noktaya kadar aşırı sömürüye maruz kalırken, uzun vade de miktarsal olarak azalmakla birlikte varlıklarını devam ettirebilmektedirler. Bu durumda, yenilenebilir kaynak stok seviyesi, optimal kaynak kullanım seviyesinin altında yer almaktadır (Clark, 2013).<sup>2</sup>

Bu durumun kapsamına giren gerçek hayat örneklemeleri, yukarıda tanımlı iki marjinal uç arasında herhangi bir noktada yer almaktadır. Balıkçılık, ormancılık, vahşi yaşam toplulukları (örneğin kuşlar) vb. gibi yenilenebilir kaynak stokları, gelişmekte olan ülkelerde açık kaynak rejiminin bir yere kadar var olduğu faaliyet alanları olarak ortaya çıkmaktadır. Kısıtlamaların etkin olmayışı veya yürürlükteki kısıtlamaların getirdiği maliyetlerin yeteri kadar karşılanamamasından kaynaklanan uygulama eksiklikleri, yenilenebilir kaynak stoğunun aşırı kullanıma sebep olmaktadır. Bu durum, “ortak malların trajedesini” olarak adlandırılmaktadır (Hardin, 1968; Burger ve Gochfeld 1998; Copeland ve Taylor, 2009; Boyd vd., 2018). Böylece, bireyin ve grubun çıkarları çatışmaktadır. Örneğin balıkçılık yapabileceği bir gölün yakınında yaşayan bir ekonomik birimi hayal edelim. Bu birey için avlamak isteyeceği balık sayısının bir üst sınırı olmayacaktır çünkü eğer avlanmayı bir yerde keserse, bir başka ekonomik birimin aynı

---

<sup>2</sup> Barzel’de (1997) gösterildiği üzere, bazı durumlarda açık erişimli kaynak modelleri, kaynak üzerinde özel hakların tanımlı olduğu durumlara göre daha etkin sonuçlar üretebilmektedir.

gölün yakınına yerleşip balık avlamaya devam edecektir. Toplumsal olarak düşünüldüğünde bu durum, tipik bir ortak mal trajedisi örneğidir çünkü herkes kendi çıkarını düşünüp aşırı avlanmanın sonucunda bir sonraki dönem için avlanacak bir balık stoğu bulunamamakta ve fayda seviyesi toplumun tamamı için giderek azalmaktadır.

### **1.1.2. Açık Erişim Kaynak Rejimleri ve Ekonomik Etkileri**

Açık erişimli kaynak modellerini ekonomik açıdan incelemek mümkündür. Açık kaynak erişimi rejimi altında, yenilenebilir kaynak stoğuna yönelik talep yüksek olduğunda kaynağın ortalama girdi maliyeti fiyata eşit olmaktadır. Bu durumda, sektörde yer alan tüm bireyler sıfır kar elde ederler. Rekabetçi olarak ekonomik aktörler açık erişim kaynak stoğunu aşırı derecede kullanırlar çünkü kaynak stoğunun yarattığı ekonomik getiri her zaman için aşırı kar olarak düşünülmektedir (Maiangwa, 2009). Diğer bir deyişle, kaynağa açık erişim durumu potansiyel tüm fazlalığı yok etmektedir. Peki, bu fazlalığın ortadan kalkması nasıl engellenebilir? Potansiyel çözümlerden ilki, ekonomik ajanlar arasında aşırı mahsül tüketimi problemini sınırlandıracak bir anlaşma zemini sağlanmasıdır. Fakat bu durum da bazı aşılabilir problemler ortaya çıkacaktır. Bunlardan ilki, imzalanan anlaşmanın sadece piyasada yer alan bireyler için bağlayıcılık taşımasıdır. Piyasa karlılığını korumaya devam ettikçe, dışarı da yer alan aktörler için piyasaya giriş cazip olmaya devam edecektir ve bu bireyler herhangi bir taahhüt altında olmadıkları için kaynağın aşırı tüketimi ile uzun vade de potansiyelin fazlalığının yok olmasına sebep olacaklardır (Arnason, 1993).

Diğer bir çözüm yöntemi ise, hükümetlerin “aktarılabilen bireysel kota” uygulamasına geçmesidir. Ekonomik ajanların kaynak kullanımını geçmişleri baz alınarak hazırlanacak kota sistemi ile, kaynak tüketimi sadece bireysel kota sahipleri ile sınırlandırılacaktır (Libecap, 1989). Fakat, bu çözüm kavramı, politik anlamda istenmeyen bazı sonuçlar doğuracaktır. Kotalar, genel olarak ücretsiz bir şekilde dağıtılmaktadır. Fakat, yenilenebilir kaynak stoklarından elde edilen gelirin ekonomide büyük bir yer tuttuğu koşullar altında, bireysel kotaların aktarımlarında bazı yolsuzluklar ortaya çıkabilmektedir. Ekonomik birimler kanun yapıcılarını manipüle ederek, kotaların kendi çıkarları doğrultusunda dağıtılmalarına sebep olabilirler.

Southgate’in (1998) kanıtladığı üzere, açık erişim kaynak rejimlerinin doğasını değiştirmeden onu dönüştürmeye çalışacak herhangi bir alternatif, uzun dönemde istenen



sonucu vermeyecektir. Bromley ve Cernea (1989) çalışmasında, yasal otorite tarafından tanımlanan tüm kural ve düzenlemelerin ilgili tüm ekonomik aktörler tarafından kabul edilmesi ve bu kurallara bağlı uygulamaların etkin bir şekilde takip edilmesi gerekmektedir. İlgili kuralların uygulanmasının zorluğuna bağlı olarak, bazı yazarlar kaynağın hiç bir ekonomik ajanın mülkiyetinde olmadığı “ortak mal” rejimini, açık erişimli kaynak rejiminin yarattığı problemlere karşılık çözüm olarak sunmaktadırlar (Ciriacy-Wantrup and Bishop, 1975). Bu yazarlara göre, ortak mal rejimi altında, kaynak seviyesindeki azalma tüm toplum tarafından içselleştirilirken, fayda ise yalnızca tüketim yapan birey tarafından elde edileceği için, aşırı mahsül tüketimi riski oluşmakla birlikte, bireyin aşırı tüketimi diğer bireyleri de aşırı tüketime teşvik edeceğinden, tüm bireylerin optimal seviyenin üzerindeki bir tüketimden sakınacağını ortaya koymaktadır. Aynı zamanda, Bromley ve Cernea'nın (1989) ileri sürdüğü şekilde, grubun ortak kararlarına uyum göstermeye bireylerin daha fazla eğilimli olması da aşırı mahsül tüketimini engelleyecek diğer bir sosyal yaptırım olacaktır. Sonuç olarak, kurumsal düzenlemelerle eş anlı olarak uygulanacak toplumsal normların varlığı, açık erişim kaynak stoğunun uzun dönemli kullanımı için gerekli koşulları oluşturmaktadır.

### **1.1.3. Açık Erişim Kaynak Rejimleri ve Kaynak Azalım Problemi**

Çevresel sermaye stoğundaki azalmanın en önemli sebebi, açık kaynak erişimi benzeri dışsal sermaye maliyetlerinin varlığıdır (Nicolaisen vd., 1991). Tekrar hatırlamak gerekirse, açık erişime tabi doğal kaynak stokları üzerindeki mülkiyet hakları eksik tanımlandığında veya yasal zemin hiç olmadığında, hiç bir ekonomik ajan kaynağın aşırı kullanımının maliyetine katlanmadığı için, kaynak stoğu aşırı tüketime maruz kalmaktadır (Adhikari, 2001). Yenilenebilir çevresel kaynak stoğunun kıtlığına ilişkin tartışmalar, aşırı avlanmaya bağlı olarak balık stoğunun azalması, orman alanlarının küçülmesi, mera ve otlakların aşırı kullanımı sebebiyle terkedilmesi ve kullanılabilir su kaynaklarının seviyesinin düşmesi gibi sorunların artmasına neden olacaktır . İki temel nedenden dolayı ilgili çevresel problemlerin, önemli bir ekonomik boyutu vardır. Bunlar;

- i) Çevresel kaynak stoğunu girdi faktörü olarak kullanan bir ekonomik faaliyetin özel maliyetlerinin sosyal maliyetlerinden farklılaşması, kaynak stoğunun kötüye kullanımına yol açmakta ve uzun dönemli sürdürülebilir büyümeyi azaltmaktadır.

ii) Çevresel politikalar ve buna bağlı gelişmeler, ekonominin büyüme hızı, sermaye stoğu ve işsizlik alanları üzerinde karşılıklı etkileşime bağlı yan etkiler yaratmaktadır.

Özellikle, az gelişmiş veya gelişmekte olan ülkeler için, kırsal alanda bulunan açık kaynak stoklarının ekonomik gelişmeler üzerindeki etkileri daha büyük önem arz etmektedir (Daitoh ve Tarui, 2022). Az gelişmiş ülkelerin ihraç ettiği birincil ürünler, yüksek oranlarda kaynak stoklarına bağlı olduğu için, çevresel kaynak stoklarındaki dalgalanmalar uzun dönemli büyümeyi negatif yönde etkilemektedir (Barbier, 2005).

Fuchs (2003) belirttiği üzere, ekonomik ajanlar doğal bir kaynağın basit bir kullanıcısı olmaktan ziyade, aynı zamanda sahibi de durumundaysa, ilgili kaynak stoğunun kaynak yönetimi kurallarına uyum göstermesi daha olası olmaktadır. Fakat bu noktada dikkat edilmesi gereken bir durum vardır. Gelişmiş ülkeler sınıfı dışında kalan ekonomik çevrelerde, kaynak stoğu sahipleri kısa dönemli çıkarlarına daha fazla önemsedikleri ve tabi oldukları yasal düzenlemeler daha gevşek olduğu için, kaynak stoğunu aşırı kullanabilir ve kısa dönemli finansal gelirlerini artırma yolunu tercih edebilirler (Van Putten vd., 2014).

Literatürde yer alan çalışmalarda, açık erişim problemi kaynaklı aşırı kaynak stoğu tüketimi probleminin iki farklı çözümü sözkonusudur (Birdyshaw ve Ellis, 2007). Çözümlerden ilki, merkezi otoritenin, doğal kaynak malı kullanımını yeterli derecede regüle etmesidir (Tisdell, 2005). Diğer çözüm ise, merkezi otoritenin kaynak stoğuna erişimi kişilere sağladığı özel izinlere bağlayarak, yalnızca ayrıcalıklı kullanım belgelerine sahip kişiler tarafından ilgili kaynak stoğunun kullanılmasına izin vermektedir. Bu durumda, bireyler kaynak kullanımının yarattığı sosyal maliyeti içselleştirmek zorunda oldukları için, kaynak stoğu daha etkin ve sürdürülebilir olmaktadır (Murase ve Baek, 2018). Her iki çözüm de, dışsal bir faktör olan merkezi otoritenin karar alma esnekliğine sahip olmasıyla başarıya ulaşılmaktadır.

## **1.2. Açık Erişim Modeli Kapsamında Endüstriyel Kirliliğe Bağlı Dışsallık**

Dışsallık, herhangi bir ekonomik birim tarafından yaratılan çıktıya maruz kalmayı tercih etmeyen bir birey ya da grubun karşılaşacağı fayda veya maliyettir (Buchanan ve Stubblebine, 1962). Dışsallıklar, bir bireyin ekonomik faaliyetinin diğer bir bireyin refah seviyesini etkilediğinde, ve buna bağlı olarak ortaya çıkan maliyet veya faydaların piyasa

fiyatına yansıtılmadığı durumlarda gözlemlenmektedir (Holtermann, 1972). Çevre ekonomisi açısından bakıldığında, mülkiyet haklarının eksik tanımlandığı ve çevreye ilişkin yasal önlemlerin var olmadığı durumlarda, kirletici firmalar çevre üzerinde negatif etkiye sahip çıktıkları serbest bir şekilde doğaya bırakmakta (ortak mal örneğinde olduğu gibi) ve buna bağlı dışsal maliyetleri ise ekonomideki diğer ajanların üzerine yüklemektedir (Carriazo, 2016). Diğer bir deyişle, ekonomik ajanların, ortak kullanımda olan yenilenebilir kaynak stoğuna yönelik herhangi bir maliyete katlanmadan erişebilmesi, çevresel dışsallık problemini ortaya çıkarmaktadır (Bellanger vd., 2021).

### **1.2.1. Dışsal Maliyet Unsuru Olarak Endüstriyel Kirlilik**

Piyasanın herhangi bir düzenlemeye tabi olmadığı durumlarda, dışsallıklar, ekonomik faaliyetlerin yarattığı toplam fayda ve maliyeti yansıtmayan fiyatlar ürettikleri için, piyasa etkin olamamaktadır (Arrow, 1969; Vatn and Bromley, 1997). Dışsallıkların yarattığı ikincil etkiler de dışsallığa maruz kalan bireyin fayda fonksiyonunu daha iyi bir hale getiriyorsa, pozitif dışsallık, faydasını daha kötü bir hale getiriyor ise negatif dışsallık ortaya çıkmaktadır (Centemeri, 2009).

Griffin ve Steele'e (1986) göre, bireysel maliyet veya fayda, toplumun fayda veya maliyet değerlemesinden farklılaştığında, dışsal maliyetler oluşmaktadır. Çevresel dışsallık problemi, aşırı doğal kaynak malı tüketimi veya endüstriyel kirlilik şeklinde iki farklı formda, var olan kaynak stoğunu etkileyebilmektedir. Endüstriyel kirlilik, toplumun tamamı tarafından maruz kalınan bir negatif dışsallık iken ve bu pazar fiyatına yansıtılmadığı durumlarda, topluma dışsal maliyet yüklemektedir (Dettner ve Blohm, 2021). Endüstriyel kirlilik, çevresel dışsallık probleminin standart örneklerinden biridir. Sanayi tesislerinin zararlı kimyasallarını en yakın su havzasına boşaltmaları, zirai ilaçlar içeren tarımsal çıktıyı akarsu yataklarına akıtmaları veya septik atık içeren tankların gelişigüzel bir şekilde tarım arazilerine dökülmeleri, çevresel sermaye stoğunun biyokütlesini ve kalitesini olumsuz etkileyen örneklerdir (Dubey ve Hussain, 2006; Shukla vd., 2009). Endüstriyel kirlilik, kaynak stoğunun uzun dönemli yaşam süresini, kendini yenileyebilme kapasitesini olumsuz yönde etkilemektedir (Cohen, 1995; Chattopadhyay vd., 2003).

1960'lı yıllardan sonra çevresel krizlere yönelik artan politik ilgi ve farkındalık, doğal kaynakların azalışı ve endüstriyel kirliliğin sebep olduğu çevresel hasarlar gibi konuları

ön plana çıkarmıştır (Boulding, 1966; Krutilla, 1967). Endüstriyel kirliliğin çevre üzerindeki negatif etkilerinin zaman içinde artış gösterdiği birçok çalışmada ortaya konmakla birlikte, özellikle yenilenebilir kaynak stoğunu girdi olarak kullanıp ekonomik faaliyet gösteren yerlerde, çevresel kirlilik, kaynak üzerinde zararlı etkiler yaratabilmektedir (Chen ve Chen, 2018; Sun vd., 2021; Zhang vd., 2021). Örneğin bir fabrika, üretim süreci sonucunda oluşan atıklarını, hiçbir maliyete katlanmadan yakın çevresindeki akarsuya boşaltıyorsa, üretim hacmi optimal seviyenin üzerine çıkarır ve ilgili dışallık ekonomik fiyatlandırmayı bozacak sonuçlar doğurur. Bu fiyatlandırma, ekonomik kaynakların yanlış şekilde dağılmasına sebep olarak uzun dönemli ekonomik büyümeyi olumsuz yönde etkileyebilir (Andrée vd., 2019; Sun vd., 2020).

### **1.2.2. Endüstriyel Kirliliğin Balıkçılık Faaliyetleri Üzerindeki Etkileri**

Model de yer alan spesifik fonksiyonlar, balıkçılık faaliyeti gibi yenilenebilir kaynak stoğu örneklerini daha doğru bir biçimde açıklayabildikleri için, endüstriyel kirliliğin ilgili kaynak stoğu üzerinde yarattığı zararlı etkiler ayrıca incelenmeyi gerektirmektedir. Ülke ekonomileri, kısa vade de büyüme amaçlarına daha hızlı ulaşabilmeleri için, üretim sektörlerini genişletmeyi tercih edebilirler. Fakat, bu durum endüstriyel kirliliğin kontrolsüz bir biçimde artmasına ve çevresel kaynak stoğunun azalmasına neden olmaktadır (Kniivilä, 2007).

Su kaynaklarının kalitesinin düşmesiyle ilgili tartışmalar, sanayileşmenin hızla arttığı, 19. Yüzyılın başlarından itibaren artmaya başlamıştır (Gürlük, 2009). Endüstri devriminden sonra, tarım faaliyetlerinin yerine geçen doğal kaynakların kullanımıyla birlikte, doğa ve çevre ile daha barışık bir ekonomik büyümenin sağlanabileceği umut ediliyordu. Fakat, teknolojinin gelişmesi, müteşebbüslerin kar odaklı ekonomik büyümeyi tercih etmesi ve uluslararası rekabetin artması doğal kaynakların aşırı kullanımına ve aynı zamanda üretim faaliyetleri sonucu çevrenin kirletilmesine neden olmuştur (Ward, 2006). Doğal kaynakların kısıtsız tüketimi ve çevresel kaynak stoğunun azalması, su kirliliğinin ortaya çıkmasına ve artmasına neden olmaktadır (Rao vd., 2017). Özellikle gelişmekte olan ülkelerdeki balıkçılık faaliyetleri sonucu elde edilen ürünlere yönelik artan talep, avlanma protokollerinin gevşetilmesine ve balık yetiştiriciliğinin denetimsiz bir şekilde artmasına neden olmaktadır (Flaherty ve Karnjanakesorn, 1995). Deniz kirlenmesi şeklinde adlandırılan endüstriyel kirlilik kavramı, deniz türlerinin sağlığını, beslenme

güvenliklerini ve dolaylı olarak ilgili bölgelerdeki iklim değişikliğini etkileyen başlıca etkindir (Bergland vd., 2022). Üretim faaliyeti sonucu oluşan zehirli atıkların kontrolsüz bir biçimde su kaynaklarına boşaltılması, balıkçılık faaliyeti için ayrılan kıyı alanlarının kullanım kalitesinin düşmesine neden olmaktadır (Knowler vd., 1997).

Endüstriyel deniz kirliliği ticari balıkçılık faaliyetini tehdit eden en önemli unsurlardan biridir (Lu vd., 2018). Dasgupta (1982) çalışmasında, kirlilik gibi balıkçılık ile direkt ilişkilendirilmeyen ve kıyı bölgelerine yakın yerlere kurulu endüstrilerin üretim faaliyetleri tarafından ortaya çıkan kirlilik, dışsal bir maliyet kalemi olarak optimal üretim dengesini ve üretim miktarını bozmaktadır. Ekonomik açıdan bakıldığında, kıyı bölgelerinin kirlenmesi, balıkçılık faaliyetinin maliyetlerini daha da arttırarak, balıkçılar üzerinde ekstra bir maliyet yaratmaktadır. Gelişmekte olan ülkelerde, politika yapımcılar ve işverenler, daha yüksek çıktıyı, daha düşük işsizlik oranlarını ve daha fazla geliri amaçladıkları için, doğal su kaynaklarının kirletilmesini ve balıkçılık faaliyetlerinin uzun vade de yok olmasını önemsememektedirler (Suri ve Chapman, 1998).

### **1.2.3. Açık Erişimli Modellerde Endüstriyel Kirlilik Sorununa Yönelik Çözümler**

Neoklasik iktisat teorisi, çevresel kirliliğin içselleştirilmesini, sosyal anlamda optimal üretim seviyesini belirlemek için gereken çözüm kavramı olarak ileri sürmektedir (Centemeri, 2009). Optimal seviye belirlenirken, kirliliğin olduğu durum ile kirlilik dışsallığının olmadığı durum arasında fayda/maliyet analizi ve karşılaştırılması yapılması gerekmektedir. Bu durumda, şu ikilem ortaya çıkmaktadır: endüstriyel kirliliğin yarattığı dışsallık faktörü çevre üzerinde zararlı bir etkiye haiz iken, kirliliğin olmadığı durum için hükümetlerin ortaya koyacağı yasal çerçeve ise, kirletici firmalar üzerinde ek maliyetler yaratarak ekonomik faaliyeti sınırlandırabilmektedir (Beladi ve Chao, 2006). Bu sebepten dolayı, çevre üzerinde negatif etkiye sahip dışsallıkları azaltmak için uygulanacak düzenleyici faaliyetlerden önce, marjinal fayda/zarar analizi uygulanmaktadır.

Endüstriyel kirliliğin çevre üzerindeki etkisi bir noktaya kadar sönümlenebilmektedir (Sagoff, 1981: 1393). Sagoff'a göre, yenilenebilir kaynağın büyüme hızı, hasat edilme sıklığı ve maksimum taşıma kapasitesine bağlı olarak, çevre stoğu endüstriyel kirliliği kritik eşik noktasına kadar absorbe edebilmektedir. Bu durum ise, fayda/maliyet analizini temel alan çevresel zarar hesaplamasını zorlaştırmaktadır (McInerney, 2019). Çünkü

dışsallığa ilişkin analiz yöntemi olarak kullanılan fayda/maliyet yöntemi, dışsallık yaratan etkinliğin açık bir şekilde tanımlı sonuç ve bilgi setine sahip olmayı gerektirmektedir.

Ekonomik açıdan endüstriyel kirlilik dışsallığının çevre üzerinde etkin olduğu durumlarda, yenilenebilir kaynak stoğundan elde edilen gelir de bir azalma oluşabilmektedir (Pichicka ve Zawka, 2019). Gelir de yaşanan azalış, kaynak stoğundan üretim yapan sektörlerin üretken çabalarının bir bölümünü çevresel kirlilik dışsallığını azaltmaya yönelik düzenleyici faaliyetlere aktarmalarına neden olmaktadır. Endüstriyel kirliliğin var olduğu durumlar için, optimal doğal kaynak malı üretim seviyesinin belirlenmesi, doğal kaynak malı sektörünün en temel sorunu olmaktadır. Doğal kaynak stoğu sınırlı olduğu için, sürdürülebilir ve optimal doğal kaynak malı kullanımı uzun vadeli gelir düzeyinin istikrarlı hale gelmesi için gereklidir (Bringezu ve Bleischwitz, 2009).

Çevresel sermaye stoğu üzerinde uzun süreli olumsuz etkiye sahip diğer bir dışsallık etkeni de, aşırı doğal kaynak malı tüketimidir (Groom vd., 2006). Yenilenebilir kaynak stoğunun aşırı kullanımı sonucu yok oluşa yaklaşması, besin arzını tehdit etmekle birlikte doğal felaket riskini de arttırmaktadır (Folke vd., 2004; Lampert, 2019). Yenilenebilir kaynak stoğunun aşırı tüketimine yönelik politik önlemler yetersiz kalmaktadır. Özellikle, balık çeşitliliği son yıllarda yanlış avlanma politikaları ve uygulanamayan düzenlemeler sonucunda nesli tükenme tehlikesi ile karşılaşmakta ve birçok balık çeşidi yok olmaktadır (FAO, 2022).

Modelin analizinde her iki tür dışsallık aktivitesi de matematiksel olarak ifade edilmekte ve dış ticaret politikaları sonucu yenilenebilir kaynak seviyesindeki değişim ve refah etkileri gösterilmektedir.

### **1.3. Açık Erişim Kapsamında Durağan Durum ve Kararlı Denge Modeli**

Mekanik bir sistemin, kendisine müdahale eden bütün güçlerin eş anlı olarak dengede olduğu durumda, durağan durum dengesine ulaşacağı bilinmektedir (Pimm, 1991). Doğal kaynak stoğunun dengede olmasından kasıt, bir sistemin alt unsurlarının değişmemesinden ziyade, sistem üzerine etki eden tüm etkilerin dengede olması ve ilgili sistemin büyümesinin durmasıdır (Holling, 1973).

### 1.3.1. Durağan Durum Denge Kavramının ve Kararlı Dengenin Tanımlanması

Durağan durum dengesi, ekonominin zaman içerisinde sabit kalmasını yani büyümemesini ifade etmektedir (Kerschner, 2010). Durağan durum dengesinde, ilgili ekonomik kavramın büyümesi sıfır olmaktadır (Pirgmaier, 2017). 1970'li yıllarda ekolojik ekonomi alanında çalışmalar yapan Herman Daly, durağan durum ekonomisi kavramını geliştirmiştir. Daly'e (1991) göre, büyüme hızı sıfır olan bir ekonomik çerçevenin, bütün alt ekonomik sistemlerinin de zaman içinde büyüme hızları sıfır olmak zorundadır. Bu ifade, veri teknoloji girdisi altında, ekonominin girdi faktörlerinin sabit olduğunu belirtmektedir (Czech ve Daly, 2004:598). Girdi faktörlerinin kısıtlı olması ve ekonomik büyümenin maksimum taşıma kapasitesi kısıtı altında tanımlanmasına bağlı olarak, ekonomi, durağan durum denge noktasına kesinlikle ulaşmaktadır.

Durağan durum noktasında büyümenin sıfır olması, mutlak anlamda değişmezliği ifade etmemektedir (Daly 1977). Kısa dönemli ılımlı dalgalanmalar olmakla birlikte, ekonominin uzun dönemde kararlı denge noktasına doğru yöneleceği anlamına gelmektedir (Daly, 2010). Uzun dönemli denge noktasından sapmalar, ekonominin yapısal anlamda değişim gösterdiğini belirtmektedir. Bu durumda, durağan durum denge noktası değişmekte ve sabit bir teknolojik gelişim seviyesi altında, ekonomi yeni durağan durum denge noktasına başlangıç dengesizlik koşullarının etkinliğine bağlı olarak, belirli bir hızda yeniden yakınsamaktadır (Gáspár, 2010).

Burada sorulması gereken soru şudur: Eğer bir doğal kaynak stoğu artan bir şekilde kullanıma maruz bırakılıyorsa ve bu kaynak stoğu üzerine daha fazla kimyasal atık boşaltılıyorsa, doğal kaynak stoğundaki dengeden sapma aniden mi gerçekleşmektedir yoksa belirli bir süreç içinde mi dengeden sapma gözlemlenmektedir? Eğer sistem, kendi kendini besleyen bir süreç ile dışsal bozulmaları destekliyorsa ve onların daha da güçlenmesine neden oluyorsa, ilgili sistemin denge durumundan sapması kademeli olarak gerçekleşmektedir. Çünkü, sistemin bileşenleri, dışsal şoklara karşı kendini koruyacak ve kısa vadeli beklentilerini revize edecek zamanı, denge noktasından sapma gerçekleşmeden bulabilmektedirler. Fakat, denge noktasından sapmalara neden olan dışsal şoklar, sistemin içsel bileşenlerinin kendilerini konumlandırmalarına izin vermeyecek ölçüde büyük olursa, yeni denge noktasına doğru yaklaşma aniden olmaktadır. Bu iki durum, karşılaştırmalı analizin içsel doğasını değiştirmektedir. Bu

çalışmanın ilk bölümündeki durağan durum sapmaları, dışsal şokların güçlü olduğu varsayımıyla yapıldığı için, aniden gerçekleşmektedir.

### **1.3.2. Durağan Durum Dengesi ve Sürdürülebilirlik**

Sürdürülebilirlik kavramının doğal kaynak literatüründeki tanımlaması, bir sistemin dışsal etkenler sonucu bozulduğunda denge konumuna geri dönme eğilimini ifade eder (Ludwig vd., 1997). Durağan durum ekonomi kavramı, ekonomik büyüme ve sürdürülebilirlik kavramları ile aynı çerçeve içerisinde tartışılmaktadır (Daly 1977, 1990). Ekonomik büyüme ve sürdürülebilirlik birbirlerini dışlayan iki kavram olarak ifade edilmektedir. Çünkü ekonomi büyüdükçe, çevresel sermaye stoğu kullanımında kısa vadeli optimal seviyenin üzerinde bir artış gözlenir ve bu da uzun dönemli büyümeyi ve büyümenin sürdürülebilir olmasını sınırlandırır (Trauger vd., 2003:2). Çevresel ekonomi literatüründe ekonominin büyümesi, Hicks'den (1948) ödünç alınan doğal sermaye stoğundaki değişim ile hesaplanmaktadır (Daly and Farley 2003:17). Doğal sermaye, doğal kaynak malı akışı tarafından belirlenen, doğal kaynak stoğunu ifade etmektedir. Eğer  $t$  dönemi için, toplam doğal kaynak malı tüketimi, doğal sermaye stoğunun içsel büyüme oranına eşit olursa, sermaye stok miktarı sabit kalmakta ve bir sonraki dönem için doğal kaynak malı üretimi için gerekli olan girdi faktörü sağlanabilmektedir. Fakat, toplam doğal kaynak malı tüketimi, sermaye stok miktarının içsel büyüme oranından daha yüksek olursa, gelecek döneme aktarılan girdi miktarı azalır ve üretken büyüme oranı düşüş göstermektedir. Bu tanımlamaya bağlı olarak, açık erişim kaynak stoğunun yer aldığı ve üretim aktivitesinin kirlilik yoluyla doğal sermaye stoğunun büyüme hızını azalttığı durumlar için şu tanımlama yapılabilir. Sürdürülebilir büyüme için, kirlilik fonksiyonunun büyüme hızı ile açık erişim kaynaklı aşırı mahsul kullanımının büyüme hızlarının toplamı, doğal sermaye stoğunun içsel büyüme oranına eşit olmak zorundadır (Rus, 2012). Böylelikle, çevresel sermaye stoğunun, büyüme üzerinde azaltıcı etkilere sahip aktiviteleri özümseme kapasitesi yeterli olabilmektedir (Czech ve Daly, 2004:600). Aynı zamanda, doğal kaynakların zaman içinde daha sabit oranlı kullanımı, dalgalı bir şekilde kullanımına göre (yani, yıllar içinde doğal sermaye stoğundaki azalış ve artışların daha keskin olduğu durumlar) sürdürülebilir durağan durum dengesi için daha tercih edilebilir olduğu kabul edilmektedir (O'Neill, 2015).



### 1.3.3. Kararlı Dengenin Matematiksel Tanımı

Ekonomistler tarafından kullanılan kararlı denge kavramı ise, matematik literatüründeki asimptotik kararlılık ile eşleşmektedir (Gandolfo, 1997). Kararlı denge, ekonomik bir sistemin herhangi bir dışsal müdahale sonucu denge noktasından sapması sonrası, başlangıç denge noktasına geri dönebilmesini ifade etmektedir (Holling, 1973:5). Kararlı denge, sistemin zaman içinde başlangıç noktasına geri dönebilme kapasitesine odaklanmaktadır. Bu kararlı denge, tekil ve özgün bir nokta da olabilmekle birlikte, bir yörünge şeklinde de tanımlanmaktadır. Eğer bir ekonomik sistemin başlangıç noktası dengeden “çok uzak değilse”, uzun vade de ulaşılan bu denge noktası “yerel kararlı denge” olarak adlandırılmaktadır. Fakat, ekonominin başlangıç noktasının dengeye olan uzaklığından bağımsız olarak, eğer ekonomik sistem bir dengeye uzun vade de ulaşıyorsa, bu denge noktası “küresel kararlı denge” olarak isimlendirilir (Zhou, 2013).

Çevre ekonomisi çalışmalarında kararlı denge noktası üzerinden analiz yapılmasının iki farklı sebebi vardır. İlk olarak, doğal kaynakların (balıkçılık, ormancılık vb.) dengeye geçiş dönemleri göreceli olarak çok kısadır. Bu duruma bağlı olarak yalnızca, kararlı denge noktasına odaklanmak, analiz için genel ve yeterli sonuçlar verebilmektedir (Hannesson, 2000; Taylor and Brander 1997a). İkinci sebepte, bu çalışmada da kullanılan karşılaştırmalı statik denge analizinin, politik kararların gelecek dönem oluşacak etkilerini güvenli bir şekilde tahmin etmek için en basit yöntem olmasıdır (McInerney, 2019). Kararsız denge, değişkenlerin davranışlarındaki istikrarsızlık olarak tanımlanmaktadır. İstikrarsızlık ise, çevre stoğunu etkileyen politik kararların öngörülebilirliğini azaltmakta ve bu da kaynak dağılımını, ve ekonomik büyümeyi olumsuz yönde etkilemektedir (He ve Wang, 2014). Bu sebepten dolayı, karar vericiler, daha öngörülebilir bir analiz imkanı olan kararlı denge sonuçlarına odaklanmaktadır (Thomas, 1996).

Politik karar vericiler, kompleks sistemlere yönelik çözüm önerilerinde bile, “linear (doğrusal) düşünmeye” temayül göstermektedirler. Bu durumun sebebi ise, doğrusal düşünmenin, neden–sonuç ilişkilerini daha basit hale getirmesi ve nedensellik bulmayı daha da kolaylaştırmasıdır (Muneepeerakul ve Qubba, 2012). Fakat bu çalışmada, matematiksel açıdan farklı dışsallıkların eş anlı olarak etki ettiği kompleks doğal denge sistemlerinde, güç yasası (power law), doğrusal nedenselliği yoksaymaktadır. Örneğin,

nüfus dinamikleri ve biyolojik parametreler doğrusal olmayan bir formda tanımlanırsa, kararlı dengeye ulaşmak için optimal strateji, doğal kaynak stoğunun bireysel aşırı tüketiminden daha büyük bir popülasyon büyüme oranının var olmasını gerektirmektedir. Tam tersine, eğer aşırı doğal kaynak malının tüketiminin toplamı, matematiksel olarak stok büyümesinden daha büyük ise, politik karar vericiler için kararlı denge noktasına ulaşmanın en etkin yolu, doğal kaynak tüketimini yasaklamak olmaktadır (Lande vd., 1997). Sonuç olarak, fonksiyonların doğrusal olmayan formda tanımlanması, doğrusal formdaki kuvvet yasasının geçerliliğini ortadan kaldırmakta, ve doğal kaynak stoğunun büyüme hızı iki katına çıktığında, çıktının da doğrudan iki katına çıkacağını öngören teorik çalışmalarla uyumlu olmayacağını garanti etmektedir (Marshall, 2007).

#### **1.4. Açık Erişim Modeli Kapsamında Dış Ticaret Politika Uygulamaları**

Dünya ticaretinde doğal kaynakların payı, 1995-2015 yılları arasında %15'den %30'a çıkmıştır (Soukar, 2019). Doğal kaynak ihracatı, bir çok gelişmekte olan ülkenin ihracat hacminin büyük bir kısmını oluşturmaktadır Dünya nüfusunda yaşanan artış, balıkçılık ve ormancılık ürünleri başta olmak üzere, bir çok doğal kaynak malı ürününe yönelik ticari talebi arttırmaktadır (Spatafora ve Tytell, 2010). Dış ticaret politikalarında yaşanan tam serbestleşme, göreceli fiyat seviyesini değiştirmekte ve bu da doğal kaynağın aşırı tüketimini teşvik etmektedir (Fischer, 2010). Diğer bir deyişle, serbest dış ticaret, ekosistem üzerinde bir tehdit unsuru oluşturmaktadır. Ticaret serbestliği, ülkelerin endüstrileşmesine katkı sağlarken, doğal kaynak stoğu üzerinde de kirlilik ve aşırı kaynak kullanımı yoluyla dışsallıklar yaratmaktadır (Asif vd., 2020; Wu, 2022). Serbest ticaretin, kaynak zengini ülke açısından yarattığı ilgili olumsuzluklar literatürde “kaynak bolluğu laneti” olarak adlandırılmaktadır (Arezki ve Van der Ploeg, 2007; Cavalcanti vd., 2011). Bu paradoks, kaynak bolluğu yaşayan ülkenin uzun vadede daha düşük büyüme oranlarına sahip olabileceğini belirtmektedir (Sachs ve Warner, 2001).

##### **1.4.1. Uluslararası Ticaret ve Çevresel Sermaye Stoğu Arasındaki İlişki**

Uluslararası ticaretin, çevre üzerindeki olumsuz etkileri ve kaynak stoklarının azalmasına neden olabileceği, 1970'li yıllardan beri bilinmektedir (Vutha and Jalilian, 2008). Bu kapsamda ortaya atılan tartışmalar, üç farklı teori etrafında odaklanmaktadır (Dai, 2021).

- i) Faktör Donanım Teorisi: Girdi faktörünün göreceli olarak daha fazla olduğu ülkenin, ilgili girdi faktörünü daha yoğun bir biçimde kullanan üretim sepetini tercih edeceğini ve bu ürünü ihracat malı yapacağını belirtmektedir (Antweiler vd., 2001). Mülkiyet hakları rejiminin daha gevşek olduğu gelişmekte olan ülkelerde, kirlilik yoğunluğunun daha yüksek olmasına bağlı olarak, ilgili ülkelerin kirlilik-yoğun malları ihraç ettiği gözlemlenmiştir (Sinha vd., 2019). Kuzey-Güney ticaret ilişkilerine yönelik yapılan ampirik çalışmalar ise, daha düşük çevresel farkındalığa sahip Güney ülkelerinin, çevre üzerinde göreceli olarak daha kirletici etkiye sahip ürünleri ihraç ederken, çevresel farkındalığı ve kurumsal altyapısı daha gelişmiş olan Kuzey ülkelerinin ise, çevre üzerinde göreceli olarak daha az zararlı ürünleri ihraç ettiği belirlenmiştir (Ali vd, 2020).
- ii) Ticaret Üzerinde Çevresel Düzenlemeler: Çevresel farkındalığın ülkeler arasında farklılık göstermesi, uluslararası ticaretin temel sebebi olabilmektedir. Bu durumda, kirletici sektörler, düzenlemelerin daha sıkı olduğu ülkelere, daha gevşek olduğu ülkelere doğru imalat alanlarını taşımaktadır ve bu ülkelere kirletici endüstriler artan oranda yoğunlaşabilmektedir (Jenkins, 2003; Cave and Blomquist, 2008). Bu durum, Kirlilik cenneti (pollution haven) hipotezi ile gösterilmektedir. Kahn ve Yoshina (2004) çalışmasına göre kirlilik cenneti gibi hipotezler dış ticareti açıklamakta yeterince anlamlı olmamasına rağmen, Levinson (2009) ve Shen vd. (2017) çalışmaları dış ticaret sonucu endüstrilerin uzamsal/mekansal ayrılığını ilgili teori ile açıklayabildiklerini göstermişlerdir. Porter hipotezi ise, daha yüksek çevresel standartların, endüstrilerin rekabetçiliğini sürdürülebilmeleri için, daha “yeşil” inovasyonlar yapmalarını teşvik edeceği ve bu sayede çevresel sermaye stoğunun, dış ticaret sonucu beklenildiği kadar bozulmayacağını iddia etmektedir (Porter, 1991). Daha güncel çalışmalar ise, Porter hipotezini desteklemekle birlikte, çevre ile uyumlu teknolojilerin, Dünya Ticaret Örgütü standartlarını ihlal etmeden, geri kalmış ülkelere transfer edilebilebileceğini göstermektedir (Ferretti vd., 2012). Cohen ve Tubb (2018), uluslararası ticaretin daha sıkı çevresel düzenlemelerin var olduğu ekonomilerde, daha temiz ürünlerin ihracatını göreceli olarak avantajlı hale getirebileceğini, meta analizi sonucu ile göstermişlerdir.

iii) Kuznets Eğrisi: Kuznets hipotezine göre, ekonomik gelişmişlik ile çevreyi koruma yönelimi arasında ters yönlü U şeklinde bir ilişki vardır (Stern, 2017). Diğer bir deyişle, kişi başına gelir düşük olduğu zaman, çevresel kalitede düşmektedir ve bu durum da kirlilik artmaktadır. Kişi başına gelir belirli bir eşik seviyeye ulaşınca kadar bu durum devam edebilmektedir. Yani eğrinin ilk aşamalarında, aşırı doğal kaynak malı tüketimi ve kirletici endüstrilerin yoğun kullanımı tercih edilmekte ve bu da çevresel kaliteyi düşürmektedir. Fakat bireylerin gelirleri arttıkça, ekonomik etkiler bir yana bırakılıp, çevresel endişeler baskın gelebilmektedir. Bireyler, daha iyi çevresel düzenlemeler talep ettikleri için, çevre üzerindeki zararlı faaliyetler, eşik değerinin üstünde gelire sahip olan ülkelerde, azalma eğilimi göstermektedir (Shahbaz vd., 2017). Bu durum özellikle gelişmekte olan ülkeler için, eşik değerinin farklılaşması ve çevresel düzenlemelerin hangi noktadan sonra etkin olabileceği konuları üzerinden tartışılmaktadır (Dinda, 2004).

Bütün bu hipotezlerin yanısıra, ölçek etkisi, bileşim etkisi ve teknik etki olmak üzere ticari serbestleşmenin çevre üzerindeki etkilerini açıklamaya çalışan yöntemler de mevcuttur. Temel olarak tüm bu açıklamalar, serbest ticaret sonucu artan küreselleşmenin çevre ve iklim üzerindeki zararlı etkilerinin genişlemesine neden olacağını belirtmektedir.

#### **1.4.2. Doğal Kaynak Stokları ve Dış Ticaret Politikaları**

Açık erişimli doğal kaynak malına ilişkin uygun mülkiyet hakları tanımlamak veya kirlilik dışsallığı yaratan firmalara yönelik vergilendirme politikaları uygulamak, kaynak stoğunu etkileyen dışsallıklara yönelik “birinci en iyi çözüm” olmaktadır (Brander ve Taylor, 1998:199). Fakat bu politikaların uygulanmasının ve kontrol edilmesinin çok maliyetli olmasından dolayı alternatif önlemler akla gelmektedir (Flaaten ve Schulz, 2010). Örneğin, Vietnam ve Kamboçya gibi coğrafya açısından engebeli bir araziye sahip olan, binlerce küçük balıkçı teknesi ve yüzlerce küçük limana sahip olan ülkeler için aşırı balık avlanmasını engellemek için politik yaptırımları uygulamak imkansızdır (Pomeroy vd., 2009). Bu durumda, dış ticaret serbestleşmesinin yarattığı negatif etkilere cevap olarak, ticaret gelirlerini arttırmak, büyüme oranlarını uzun vade de daha istikrarlı hale getirmek ve doğal kaynak stoğunu korumak için uygulanan dış ticaret politikaları son yıllarda daha etkin aksiyonlar olarak kabul edilmektedir (WTO, 2019; Haibara, 2022). Bu önlemler, “en iyi ikinci çözüm” olarak adlandırılmaktadır. Bu politik

enstrümanları şu şekilde sıralamak mümkündür. Bunlar: i) ithalat ve ihracat politikaları, ii) fiyat kontrolleri, iii) üretim kotaları, ve iv) yerel piyasada üretici ve tüketici vergilendirmeleri v.d.'dir (Ruta ve Venables, 2012:331). İlgili dış ticaret önlemleri, doğal kaynak stoğunun korunumunu, çıkarımı ve kullanımını sonucu ortaya çıkan çevresel dışsallıkların çevre üzerindeki etkilerini değiştirmektedir (WTO, 2010). Dış ticaret politikaları, doğal kaynak stoğunun hem yerel hem de uluslararası pazardaki göreceli fiyatını değiştirmek suretiyle, ülkelerin üretim tercihlerini manipüle etmektedir (Ruta ve Venables, 2012). Politik karar vericiler, dış ticaret politikalarını, doğal kaynak girdisi üzerinden üretim yapan sektörlerin iç piyasada tekelleşmesini engellemek, ihracat kalemlerini çeşitlendirmek ve arz/talep şoklarına karşı doğal kaynak malı göreceli fiyatını daha istikrarlı hale getirmek için de kullanmaktadırlar. Dış ticaret politikalarının doğru kullanımı sonucunda, çevre stoğunun toplam kalitesi ve sürdürülebilirliği artacaktır (Al-Mulali vd., 2015).

Tarihsel olarak dış ticaret işlemlerinden elde edilen gelirlerin daha düzgün bir şekilde düzenlenmesi, gelişmekte olan ülkelerde dış ticaret yapılan gümrük ve limanların göreceli daha az sayıda olmasından dolayı kontrol edilebilirliğin daha yüksek olması ve doğal kaynak malı ihracatı ve ithalatı yapan firma sayısının az olmasından dolayı, dış ticaret politikası olarak ithalat ve ihracatın vergilendirmesi birçok ülke için daha makul tercih olmaktadır (Flaaten ve Schulz, 2010: 1081).

i) İhracat vergilendirmesi: Dünya Ticaret Örgütü verilerine göre, doğal kaynak malları üzerine uygulanan ihracat vergisi, diğer sektörler üzerinde uygulanan ihracat vergilendirmesinin iki katından daha fazladır (WTO, 2010: 116). İhracat vergilendirmesi, yerel piyasa fiyatını düşürmektedir ve bu da dağılım etkisiyle doğal kaynak malı üretimindeki tüm sektörlerin fiyat seviyesini düşürmektedir. Ayrıca, ihracat vergilendirmesi kapalı ekonomi durumuna göre iç piyasadaki doğal kaynak malı tüketimini azaltırken, vergi uygulanmayan serbest ticaret koşullarına göre ise tüketimi arttırmaktadır. İç piyasadaki fiyat düşüşüne bağlı olarak, doğal kaynak malı üretimi azalırken, stok seviyesi artış göstermektedir (Flaaten ve Schulz, 2010; Takarada vd., 2013; Khotamov, 2022)

ii) İthalat vergilendirmesi: Gelişmekte olan ülkeler genel olarak ithalat vergilendirmesini, çevresel duyarlılıktan dolayı uygulamamaktadır (Eisenbarth, 2017). İthalat

vergilendirmesi, “doğal kaynak ticaret savaşı” olarak adlandırılan, bir başka ülkenin uyguladığı ihracat vergilendirmesine misilleme olarak öne sürülmektedir (Latina vd., 2011). Bu politika, ithal edilen doğal kaynak malının fiyatını arttırmakta ve göreceli dış ticaret hadlerini ithalat yapan ülke lehine değiştirmektedir. Fiyatı artan mala yönelik talep zaman içerisinde düşeceği için, uygulanan ithalat politikası, doğal kaynak malı ihraç eden ülkenin doğal kaynak malı stoğunun artmasına neden olmaktadır. Refah seviyesi ise, politikanın “işbirlikli oyun” olup olmamasına bağlı olarak, artış veya azalış gösterebilmektedir (Latina vd., 2011: 179).

Bu aşamada, uygulanan ticaret politikalarının Dünya Ticaret Örgütü’nün ortaya koyduğu kuralları ihlal edip etmediği sorulabilir. İhracat veya ithalat vergilendirmesi, ithalat veya ihracat kısıtlaması şeklinde uygulanmadığı sürece, Dünya Ticaret Örgütü ve Gümrük Vergileri ve Ticaret Genel Anlaşması kapsamı dışında kalmaktadır (Flaaten and Schulz, 2010:1081).

Bu çalışmada uygulanan ticaret politikaları, refah, stok seviyesi ve dış ticaret hadleri açısından son bölümde detaylıca incelenecektir.

### **1.5. Yenilenebilir Kaynak Stoğunun İçerik ve Kapsamı**

Yenilenebilir kaynak stokları, insan müdahalesi veya insan kaynaklı bir girişim olmadan ortaya çıkan, kendi kendini besleyen bir büyüme fonksiyonuna sahip hammadde veya ürünlerdir. Yenilenebilir kaynak stokları, belirli bir politik sınırlar içerisinde sadece ilgili ülke vatandaşlarının erişebildiği doğal kaynaklar şeklinde tezahür edebileceği gibi, birden fazla ülkenin eş anlı olarak paylaştığı ve politik sınırları ihlal edebilecek şekilde de ortaya çıkabilmektedir (Dhliwayo, 2002). Doğal kaynak stoğu üzerindeki mülkiyet hakkı tek bir yasal varlık tarafından kontrol edilebiliyorsa, “ulusal sınırlar içerisinde mülkiyetlendirilmiş (nationally-owned)” yenilenebilir kaynak stoğu olarak isimlendirilmektedir (McMurty, 2012). Bu şekilde tanımlı doğal kaynaklar, iyi tanımlanmamış mülkiyet hakları kuralları altında, kamusal olmayan ekonomik aktörler tarafından aşırı kullanıma hatta yokoluşa gidebilecek kadar kaynak tüketimine maruz kalabilirler (Parson, 2022). Eksik bilgi seti altında verilen ekonomik kararların, aşırı mahsül tüketimini arttırdığı ve rekabetçi firmalar arasındaki kaynak dağılımının daha da bozulmasına neden olduğu bilinmektedir (Ferreira, 2004; Cabo vd., 2014). Bedavacılık (free riding) olarak adlandırılan diğer bir dışsallık da, ulusal sınırlar içerisindeki çevresel

kaynak stoğundaki azalmaların diğeri bir sebebidir (Hazari ve Kumar, 2003). Optimal doğal kaynak dağılımı ve kullanımını sağlamak ve regüle edebilmek için “bilgi gereksinimlerine (information requirements)” ihtiyaç duyulmaktadır.

Ulusal sınırlar içerisinde yer alan doğal kaynaklar, modellerin göreceli basit çözümlerine ulaşabilmek için literatürde daha çok tercih edilen varsayım olmaktadır. Yalnızca bir ülke tarafından yaratılan dışsallık problemini (aşırı mahsül tüketimi veya endüstriyel kirlilik) çözmek için, etkin bir biçimde doğal kaynak stoğunu koruyacak kapasite arttırımı şeklinde uygulanacak politikalar öne sürmek daha kolaydır (Varis vd., 2008). Tekil bir ekonomik birimin regülasyonlar, kontrol mekanizmaları ve aşırı tüketime sebep olan aktörler üzerinde optimal vergilendirme uygulaması, birden fazla ekonomik aktörün ortaklaşa yasal bir mutabakata varmasında her zaman daha olası olmaktadır. Ortak kaynakların aşırı tüketime maruz kalması, farkedilmemiş bir problem değildir. Örneğin, ormancılık faaliyetlerini düzenlemek için Uluslararası Tropikal Kereste Birliği (International Tropical Timber Organization) veya tuna balığı avcılığına yasal bir çerçeve çizmek için Bölgesel Balıkçılık Yönetim Organizasyonu (Regional Fisheries Management Organizations) bu problemi ortadan kaldırmak ve uzun dönemli sürdürülebilirliğe katkı sağlamak için, ülkeler arası mutabakat zemini arayan kuruluşlardır. Fakat, ülkelerin çıkarlarının çatışması ve egemenlik haklarının farklılaşması ortak bir konsensüse varılmasını zorlaştırmaktadır (Okonkwo, 2017). Uluslararası mutabakat global bir amaç olarak tanımlanmakla birlikte, uluslararası birlikteliği tanımlayacak olan norm ve prensipler üzerinde ortak kanaate varmak, her zaman tartışmaya açık olmakta ve daha zor gerçekleşmektedir (Beyene and Wadley, 2004).

Yaşayan organizmalar formunda tanımlanan doğal kaynaklar (ormanlar, balıklar, küçük organizmalar vb.) çoğunlukla yasal olarak tanımlı politik sınırlara riayet etmedikleri için, “ortak mal problemine”, yani “ortak varlıkların trajedisine (tragedy of commons)” sebep olmaktadır (Beyene ve Wadley, 2004; Copeland and Taylor, 2009). Sınırları aşkın olma ifadesi doğal kaynak kavramının başına ilave edildiğinde, doğal kaynağın uluslara ait fiziksel sınırlara riayet etmediği, herhangi bir müdahale olmadan bir başka ülkenin yasal sınırları içerisine dahil olabildiği anlaşılmaktadır (Blatter and Ingram, 2001). Ortak kaynak erişimine tabi olan kaynaklar, dünya genelinde stok seviyelerinde azalmalar ve çevresel kaynak kalitesinin bozulması şeklinde tezahür eden problemlerle karşılaşılır

(MEA, 2005). Kaynak stoklarının bu şekilde aşırı kullanımının bir sürece tabi tutulmasının sebebi, bağımsız hareket eden bireysel kullanıcıların katlandıkları özel maliyetler ile oluşan tüm sosyal maliyetler arasındaki kopukluktan kaynaklanmaktadır (Dahlman, 1979). Bir başka deyişle, ortak kaynak stoğunu girdi faktörü olarak kullanıp üretim yapan ekonomik ajanlar, ekonomik aktivitelerinin yarattığı sosyal maliyetin tamamını içselleştirmediklerinde, kısa dönemli ve miyopik bakış açılarına bağlı olarak, ilgili doğal kaynağı aşırı tüketmeye yönelmektedirler (Bellanger vd., 2021).

Kaynak stoğunu ortak kullanan iki veya daha fazla aktörün işbirliğine dayalı olan veya olmayan regülasyonlar, firmaların üretim maliyetlerini arttırarak karlılıkları üzerinde negatif bir etki yaratmakla birlikte, aynı zamanda aşırı mal üretimini de azaltarak çevre üzerinde uzun dönemli pozitif etki yaratmaktadır (Akhundjanov ve Muñoz-García, 2019). Bu duruma bağlı olarak, düzgün bir regülasyona tabi tutulmayan ortak kaynak stoklarının, sınırlı ekonomik bölge korumasındaki alanlarla karşılaştırıldığında, modern kontrol yöntemleri ve kaynak çıkarımını düzenleyen pratik yaptırımların var olduğu durumlarda bile, göreceli olarak daha düşük zenginlik ve çeşitlilik gösterdiği belirtilmektedir (Liu ve Molina, 2021). McWhinnie (2009) çalışmasına göre incelenen ülkelerin, Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü'nün tanımladığı soyu tükenmekte olan yakın balık türlerinin ortak doğal kaynak malı olarak birden fazla ülke tarafından kullanıldığında, ekonomik gelirlerini arttırmak amacıyla, çok daha fazla tüketildiğine ve aşırı tüketimin ilgili kaynak stoğunun kısa süre içinde soyunun tükenmesine neden olduğu ortaya konulmuştur.

Belirtilmesi gereken bir nokta, sınırları aşkın bir biçimde ortaya çıkan ortak kaynak kullanım probleminin sadece deniz ve okyanus gibi, doğal su kaynakları ile sınırlı olmadığıdır. Karasal alanlarda da, özellikle ormancılık yapılan bölgelerdeki vahşi yaşam veya yenilenebilir bitki florası için de, fiziksel sınırlar kolaylıkla ihlal edilebildiği için, ortak kaynak dışsallığı sorun teşkil etmektedir (Sanchez ve Roberts, 2014). Bu çalışmada, varsayılan ekonomik modelin varsayımları, hem büyüme fonksiyonu hem de dışsallıkların eş anlı olarak kaynak stoğunu olumsuz yönde etkilemesi açısından, balıkçılık sektörü ve doğal su kaynaklarının ampirik açıklamalarıyla daha fazla uyum göstermektedir.



### 1.6. Literatür Taraması<sup>3</sup>

Dış ticaret ve çevre konusundaki ilk çalışmalar, 1970'li yılların ortalarından itibaren gündeme gelen dış ticaret regülasyonlarına ilişkin incelemelerdir. Bu çalışmaların cevap bulmaya çalıştığı sorular, dış ticareti kısıtlayacak herhangi bir politik aksiyonun ticaret yönelimlerini değiştirip, regülasyonlardan etkilenen endüstrilerin kontrol bakımından daha serbestlik sahibi alanlara taşınıp taşınmayacağına ilişkindir. Pethig (1976), emek ve emisyon miktarının girdi faktörü olarak kullanıldığı ve üretilen malların çevre üzerinde etki sahibi olduğu iki sektörlü Ricardocu genel denge analizi yapmıştır. İlgili makalede, çevre üzerindeki kısıtlamaların daha az olduğu ülke de, çevre faktörünün girdi olarak daha yoğun kullanıldığı sektörde tam uzmanlaşacağına ilişkin bir sonuca varılmıştır. Siebert'in (1977) çalışması, Pethig (1976) makalesinin doğrusal olmayan teknoloji varsayımı kullanılarak genişletilmesidir. Bu makalede girdi faktörü teke düşmektedir. Çevre standartlarını korumaya yönelik politikaların, çevre faktörünün girdi olarak daha yoğun kullanıldığı mal çıktısının azalmasına sebep olacak şekilde dış ticaret kazançlarını arttıracığı iddia edilmiştir. Fakat, çevre politikaları çok kısıtlayıcı olursa, göreceli üstünlüğün üretim kirliliğinin yoğun bir şekilde yaşandığı diğer mala doğru hareket edeceği de belirtilmiştir.

Bu iki çalışmanın sonuçları McGuire (1982) tarafından, standart Heckscher-Ohlin modeli çerçevesinde incelenmiştir. Model, çevre stoğunu miktar kısıtlanmasına tabi olunan tek sektörlü ve tek üretim girdili şekilde tanımlamıştır. Çevre üzerine konulan kısıt negatif yönlüdür. Yani, çevre kısıtı, çevre stoğunu girdi olarak kullanan ürünün üretim teknolojisini olumsuz yönde etkilemektedir. Bu durum, gelir dağılımını çevre stoğunu girdi olarak kullanmayan sektör lehine değiştirmektedir. Eğer çevre üzerine konulan kısıt çok kapsayıcı ve güçlü olursa, Siebert (1977) çalışmasında olduğu gibi, çevre stoğunu girdi olarak kullanan sektörün sahip olduğu göreceli üstünlük ortadan kalkmaktadır. Bu makalelere benzer bir sonuç Krutilla (1991) makalesinde de bulunmuştur. İlgili çalışma, çevre standartlarını koruyabilmek adına uygulanacak aşırı bir kısıtlamanın, çevreyi kirleten endüstrinin göreceli rekabetçi gücünü azaltacağını ve ihracat seviyesini düşüreceğini tekrar etmiştir.

---

<sup>3</sup> Bu bölümde incelenen makalelerin bir kısmı daha detaylı bir biçimde, Anriquez (2005), Copeland ve Taylor (2013) ve Dean (2017) çalışmalarında incelenmiştir.

Çevre üzerindeki regülasyonların ticaret yönelimini değiştirdiği bilinmektedir. Bu değişim, Ricardocu göreceli teknolojik üstünlüğünün bir sektörden diğerine doğru kaymasıyla veyahut standart karşılaştırmalı üstünlük teorilerinde olduğu gibi göreceli girdi yoğunluğunun farklılaşması şeklinde oluşmaktadır (Anriquez, 2005:4). Dışsallıkların ve çevre kısıtlarının negatif yönde etkilediği ülkeler, bu değişimler sonucu, uluslararası ticaretin dışında kalmaktadır. Copeland ve Taylor (1994)'te çevre üzerinde uygulanan politikaların aynı olması koşulunda bile, hangi çevresel etmenlerin ilgili ülkeyi uluslararası ticaretin dışına itebileceğini analiz etmektedir. Model, çevreye yaydıkları kirlilik derecesi baz alınarak endekslenen sonlu mal seti ile kurulmuştur. Kirlilik seviyesinin, refahı olumsuz etkilediği varsayılmıştır. Bunun için ilgili mallar üzerinde, marjinal zarar seviyesinden uygulanan etkin bir emisyon vergisinin uygulanmasının etkili olacağı öngörülmektedir. Modelde çevresel kalite, normal bir ürün olduğundan ve marjinal zarar seviyesi gelir arttıkça artacağı için, ülkeler dış ticarete başladıkları zaman, gelir seviyesi daha yüksek olan ülkenin, çevreye daha duyarlı olan üründe tam uzmanlaşmaya gittiği gözlemlenir, gelir seviyesi düşük olan ülkenin ise çevre üzerinde daha kirlitici olan ürün üzerinde uzmanlaşacağı sonucuna ulaşılmıştır. Tam uzmanlaşma çıktı seviyesini arttıracığı için, çevre üzerindeki toplam kirlilik seviyesi ticaret sonucunda artmıştır. Copeland ve Taylor (1995a) makalesi ise, bu analizi genişleterek, modele tüketicinin de kirlilik yarattığı varsayımını eklemiştir. Bu durumda, kirlilik gelir seviyesi yüksek olan ülkede azalırken, gelir seviyesi düşük ülkede artmaktadır. Sonuç olarak, kirli endüstrilerin daha zengin ülkeden daha fakir ülkeye doğru hareket ettiği görülmektedir.

Çevrenin kendini yenileme yeteneği ve kirliliği özümseme kapasitesi de ticaretin yönünü belirleyebilecek etkenlerdendir. Bir ülkenin çevre stok miktarı daha yüksek ise veya daha hızlı bir şekilde çevre stoğunu yenileyebiliyorsa, çevre üzerinde kirlitici etkiye sahip ürün üzerinde daha düşük emisyon vergisi uygulanacağı için, kirlilik yoğun üründe karşılaştırmalı üstünlüğe sahip olma imkânı artmaktadır. Bu sonuç, Siebert (1977) makalesi ile uyumludur. Leger (1995) makalesi ise, bu fikri endüstrilerin bölgesel olarak dağılım gösterdiği bir model ile genişletmektedir. Kirlilik miktarını çevresel olarak özümseyebilme kapasitesi daha yüksek bölgelerde üretilen ürünlerin, düşük vergilendirilmeden ötürü daha çok ihraç edileceği sonucuna ulaşılmıştır.

1970'lerde başlayan serbest ticaretin çevre üzerindeki etkilerinin analiz edilmesine yönelik tartışmalar, 1990 yılında tekrar gündeme gelmiştir. Bu konuda en önemli

çalışmalardan biri Grossman ve Krueger (1991) Kuzey Amerika Serbest Ticaret Antlaşması kapsamında yazılan makaleleridir. Bu çalışmada, çevre standartları ve kalitesinin gelir seviyesiyle orantılı bir biçimde gelişeceğine ilişkin ampirik örnekler sunulmaktadır. Dış ticaretin gelir seviyesini arttırdığı öyle bir nokta olduğu varsayılmıştır ki, bu noktaya kadar gelir artışı aynı zamanda daha temiz bir çevre stoğuna sahip olunmasına neden olmuştur. Bu çalışmanın ortaya koyduğu sonuç, dış ticaretin, küreselleşme karşıtlarının iddia ettikleri oranda çevre üzerinde olumsuz etkiye sahip olmadığıdır.<sup>4</sup>

İlgili çalışmaya karşı tez olarak, dış ticaretin teşvik ettiği çevresel bozulmalarının gelir seviyesini de azaltacağını ve bu etkinin tam tersi yönde de aynı şekilde çalışarak fasit bir döngü yaratacağı dile getirilmiştir. Daly (1993) çalışmasında, dış ticaretin çevre üzerinde yarattığı bu bozulmalar incelemiştir. Çalışmanın temel tezi, dış ticaret sonucu oluşan ekonomik büyümenin çevre üzerine yarattığı tahribatın, ekonominin genel gelir seviyesinde oluşturduğu artıştan daha fazla olduğudur. Fakat, çevresel tahribatın ölçümü ve hesaplanması çok zor olduğu için, bu durumun ekonomistler tarafından yok sayıldığı ifade edilmiştir.

Copeland ve Taylor (1997), bu iki çalışmanın ortaya koyduğu ampirik verileri modelleme yoluna giderek, dış ticaretin çevre üzerinde yarattığı etkileri destekler nitelikte sonuçlar bulmuştur. Daly (1993) çalışmasında ortaya konulan ve çevre stoğuna azaltan etkiler, bu makalede “ticaretin teşvik ettiği çevre bozucu etkenler” olarak adlandırılmıştır. İlgili makalede, iki sektörlü bir dinamik modellemeye ek olarak, hükümet politikalarının çevre konusunda yetersiz olduğu varsayılmıştır. Hükümet optimal oranda emisyon vergisi uygulamaktadır. Kirlilik, doğal kaynak malı sektöründe girdi olarak kullanılan doğal kaynak stoğu üzerinde etki sahibidir. Hükümet, kısa dönemde, kirliliğin yarattığı etkiyi refah açısından içselleştirmektedir fakat standart yenilenebilir kaynak stoklarında olduğu gibi, kirliliğin kaynak stoğu üzerindeki uzun dönemli etkisi içselleştirilmemiştir. Ülkeler ticarete açıldığında iki farklı sonuç ortaya çıkabilir:

- i) Eğer dışsallık zayıf ise (model de bu durum, doğal sermaye stoğunun düşük verimliliği ile gösterilmiştir), bu durumda dış ticaret Kuzey-Güney ülkelerine benzer

---

<sup>4</sup> Bu konuya ilişkin daha güncel bir tartışma, Managi vd. (2009) makalesinde ve Copeland ve Taylor (2013) kitabında yapılmıştır.

sonuçlar üretmektedir. Bu ülke çevre stoğu üzerinde kirlilik yaratan bir ürün ihraç ederse, ekonomi kısa dönemli kazançlar sağlayabilir fakat ilgili malın üretimindeki artış kaynak stoğunu azaltacağı için, kısa dönemli bu kazançlar uzun dönemde yok olmaktadır.

- ii) Eğer dışsallık yüksek ise (doğal kaynak malı sektöründeki yüksek verimlilik), kapalı ekonomi fiyatları ile aynı seviyede, durağan durum dengesi kararsız olarak sonuçlanmaktadır.

Bu durumda, model, serbest ticaretin kirliliği arttıracığını, çevre kalitesini düşüreceğini ve son olarak daha düşük reel gelir düzeyiyle ilgili ülkenin karşılaşacağını belirtmiştir. Buna ek olarak, bu durumların hiçbirinin kapalı ekonomi durumunda gerçekleşmediği sonucuna varılmıştır.

Yenilenebilir kaynak stoğuna ilişkin negatif dışsallık yaratan etkenlerin başında mülkiyet haklarının eksik tanımlanmasından kaynaklı ortaya çıkan açık erişim problemi gelmektedir. Bu problemin tezahür etmesinin en temel sebebi, yenilenebilir kaynak stoğunun bir üretim girdisi şeklinde varsayılmasıdır. Açık erişim probleminin yaşandığı bir ekonomide, çevre stoğunun girdi olarak kullanıldığı ve görünür biçimde karşılaştırmalı üstünlüğe sahip olunan ürün de aşırı tüketim problemi ortaya çıkacaktır. Mülkiyet haklarının eksik tanımlandığı açık erişim problemleri, literatürde birçok makalede incelenmiştir. Literatürde, kaynak stoğunun düzgün bir yönetimi tabi olduğu ülkeler zengin (Kuzey) ülkeleri olarak adlandırılırken, mülkiyet haklarının eksik tanımlanmasından ötürü kaynak stoğu üzerinde negatif dışsallığın olduğu ülkeler fakir (Güney) ülkeleri olarak ifade edilmektedir (Anriquez, 2005:6).

İlk olarak, iki zengin ülke arasındaki ticari ilişkiler dikkate alındığında bu konuda yazılan öncü çalışmalardan ilki Chichilnisky'nin (1994) makalesidir. Bu makale, Chichilnisky (1993) makalesinin standart Heckscher-Ohlin modeli ile genişletilmiş bir versiyonudur. Modelde iki ayrı nihai mal üretilmektedir. Sabit bir miktarda arz edilen sermaye stoğu ilk girdi faktörü olurken, çevre stoğundan elde edilen ve ara malı olarak kullanılan doğal kaynak malı ikinci girdi faktörü olarak sıralanmıştır. “Güney” olarak adlandırılan ülke, “Kuzey” ülkesi ile karşılaştırıldığı zaman, eksik mülkiyet hakları rejimine sahip olduğu için çevre stoğunu optimal seviyenin üzerinde sömürecektir. Bu durumun doğal bir sonucu olarak, kapalı ekonomi dengesinde, Güney ülkesi doğal kaynak malı olarak

adlandırılan ara mal üretiminde daha düşük göreceli fiyatlara sahip olacak ve bu durumda doğal kaynak malı ihraç edilecektir. Fakat bu durum gerçek anlamda bir göreceli üstünlük yaratmamaktadır. Dış ticaret sonucu teşvik edilen aşırı doğal kaynak malı üretimi, çevre stoğunu olumsuz etkilemektedir ve aşırı yenilenebilir kaynak tüketimi problemini daha da arttırmaktadır. Uzun vadede, bu şekilde tanımlanan iki ülkeli dış ticaret modelinde, Kuzey ülkesi ticari kazançlar sağlamaktadır.

Brander ve Taylor (1997a) makalesinin devamı olan ve çevre stoğunun yenilenebilir kaynak stoğu şeklinde davranmasını modelleyen Brander ve Taylor (1997b), Kuzey-Güney ticaret modellerinin temel çalışmalarından biridir. İki ürünün sabit bir teknoloji ile üretildiği bir model varsayılmıştır. Üretim sektörünün çıktısı olarak üretilen ürün için yalnızca emek, girdi faktörü olarak kullanılırken; doğal kaynak malı üretiminde hem emek hem de yenilenebilir kaynak stoğu girdi faktörü olarak kullanılmaktadır. Güney ülkesi bir önceki model de olduğu gibi yine daha fazla yenilenebilir kaynak stoğu tüketmektedir. Fakat bu durum, her zaman doğal kaynak malı üretimini arttırmamaktadır. Yenilenebilir kaynak stoğunun büyümesini tanımlayan fonksiyon, lojistik (sigmoid) büyüme fonksiyonudur. Bu fonksiyon ters U şekli olarak tanımlanabilir. Stok seviyesi çok düşük veya çok yüksek olduğu zaman, stok büyüme fonksiyon düşük değerler almaktadır. Stok seviyesi çok düşük iken, üreme yapacak çok az kaynak olduğu için bu durum geçerli iken, stok seviyesi belirli bir düzeyin üzerine çıktığında ise kaynak stoğunda yaşanan aşırı yoğunluktan dolayı büyüme hızı azalmaktadır. Maksimum büyüme hızı, stok seviyesinin, taşıma kapasitesinin yarısına yakın olduğu noktalarda oluşmaktadır. Modele göre, stok yüksek olduğu zaman (yani, doğal kaynak malı göreceli fiyatı düşük olduğu zaman) yenilenebilir kaynak stoğunu girdi olarak kullanan ürünün çıktı seviyesi ek bir çaba ile artabilmektedir. Ama, belirli bir stok seviyesinden sonra, Güney ülkesi doğal kaynak malı üretimine çok fazla emek gücü ayırdığı için (bu durum kaynak stoğunun aşırı tüketimine neden olur) durağan durum doğal kaynak malı çıktı miktarı azalır. Doğal kaynak malı göreceli fiyat seviyesi yüksek olup Güney ülkesinde kaynak stoğu azaldığı zaman, Chichilnisky (1994) makalesinde bulunan sonuç (ticaret sonucu Kuzey kazanırken, Güney ülkeleri kaybeder) değişmektedir. Ticaret sonucunda, Kuzey ülkesi yenilenebilir kaynak stoğunu girdi olarak kullanan sektörde daha verimli olduğu için, bu malı ihraç etmiş ve her iki ülkede kazanç sağlayabilmiştir.

Kuzey-Güney modellerinde, Kuzey ülkesi aşırı kaynak tüketiminin olmadığı ülkeyi temsil eder ve ticaret sonucu daima kazanmaktadır. Güney ülkeleri ise çevre stoğunu yoğun olarak kullandığı üründe görünür de bir avantaja sahip olsa bile gerçek anlamda bu şekilde bir üstünlüğü olmadığı için ticaret sonucu kayıplar yaşamaktadır (Anriquez, 2005:8).

Ticaretin her iki tarafı da açık erişim kaynaklı çevresel dışsallığa sahip ise, bu tip modellere Güney-Güney modelleri denmektedir. Bu çalışmanın dış ticaret kısmında yer alan model de bu tarz bir model olup gelişmekte olan iki ülke arasındaki dış ticaret ilişkisini analiz etmektedir. Brander ve Taylor (1998) modeli hem bu çalışmanın hem de literatürün temel makalesi konumundadır. Brander ve Taylor (1998) de açık kaynak erişim problemine sahip iki ülkeli bir model uygulamışlardır ve girdi faktörü olarak çevre ile emek kullanılmıştır. Ülkeler, göreceli kaynak donanımı açısından farklılaşmaktadır. Bu farklılaşma, ticaretin yönünü belirlemektedir. Bir ülke, emek seviyesine göre daha yüksek bir yenilenebilir doğal kaynak büyüme hızına sahip olursa, doğal kaynak malında sahip olduğu göreceli maliyet avantajından dolayı bu ürünü ihraç etmiş ve ticaret sonucu kayıp yaşamıştır. Diğer ürünü ihraç eden ülke ise ticaret sonucunda kazanç sağlamıştır. Modelin devamında, bu çalışma da olduğu gibi, dış ticaret politikalarının etkileri analiz edilmiştir. Doğal kaynak malı ihraç eden ülke, ihracat gümrük vergisi uygularsa, bu politika sonucu ihracatçı ülke refah artışı yaşarken, ithalatçı durumdaki ülke fayda kaybı yaşamıştır. Doğal kaynak malı ithal eden ülke, ithalat gümrük vergisi uygularsa, bu politika ihracatçı ülkeye yine fayda artışı olarak yansırken, ilgili politikayı uygulayan ülkenin fayda seviyesi ise belirsiz olarak kalmaktadır. Parametrelerin doğru belirlenmesi durumunda, ithalat gümrük vergisinin Pareto iyileştirici olabileceği modelde belirtilmiştir.

Karp vd. (2001) makalesi, Brander ve Taylor (1998) çalışmasının bir devamı konumundadır. Fakat, bu model de ticaretin yönelimi faktör donanım farklılaşmasından kaynaklanmamaktadır. Ticareti belirleyen etken, çevresel dışsallık ve çevre stok seviyesindeki farklılaşmadır. Model, nihai mallar için sabit bir teknoloji ile üretim varsaymıştır. İlave olarak, geçimlik mal olarak adlandırılan bir diğer mal çeşidi de mevcuttur. Bu mal, her zaman maksimum seviyede tüketilmektedir. Ara mal olarak nitelendirilen doğal kaynak malının, Cobb-Douglas tipi bir teknoloji ile üretildiği ifade edilmiştir. Model, mülkiyet haklarına ilişkin dışsallığı, en uç örnek olarak nitelendirilen

açık erişim problemi ile, ılımlı mülkiyet eksikliği arasında değişecek biçimde sıralamaktadır. Çalışma da bulunan ilk sonuç şudur: Yenilenebilir kaynak stok seviyesinin yeterince yüksek olduğu kapalı ekonomi durumunda, mülkiyet haklarının eksik tanımlanmasından kaynaklı ortaya çıkan çevresel dışsallıklar durağan durum dengesini etkileyememiştir. Eğer ilgili stok seviyesi düşük olursa, bu tarz bir dışsallık denge noktası üzerinde etkiye sahip olmaktadır. Diğer bir yandan, iki ülke kendi aralarında ticarete başladıkları zaman, başlangıç noktası göreceli kaynak bolluğundan bağımsız olarak, ilgili dışsallık problemi, çevre stoğunun tüketilmesi üzerinde bir etkiye sahip olmuştur. Yazarlar, durağan durum dengesi dışındaki noktaları da analiz etmişlerdir. Eğer ticaret gerçek bir göreceli üstünlük tarafından yönlendirilirse (yani eksik tanımlı mülkiyet hakları tarafından değil), bu durum etkin ticaret dengesi olarak adlandırılmaktadır. Bu durumda, her iki ülkenin de fayda seviyesinin artacağı sonuçlar oluşabilmektedir. Eğer etkin olmayan bir ticari dengeye ulaşırsa, daha yüksek seviyelerde çevresel dışsallığa sahip olan ülke (doğal kaynak malını optimal seviyesinden daha fazla üreteceği için), ticaret sonucu kayıp yaşayacaktır. Aynı zamanda, ticari partnerinin de fayda seviyesini aşağıya çekerek, her iki ülkenin de kayıp yaşamasında neden olacaktır.<sup>5</sup>

Bir diğer model çeşidi, eksik mülkiyet haklarından kaynaklı çevresel dışsallıkların içselleştirildiği çalışmalardır. Literatürde bu ayrımı sağlayan ilk içsel faktör ülkeler arasındaki gelir seviyelerindeki farklılıklar olmuştur (Anriquez, 2005:4). Kuzey ülkeleri düzgün tanımlı mülkiyet haklarına sahip oldukları için zengin olarak isimlendirilirken, Güney ülkeleri ise eksik bir mülkiyet rejimine sahip olduğu için daha fakir olarak ifade edilmektedir.

Copeland ve Taylor (1994) makalesi, yenilenebilir kaynak tüketiminde, mülkiyet hakları eksikliğini oluşturan belirleyicilerin ne olduğunu araştırmıştır. Model, doğal kaynak malı çıkarımına yönelik her zaman yürürlükte olan ve mülkiyet haklarını düzenleyen rejimlerin olduğunu varsaymıştır. Fakat, ekonomik ajanlar bu kurallara genel olarak uymayarak hükümeti kandırmaya çalışmışlardır. Bu durumda, fiili olarak gözlemlenen mülkiyet hakları rejimi, “aldatma/kandırma” miktarı tarafından belirlenmiştir. Dış ticaret

---

<sup>5</sup> Karp vd. (2001) makalesinde dış ticaretin yönelimini belirleyen etkenlerden biri stok seviyelerindeki farklılıktır. Fakat bu farklılığa açık erişim dışsallığı neden olmaktadır. Bu çalışma da ise, ticaretin yönelimini belirleyen ve stok seviyesini ayarlayan etken, kirlilik parametre yoğunluğundaki farklılıklardır.

sonucu doğal kaynak malının göreceli fiyatı yükseldiğinde, ülkeler açısından gerçekte hüküm süren mülkiyet hakları rejimi iyileştirilebilir veya bunu tercih etmemişlerdir. Ticaret sonucu kayıp yaşayan ülkeler, doğal kaynak malı fiyat yükselişinden bağımsız olarak, uyguladıkları mülkiyet hakları rejimini değiştirmemeyi tercih etmektedirler. Güçlü hükümetlere sahip ülkeler ise, mülkiyet hakları rejimlerini değiştirerek açık erişim problemlerinden uluslararası göreceli fiyatlara entegre hale gelecek şekilde değişiklikler yapmışlardır. İlimli rejimler ise, bu iki uç örneğin ortasında yer almaktadır. Ticaret sonucunda, daha yüksek göreceli doğal kaynak malı fiyatı ile karşılaşan güçlü ve ilimli hükümetler fayda seviyelerini arttırmışlardır. Buna ek olarak, mülkiyet hakları rejimlerinde de yaptıkları iyileştirmeler ile dinamik kazançlar sağlamışlardır.

Dış ticaret çevre ilişkilerine ilişkin bir başka dışsallık ise, yerel olarak yaratılan endüstriyel kirliliğin sınırları aşkın bir şekilde diğer ülkenin verimlilik fonksiyonunu da etkilemesi şeklinde oluşmasıdır. Sınır ötesi kirlilik olarak adlandırılacağımız bu durum literatürde bir kamusal hastalık olarak görülmektedir. Bilindiği üzere, kamu malları başka bireylerin kullanımı dışlanamadığı için optimal düzeyin altında üretilmektedir. Bu durumda, bireyler bedavacı probleminden kaçınmak için daha az miktarda kamu malı arzına yönelirler. Bu mantığa benzer biçimde, yerel de yaratılan kirliliğin ulus ötesi bir etkisi olup bu etki içselleştirilmediği takdirde, ilgili ülke optimal düzeyin üzerinde kirlilik yaratır. Çevre stoğunu temiz tutmanın maliyeti, ilgili kirliliği yaratan ülkeler tarafından üstlenmediği için, kamu malı şeklinde düşünülen çevre kalitesi, optimal seviyenin aşağısında kalır. Bu tarz modeller literatürde ayrıntılı olarak incelenmiştir. Markusen (1975a) makalesi ile başlayan literatür; Markusen (1975b), Copeland ve Taylor (1994), Ludema ve Wooton (1994), Copeland ve Taylor (1995a), Benarroch ve Thille (2001), Unterberdoester (2001), Takarada (2005), Acharyya (2013), Mason vd. (2018), Mason (2021) ve Kar ve Majumdar (2021) çalışmaları ile devam etmiştir.

Markusen (1975a) çalışmasına göre, sınırları aşkın bir şekilde kirliliğin varlığında, serbest ticaret etkin olmamıştır. Markusen (1975a) modelinde iki farklı ülke varsayılmıştır. Eğer ülke A, ülke B'ye gümrük vergisi uygulamazsa, bu durumda ülke B sınır ötesi maliyet etkilerini içselleştirmediği için hem A ülkesi açısından hem de toplam refah açısından optimal olan seviyenin üzerinde kirlilik yaratmıştır. Model, kirlilikten etkilenen ülke için optimal bir vergilendirme uygulamasını önermiştir. Markusen (1975a) makalesi, uygulanan politika sonucunda iki farklı noktayı vurgulamıştır: ilk olarak çözüm nosyonu



Pareto optimum olmamıştır ve ikinci olarak yazar diğer ülkenin vergilendirme yoluyla misilleme yapmasını önermemiştir. Markusen (1975b) makalesi ise, sınır ötesi kirlilikle başa çıkabilmek için üretim ve tüketim vergisi yoluyla en iyi ikinci çözüm seçenekleri olarak ortaya koymuştur.

Copeland ve Taylor (1994) makalesi de bu konu ile ilgilenmiştir. İki tür dışsallığın olduğu bir ekonomik ortam yaratılmıştır. Dışsallıklardan ilki, yerel dışsallık olarak adlandırılıp sadece ilgili ülkeyi etkilerken, ikincisi ise diğer ülkedeki doğal kaynak malının verimlilik fonksiyonunu etkilediği için sınır ötesi dışsallık olarak adlandırılmıştır. Herhangi bir politika yoluyla yerel dışsallık içselleştirilirken, sınır ötesi dışsallığın etkileri hala aktif olursa, bu durum da doğayı kirleten endüstri üzerinde tam uzmanlaşma yaşayan ülke ticaret sonucu kazanç sağlarken, doğaya karşı temiz üretim yapan endüstri de uzmanlaşan ülke kaybetmiştir. Buna ek olarak, başlangıç donanımları farklılaştırılıp diğer bütün dışsal parametreler aynı bırakıldığında ve sınır ötesi kirlilik dışsallığı devam ettirildiğinde, geliri yüksek olan ülke dış ticaret sonucu kazanç sağlarken, geliri düşük ülke kayıp yaşamaktadır.

Ludema ve Wooton (1994) makalesi de iki ülkeli ve ülkelerin birbirleriyle iş birlik halinde olmadıkları bir model kurmuşlardır. Model de yer alan ürünlerden biri, ithalat yapan ülkenin refah fonksiyonunu etkileyecek bir dışsallık yaratmaktadır. Bu dışsallığın varlığı da modeli, sınır ötesi dışsallığın var olduğu bir duruma dönüştürmektedir. Bu varsayımlar altında, makale ilgili ülkelerin verdiği stratejik kararları fayda açısından analiz etmiştir. Model, her iki ülkenin de ticaret esnasında sahip oldukları tekelleri rekabet güçlerini koruyabilmek adına Nash dengesi çözümünde karşılıklı olarak ithalat vergisi uygulayacaklarını iddia etmiştir. Bu durumda, verimlilik fonksiyonunu etkileyen dışsallık optimal seviyeye düşecek şekilde düzeltilmeye tabi tutulmuştur.

Copeland ve Taylor (1995) makalesi, Copeland ve Taylor (1994) makalesinin devamı durumundadır. Emisyon yoğunluklarına göre endekslenen sürekli bir mal sepeti olduğu varsayılmıştır. Tüketiciler, bir önceki modele ilave olarak hem yerel kirlilikten hem de toplam dünya kirliliğinden etkilenmektedirler. Firmalar, yarattıkları dışsallığı hükümetten marjinal zarar seviyesinden kirlilik yaratma izinleri satın aldıkları için, yerel dışsallığı içselleştirmişlerdir. Hükümet, bu izinlerin fiyatını belirlerken, diğer ülkelerin yarattığı ve toplam kirlilik stoğunu etkileyen sınır ötesi dışsallığı veri kabul etmişlerdir.

Fakat, sınır ötesi kirlilik problemi bir kamu malı olarak modelde değerlendirilmeye devam edilmiştir. Ülkeler bir önceki model de olduğu gibi emek donanımı açısından birbirlerinden farklılaşmışlardır. Zengin ülkeler daha fazla etkin emeğe sahip oldukları için, daha nitelikli emekle donanmışlardır. Kapalı ekonomi durumunda, tüm ülkeler eş değer derecede kirlilik üretmişlerdir. Dış ticaret dengesinde ise, gelir seviyesi yüksek olan ülke çevreyi daha az kirletirken, gelir seviyesi düşük olan ülke ise daha çok kirlilik yaratmışlardır. Gelir seviyesi düşük olan ülke, satılan kirlilik izin belgeleri yoluyla gelirini arttırmıştır. Dış ticaret sonucunda, gelir seviyesi yüksek olan ülke ise daha çok sınır ötesi kirliliğe maruz kalıp daha az kirlilik izin belgesi satabildiği için kayıp yaşamıştır.

Benarroch ve Thille (2001) makalesi, kirlilik yoğunluklarındaki farklılığın ülkeler arası göreceli üstünlüğü belirlediği ve doğal kaynak malı üretiminde kirlilikten daha az etkilenen ülkenin ilgili ürün de maliyet avantajına sahip olduğu bir model tanımlamıştır. Bu modelde, her ülke hem yerel hem de diğer ülkenin doğal kaynak malı üretim verimliliğini etkileyecek olan sınır ötesi kirlilik yoğunluğuna sahip olmuştur. Kirlilik, çevre stoğunu girdi olarak kullanmayan sektör tarafından üretilmekte olup; temiz endüstri diye adlandırılan doğal kaynak malı sektörünün verimliliğini etkilemiştir. Kirlilik bir dışsal faktör olduğu için, üretim olanakları eğrisi dışbükey (konveks) şekilde oluşmuştur. Daha önceki modellerde de belirtildiği gibi, diğer ülkenin doğal kaynak malı verimliliğini etkileyen bir sınır ötesi kirlilik dışsallığının olduğu durumlarda, ürünlerin göreceli fiyatları, gerçek anlamda bir karşılaştırmalı üstünlük gösterememektedir. Bu sebepten dolayı, kaynakların etkin olmayan dağılımı ve ticaret sonucu her iki ülkenin de kayıp yaşadığı senaryo, modelin öngördüğü bir ihtimal olarak belirtilmiştir. Gerçek anlamda karşılaştırmalı üstünlüğü yansıtan bir etkin kaynak dağılımı durumunda ise, çevre stoğu üzerinde kirlilik yaratan üründe tam uzmanlaşma yaşayan ülke ticaret sonucu kazanç sağlarken, diğer ülkenin dış ticaret sonucu refah artışı yaşaması için ise, kirlilikten etkilenen doğal kaynak malı üzerinde tam uzmanlaşma yaşaması gerekliliği matematiksel olarak gösterilmiştir. Bir başka deyişle, sınır ötesi kirliliğin yarattığı refah kaybını terse çevirmesi için, doğal kaynak malı ihracatı yapan ülkenin dış ticaret sonucu oluşan Ricardocu denge noktasında doğal kaynak malı üzerinde tam uzmanlaşmaya gitmesinin zorunlu olduğu gösterilmiştir.

Unteroberdoerster (2001) çalışması da temel varsayımları açısından, Benarroch ve Thille (2001) makalesinin devamı niteliğindedir. Bu modelde, ticaretin her iki ülke için de refah artışını belirleyen etmenleri ayrıca incelenmiştir. Model, her iki ürüne yönelik talep etkilerini de göz önünde bulundurmıştır. Yazarın bulduğu sonuca göre, kirlilik üreten mala yönelik talebin fazla olduğu bir senaryoda doğal kaynak malı ihraç eden ülke tam uzmanlaşmaya gidememiştir ve ticaret sonucu kayıp yaşamıştır. Tam tersi durum olarak doğal kaynak malına yönelik talebin yüksek olduğu durumda ise, her iki ülke de dış ticaret sonucunda fayda seviyesini arttırabilmiştir. Bu sonuç, Acharyya (2013) çalışmasında da benzer şekilde vurgulanmıştır. İlgili çalışma benzer varsayımlar üzerine kurulmuştur ve modelin vardığı sonuç şudur: eğer uluslararası ticaret, üretimi ülkeler arasında etkin bir şekilde dağıtmazsa, sınır ötesi etkin olan kirliliğin varlığı dış ticaret sonucu oluşan kayıpları arttırmaktadır.

Takarada (2005) doğal kaynak malı üretim verimliliğini etkileyen yerel ve sınırları aşan iki farklı tip kirlilik dışsallığının bulunduğu durumlarda, kirlilik azaltıcı teknoloji transferi mekanizmasının ne tür sonuçlar ürettiğini incelemiştir. Makale, gelişmiş ülkeden gelişmekte olan ülkeye doğru yapılan teknoloji transferinin, kirlilik yaratan sektörden çevreye yayılan emisyon miktarını azaltıp doğal kaynak malı endüstrisinin verimliliğini arttıracığı için, doğal kaynak malı göreceli fiyatının azalacağını öngörmektedir. Bu sonuca ilave olarak, teknoloji ithal eden ülkenin çevreye daha zararlı ürünü dış pazara ihraç ettiği durumlarda, teknoloji transferinin hem katlanılan toplam kirliliği azaltacağını hem de ülkenin refahını arttıracığı sonucuna ulaşılmaktadır. Çalışmada ki diğer bir sonuç, teknoloji ihracatı yapan ülkenin, maruz kaldığı sınır ötesi kirlilik fonksiyonunun yeterince küçük olduğu durumlarda çevre üzerinde daha zararlı ürünü ithal etmesinin, fayda seviyesine zarar vereceğine ilişkindir.

Mason vd. (2018) ve Mason (2021), sınır ötesi kirlilik etmenini bir stok problemi olarak öngören çalışmalar yapmıştır. Modellenen dışsallıklar, asit yağmurları veya su kirliliği şeklinde örneklendirilmiştir. Stok problemi olarak ifade edilmesinin sebebi, ilgili kirlilik dışsallığının birikimli bir etkiye sahip olmasıdır. Bu tarz birikimli dışsallıklar, zaman içerisinde değişim gösteren dinamik bir yapıda modellenmiştir. Ek olarak, net kirlilik birikimi, firmaların ve hükümetlerin verdiği stratejik kararlar sonucu içsel olarak oluşmuşlardır. Mason (2017) makalesine göre, sınır ötesi stok kirlilik yanlış bir şekilde fiyatlandırıldığı zaman, diğer ülkenin yarattığı kirlilikten etkilenecek şekilde konumlanan

ülke, ticarete konu olan ürünler üzerine gümrük kotaları uygulayabilir. Bu şekilde kota politikası uygulayan ülke, kirliliği yaratan ülkenin yarattığı kirliliği kontrol altında tutabilmesi için çeşitli teknikler geliştirerek teşvik sağlamış olur. Kar ve Majumdar (2021) makalesi ise, bu çalışmanın devamı niteliğindedir. İlgili makalede, referans alınan çalışmadan farklı olarak, kirlilik yaratan ülkenin üretim yapabilmesi için, yarattığı kirlilikten etkilenecek şekilde konumlanmış bulunan ülkeden ara malı ithalatı yapması gerekmektedir. Bu durum, iki ülke arasında karşılıklı bir bağımlılık yaratmaktadır. Bu durumda, kirlilik yaratan ülkenin kendini disipline edip, optimal seviyenin üzerinde kirlilik yaratmasını engelleyen teşvik faktörü, diğer ülkenin uyguladığı ithalat kotası olmamaktadır. Bunun yerine, yarattığı kirlilik sonucu, kendi ara malı ihracatının da etkileniyor olması, kirlilik yaratan ülke için sınırlandırıcı faktör olmaktadır. İki model arasında sonuçları etkileyen diğer bir fark ise, Kar ve Majumdar (2021) makalesinin statik bir analiz ortaya koymasıdır. Kirliliğin meydana gelmesi ve üretim fonksiyonlarının ilgili kirlilikten etkilenmesi eşanlı olarak gerçekleşmiştir. Bu modelde, yaratılan kirlilik ilgili ülke için kendi kendini yıkıcı bir etkiye sahip olmuştur.

Mülkiyet haklarının eksik tanımlandığı durumlarda, yenilenebilir kaynağın tüketiminin aşırı olabileceği literatürde birçok çalışmada vurgulanmıştır. Kaynak stoğu yenilenebilir olsa bile, aşırı tüketiminin sonucunda kaynak stoğunun yok olabileceği bilinmektedir (Yanase ve Dong, 2011:263). Dış ticaret sürecinin ise ilgili kaynak stoğundaki azalmayı tetikleyerek daha da şiddetlendirilebileceği tartışma konularının başında gelmektedir. Bu konudaki öncü çalışmalar; McConnel ve Strand (1989), Barbier ve Schultz (1997), Barbier ve Strand (1998), Brander ve Taylor (1997a, 1997b, 1998), Enami and Johnston (2000), Hannesson (2000), Karp vd. (2001), Knowler vd. (2001), Bulte ve Horan (2003), Bulte ve Barbier (2005), Jinji (2006), Jinji (2007), Copeland ve Taylor (2009), Takarada (2009), Flaaten ve Schulz (2010), Dong (2011), Tajibaeva (2011), Yanase ve Dong (2011), Tsurumi ve Managi (2012), Rus (2016) olarak sıralanmaktadır.

Brander ve Taylor (1997a, 1997b, 1998) makalelerinde literatürün temelini oluşturan sonuçlar içermektedir. Bu makalelerde, ticaret ve kaynak arasındaki ilişkiyi ölçen basit bir genel denge modeli kurulmuştur. İki farklı nihai ürün vardır ve bunlardan ilki “doğal kaynak malı” olarak adlandırılırken; diğer ürün “üretim malı” olarak adlandırılmıştır. Her bir üretim sürecinde girdi olarak belirli miktarda bir emek faktörü kullanılmaktadır. Modellerin her biri, doğal kaynak malının açık kaynak erişimine tabi olduğunu ifade

etmiştir. Mülkiyet haklarının düzgün tanımlanmamasından kaynaklı ortaya çıkan açık kaynak erişim problemi, ticaret sonucu oluşan refah ve ticari yönelimleri belirlemektedir. Brander ve Taylor (1997a) makalesinde, küçük açık ekonomi durumu incelenmiştir. Kaynak stoğu açısından göreceli zenginliğe sahip olan ülkenin, doğal kaynak malı ihracatı yapması gerektiğini ve ticaret sonrası üretim dengesinin çeşitlendirilmiş (her iki malında üretildiği durum) üretim dengesi olması durumunda ise, refah açısından kayıp yaşayacağı model de belirtilmiştir. Brander ve Taylor (1997b) makalesinde ise, daha önceden de belirtildiği üzere, iki farklı mülkiyet rejimine sahip ülke incelenmiştir ve bu farklılığa ilişkin sonuçlar sıralanmıştır. Brander ve Taylor (1998) makalesi ise, ülkelerin göreceli faktör donanımı açısından farklılaşmasını göz önünde bulundurmıştır. İki büyük ekonominin fiyatı içselleştirdiği dış ticaret sonrası durumdaki durağan durum ve durağan durum dengesine geçiş sürecindeki refah etkileri analiz edilmiştir.

Hannesson (2000) makalesi, Brander ve Taylor (1997a, 1997b, 1998) çalışmalarının devamı niteliğindedir. Hannesson (2000) çalışmasında belirtildiği üzere, Brander ve Taylor modelleri, açık erişim koşulu altında dış ticaret sonucu dış ticaret hadlerini geliştirmenin ve durağan durum fayda seviyesinde kazanç sağlamanın tek yolunu doğal kaynak malı üzerinde tam uzmanlaşma olmasına bağlamıştır. Fakat bu sonuç, üretim malı üzerindeki ölçeğe göre sabit getiri varsayımına dayanmaktadır. Hannesson (2000) çalışması bu varsayımı, üretim malı için, ölçeğe göre azalan getiri şeklinde değiştirmiştir. Bu durumda, dış ticaret sonucu her iki malın da üretildiği bir üretim dengesinde hem dış ticaret hadleri hem de durağan durum fayda seviyesi cinsinden fayda artışı gözlemlenmiştir.

Jinji (2006) makalesi Brander ve Taylor modellerinin genişletilmiş bir versiyonudur. İlgili makale, küçük açık ekonomi için, kaynak stoğu olarak, orman stoğunu referans alacak şekilde kurgulanmıştır. Model, “tarım” ve “ormancılık” adı altında faaliyet gösteren iki ayrı sektörün toprak için rekabet edeceğini belirterek, referans modelinde dışsal bir parametre olarak belirtilen maksimum taşıma kapasitesini, içselleştirmiştir. Makalenin özet olarak vardığı sonuç, ticari serbestleşmenin, göreceli kaynak stoğu bolluğuna sahip olan ülke için, yenilenebilir kaynak stok seviyesini arttıracığı ve göreceli olarak düşük kaynak stok seviyesine sahip ülke içinse azaltacağı yönünde olmuştur. Bu sonuç, Brander ve Taylor çalışmalarında bulunan sonucun tersidir. İthalat yapan ülkeler

tarafından, kaynak stok seviyesini korumak için uygulanan ithalat kısıttı gibi politikaların kaynak stok seviyesi üzerinde ters yönlü etkiler yaratabileceği modelde ifade edilmiştir.

Jinji (2007) makalesi, Brander ve Taylor (1997b) çalışması ile Jinji (2006) çalışmasının varsayımlarını birleştirerek yeni bir model ortaya koymuştur. Bu açıdan eklektik bir model olarak değerlendirilebilir. İlgili çalışmada cevabı aranan soru, göreceli kaynak stok zenginliği ve uygulanan mülkiyet hakları rejimi açısından eşanlı olarak farklılaşan iki ülkenin dış ticaret yöneliminin, ticaret sonucu nasıl belirleneceğidir. Brander ve Taylor (1997b) makalesinde, mülkiyet rejimleri farklı iken, göreceli kaynak zenginliği aynı kabul edilmiştir. Bu modelde ise, ticaret üzerinde etki sahibi olan bu değişken de farklılaşmıştır. Modelde farklı senaryolar ortaya çıkmıştır. Örneğin, ilk senaryo da mülkiyet hakları açısından düzgün tanımlı bir rejime sahip olan ülke göreceli kaynak zengini olurken, ikinci senaryo da bu rejim altında göreceli kaynak fakiri olarak düşünülmektedir. Modelin bulduğu sonuçlar şu şekilde özetlenebilir;

- i) Eğer doğal kaynak malına yönelik talep yeterince büyük veya düşük olursa, göreceli kaynak zenginliği benzer olan iki ülke için, ticaret sonucu oluşan yönelimler tamamıyla mevcut mülkiyet rejimleri tarafından belirlenmektedir.
- ii) Eğer doğal kaynak malına yönelik talep ılımlı bir seviyede olursa, ticaret sonucu oluşan ticari yönelimler her iki ülkedeki göreceli kaynak stok seviyesindeki farklılıklar tarafından belirlenmektedir. Bu sonuç, referans makale olan Brander ve Taylor (1997b) çalışmasından, Jinji (2007) makalesinin farklılaştığı noktayı oluşturmuştur.

Takarada (2009) makalesi kaynaklar üzerinde açık kaynak erişimi koşulunu varsaymaya devam etmiştir. Bu model, kaynak yönetiminin olmadığı başlangıç varsayımı üzerine kuruludur (Emami ve Johnston, 2000). Diğer modellerden farklılaştığı nokta, ilgili kaynak stoğunun her iki ülke için de ortak bir mal şeklinde tanımlanmış olmasıdır. Bu durumda, aşırı kaynak tüketimi ifadesi ulusal sınırlar içerisinde tanımlı olan bir problem olmaktan çıkmıştır. Ticaret sonucu doğal kaynak malı stoğunda bir azalma oluşması veyahut da kaynak stok seviyesinin aynı seviyelerde kalmış olması tamamıyla dışsal parametrelerin aldığı değerlere bağlı olmuştur. Bu duruma göre ticaret sonucu kaynak stok seviyesinde bir azalma yaşanmış olmasına rağmen, her iki ülkede maliyet avantajına sahip olduğu bir ürün üzerinde tam uzmanlaşmaya giderse, fayda seviyesini arttırabileceği ifade edilmektedir.

Dong (2011) makalesinde de nihai ürün olarak, doğal kaynak malı ve üretim malı tanımlanmıştır. Ürünlerden biri emek-yoğun üretime tabi iken; diğer ürün kaynak stoğu açısından yoğun üretime tabi olmaktadır. Fakat, bu modelde üretim malının girdi faktörü olarak, doğal kaynak malı da kullanılmaktadır. Bu yüzden de doğal kaynak malı, ara mal olarak değerlendirilmiştir. Kaynak stoğu, açık kaynak erişimi problemine bu makalede de tabi olmuştur. Modelde, sadece durağan durum dengesi analizine odaklanılmıştır ve Tawada (1984) makalesinde eksik bırakılan refah ve üretim etkilerini analiz etmiştir. Ticaret sonucu oluşacak refah etkileri, ticaret öncesi denge kaynak stok seviyesine bağlı olmuştur. Bu durumda;

- i) Eğer kapalı ekonomi durumunda doğal kaynak malı ılımlı derecede açık kaynak erişimine tabi olup aşırı tüketim gerçekleşmezse, girdi faktörü açısından kaynak yoğun ürünü ihraç eden ülke, dış ticaret sonrası durağan durum dengesinde kayıp yaşayabilmektedir. Bu durumda, ticari serbestleşmenin, ilgili ürünü ihraç eden ülke için aşırı kaynak tüketimi problemini şiddetlendirdiği belirtilmiştir.
- ii) Eğer kapalı ekonomi durumunda doğal kaynak malı yoğun derecede açık kaynak erişimine tabi olup aşırı tüketim gerçekleşirse, emek yoğun ürünün ihracatını yapan ülke, dış ticaret sonrası durağan durum dengesinde kayıp yaşayabilmektedir.

Yanase ve Dong (2011), Dong (2011) makalesinin devamı niteliğinde bir çalışmadır. Bu modelde, yalnızca durağan durum denge analizi yapılmamıştır. Aynı zamanda, durağan durum dengesine geçiş süreci de analize tabi tutulmuştur. Model, iki farklı nihai ürün varsaymıştır ve emek her iki ürün için de girdi faktörü olarak ifade edilmiştir. Doğal kaynak malı da ara mal olarak üretim faktörü olarak değerlendirilmiştir. Kaynak stoğu için açık kaynak erişim problemi devam etmektedir. Modelin sonuçlarına göre, geçici denge noktalarında herhangi bir ürün üzerinde uzmanlaşmanın ne şekilde oluşacağı tamamiyle göreceli faktör donanımı oranına bağlı oluşmuştur. Yani, ekonominin göreceli emek yoğunluğunun kaynak stoğunun büyüme oranından daha büyük olduğu durumlarda, ekonomi emek yoğun ürünün üretiminde tam uzmanlaşma yaşamıştır. Tam tersi durumda ise, kaynak stoğu yoğun ürününün üretiminde tam uzmanlaşma gerçekleşmiştir. Aynı şekilde, ilgili oranın çok yüksek veya düşük olması, durağan durum dengesinde de tam uzmanlaşmanın gözlemlenmesine neden olurken, ilgili oranın ortalama değerlerinde,

durağan durum üretim dengesi, çeşitlendirilmiş (her iki malın da eş anlı olarak üretildiği) denge şeklinde ortaya çıkmıştır.

Tajibaeva (2011) çalışması, içselleştirilmiş bir mülkiyet hakları rejiminin, açık kaynak erişiminin gelişimindeki rolünü incelemiştir. Modelde, yenilenebilir kaynak stoğu dinamik olarak ele alınmıştır. Mülkiyet hakları rejimine ilişkin kararlar ise modelin içsel bir değişkeni konumundadır. Bu kararlar zaman içerisinde değişkenlik gösterecek şekilde kurgulanmıştır. Toplam gelir seviyesi içerisinde yer almayan kayıt dışı aktiviteyi ölçen bir sektörün varlığı modelde kurgulanmıştır. Eğer mülkiyet hakları rejimi uygulanmazsa, kayıt dışı aktivitenin artacağı varsayılmıştır. Mülkiyet hakları rejiminin düzgün uygulanabilmesi için emek gücünün istihdamına ihtiyaç vardır. Bu sebepten dolayı her bir  $t$  döneminde emek, legal ve illegal sektörler arasında bir çalışma tercihinde bulunmaktadır. Modelin bulduğu en temel sonuç, iyi bir şekilde tanımlanmış mülkiyet hakları rejiminin, illegal yollardan yapılacak olan aşırı kaynak tüketimi problemini ortadan kaldıracığı için, yenilenebilir kaynak stok seviyesini desteklediği ve dış ticaret hadlerinde ilgili ülke lehinde sonuçlar oluşturduğu varsayılmıştır. Bu durumda, emek gücü legal sektörlerde daha çok çalışmaktadır. Toplam gelir seviyesi de buna bağlı olarak artış göstermiş olur.

Rus (2016) makalesi, aşırı kaynak tüketimi ve üretim sektörü kaynaklı kirlilik dışsallığı olarak isimlendirilen iki farklı dışsallığın eşanlı olarak kaynak stoğu üzerinde etki yarattığı bir model oluşturulmuştur. Bu çalışmada, çevresel kaynak stoğunun, çevre stoğunu girdi olarak kullanan sektör üzerinde bir verimlilik faktörü olarak etki ettiği varsayılmıştır.<sup>6</sup> Kapalı ekonomi dengesi için, bu iki farklı dışsallığın birbirleriyle olan etkileşimi durağan durum dengesini değiştirmiştir. Dış ticaret yönelimleri ve refah kazanımları da otarşi durumu dışsallıkların etkileşimine bağlı olarak çeşitli alternatifler şeklinde sonuçlanabilmektedir. Makalenin temel sonucu, üretim malı ihraç eden bir ülkenin refah ve dış ticaret hadleri açısından ticaret sonucu kayıp yaşayabileceğidir. Bu durumunun sebebi ise, çevre üzerinde kirlilik yaratan sektörün etkinliğinin bir noktadan sonra aşırı kaynak tüketiminden daha güçlü olabilmesidir. Bu durumda, üretim malı üzerinde tam uzmanlaşma yaşanması rasyonel bir tercih olamamaktadır. Fakat bu durumda etkin olan üretim şekli, doğal kaynak malı üzerinde tam uzmanlaşma

---

<sup>6</sup> Bu varsayım, Copeland ve Taylor (1999), Li ve Yanase (2022) çalışmalarında da aynı şekilde uygulanmıştır.



yaşanmasıdır. Makalenin ortaya attığı sonuçların tamamı, kirlilik yoğunluk parametresinin eşik değerin üstünde veya altında bir değer almasına bağlı olmaktadır. Bu duruma göre, ticaret sonucu oluşabilecek kayıp veya kazançlar, iki dışsallık etkeninin birbirlerine karşı olan marjinal üstünlüklerine bağımlılık göstermektedir.

Li ve Yanase (2022) Rus'un modelini iki ülkeli bir ticaret modelini dikkate alarak ve ülkeleri iki tipe ayırarak genişletmiştir: Brander ve Taylor (BT) tipi ve Copeland ve Taylor (CT) tipi, sırasıyla kaynak-mallarının ve üretim sektörünün göreceli olarak daha zararlı olduğu iki farklı ülke çeşididir incelenmiştir. Bu çalışma, ticaret ortakları farklı iki ülke tipinin özelliklerini sergiliyorsa, her iki ülkenin de nispeten daha zararlı malları üreterek ve ihraç ederek ticaretten zarar görebileceğini tespit etmiştir. Bu çalışmanın temel yapısının, Li ve Yanase (2022) çalışmasındakine benzer olduğu fark edilmiş olabilir. Ancak bu tez, ticaret sonrası çevresel ve refah karşılaştırmalı durağan durum analizini kullanarak ticaret politikalarının (ithalat tarifeleri ve ihracat vergileri) teorik bir şekilde açıklanmasına katkıda bulunmaktadır. Mevcut tez de, ticaret sonrası ekonomilerin ticari açıklığa karşı davranışlarının belirleyicisi, Li ve Yanase'nin analitik çalışmasında varsayılmayan kirlilik yoğunluğu parametresindeki farklılıklardan türetilmiştir. Modelimiz, politika çıkarımları önermekte ve kaynak ithalatçısı ve ihracatçısı ülkeler arasındaki stratejik etkileşimlerden kaynaklanan optimal ticaret politikaları hakkında yeni bilgiler sağlamaktadır ki bu da mevcut literatürde, özellikle Li ve Yanase'nin modelinde ele alınmamıştır. Bu nedenle, Li ve Yanase (2022) ticaret modelini ve ticaretten elde edilen kazançları iki ülkeli bir modelde incelemiş olsa da, bilindiği üzere, doğal kaynak malı ve imalat endüstrilerinin doğal kaynaklara zararı ve eş zamanlı çevresel baskılar oluşturduğu bir çerçevede hükümet politikalarının etkilerine odaklanan bir çalışma bulunmamaktadır.

## **BÖLÜM 2: KAPALI EKONOMİDE YENİLENEBİLİR KAYNAK STOĞUNUN DURAĞAN DURUM DENGESİNİN İSTİKRARLILIK ANALİZİNİN CEBİRSEL KANITLARININ GÖSTERİMİ**

### **2.1. Dışsallık Etkeninin Yenilenebilir Kaynak Tüketimi Olduğu Ekonomi Modeli**

Bu modelde, Brander ve Taylor (1997a) makalesini baz alarak, modelin temel değişkenlerini ve yenilenebilir kaynak stoğunun büyüme denklemini tanımlayarak başlamak mümkündür. Modelin arz ve talep tarafı tanımlayarak geçici Ricardocu Genel Denge bulunacak ve kapalı ekonomi durumu durağan durum dengesine ulaşılacaktır. Bulunan durağan durum dengesinin kararlılık analizinin cebirsel kanıtı ile ilk kısım tamamlanacaktır.

#### **2.1.1. Yenilenebilir Kaynak Stoğu Büyümesi**

Model de iki farklı mal üretilmekte ve eş anlı olarak tüketilmektedir. Bu mallar şu şekilde isimlendirilecektir;

- i)  $H$  : yenilenebilir kaynak stoğunun mahsulü sonucu oluşan mal,
- ii)  $M$  : üretim endüstrisinin çıktısı sonucu oluşan mal

Model de her bir ülke ulusal sınırlar içerisinde tanımlı kaynak stoğuna sahip olacaktır. Yenilenebilir kaynak stoğu, zamanla süreklilik arz eden her bir  $t$  anı için  $S(t)$  şeklinde tanımlanacaktır. Kapalı ekonomi durumu için “ev sahibi ülke” olarak adlandırılan tek bir ülke üzerinde yoğunlaşılacaktır. Yenilenebilir kaynak stoğunun büyüme eşitliği aşağıdaki gibi oluşmaktadır;

$$\frac{dS}{dt} = \dot{S} = G[S(t)] - H(t) \quad (1)$$

Burada gösterilen eşitlik Gordon- Schäfer<sup>7</sup> modelindeki şekliyle tanımlanmaktadır.

Yenilenebilir kaynak stoğunun büyümesi üzerinde iki farklı etken bulunmaktadır:

---

<sup>7</sup> Orijinal çalışmada, kaynak stoğu olarak balıkçılık sektörü öngörülmüştür. Fakat karasal alanlardaki (ormancılık gibi) yenilenebilir kaynak stoğu için de kullanılmıştır (Schaefer, 1957). Bu durum daha çok soru işareti barındırmaktadır çünkü karasal alanlardaki stok büyümesi lojistik forma çok yakınsamamaktadır. Bu konuya ilişkin daha detaylı incelemeler; Milner-Gulland ve Leader-Williams (1992), Bulte ve Van Kooten (1999) ve Chopra ve Kumar (2004) çalışmalarında yapılmıştır.

iii)  $G[S(t)]$  : yenilenebilir kaynak stoğunun doğal büyümesi

iv)  $H(t)$  : doğal kaynak malı sektöründe oluşan mahsul düzeyi

$G[S(t)]$  terimi spesifik bir fonksiyon formunda ifade edilecektir.

$$G[S(t)] = rS\left(1 - \frac{S}{K}\right)^8 \quad (2)$$

Bu fonksiyonel form, lojistik (sigmoid) fonksiyon olarak adlandırılmaktadır. Kısıtlı çevresel koşullar altında yenilenebilir kaynak stoğunun büyümesini açıklamakta kullanılan en yaygın büyüme fonksiyonu şeklindedir.

v)  $K$  : yenilenebilir kaynak stoğunun doğal taşıma kapasitesi

vi)  $r$  : yenilenebilir kaynak stoğunun içsel büyüme oranı

Belirli çevresel koşullar altında nüfus büyümesi, kaynaklar tükenmeye başladıkça zaman içinde azalmaktadır. Sonuç olarak büyüme düzleşmekte ve “S” şeklinde bir eğri oluşmaktadır. Yerel çevresel faktörlerin desteklediği maksimum nüfus büyüklüğüne, nüfusun “taşıma kapasitesi” denmektedir ve “K” ile gösterilir.<sup>9</sup>

“r” içsel büyüme oranı, kısıtlı çevresel koşullar ve ilgili sisteme hiçbir organizmanın girip çıkmadığı varsayımları altında, belirli bir zaman aralığı için kişi başına büyüme oranını ifade etmektedir. Lojistik büyüme modelleri için tanımlanan  $r$  ifadesi, nüfus maksimum büyüklüğüne yaklaşırken düşmektedir.

Eğer yenilenebilir kaynak stoğu maksimum kapasitesine ulaşırsa ( $S = K$ ), ilgili  $t$  anı için büyüme durmaktadır. Birim kaynak stoğu başına düşen büyüme  $[G(S)/S]$  aşağıdaki gibi ifade edilmektedir;

$$\frac{G[S(t)]}{S(t)} = \frac{rS\left(1 - \frac{S}{K}\right)}{S} \cong r\left(1 - \frac{S}{K}\right) \quad (3)$$

---

<sup>8</sup> Literatürde birçok farklı  $G(S)$  fonksiyonu ifade edilmiştir. Copeland ve Taylor (1999) makalesi doğrusal formda  $[G(S) = r(K - S)]$ , Brander ve Taylor (1998) makalesi lojistik formda  $[G(S) = rS(K - S)]$ , Flaaten ve Schulz makalesi taşıma kapasitesinin normalleştirildiği lojistik bir formda  $G(S) = rS(1 - S)$  ve son olarak Benchekroun ve Van Long (2016) makalesi çadır formunda; eğer  $[S \leq \frac{r}{\phi+r}]$  ise  $G(S) = \phi S$ , veya  $S > \frac{r}{\phi+r}$  ise  $G(S) = r(K - S)]$  şeklinde olmaktadır.

<sup>9</sup>  $K$  parametresi çok büyük bir değer olarak düşünülebilir. Yenilenebilir kaynak stoğunun, bu yeterince büyük  $K$  değerine yaklaşabilmesi için, dışsal hiçbir negatif faktörün ilerde tanımlanacak modellerde etkin olmaması gerekmektedir. Schulz (1996) ve Skonhoft (1999) makaleleri, karasal bir alanda taşıma kapasitesini toprak gibi bir değişken ile ifade etmektedir. Hem karasal hem de balıkçılık gibi su ile kaplı alanlarda, taşıma kapasitesinin çok yüksek bir değer aldığına ilişkin varsayımı makul olmaktadır.

Eğer kaynak stoğunun maksimum taşıma kapasitesinin mevcut yenilenebilir kaynak stoğuna oranı  $[K/S]$  çok yüksek olursa, bu ifade limitte sıfıra yaklaşabilir ve birim stok başına düşen büyüme yaklaşık olarak “ $r$ ” terimi ile ifade edilmektedir.

Kaynak stoğunun büyümesi üzerinde etki eden diğer etken doğal kaynak malı üretiminin bir çıktısı olan  $H(t)$  açık erişim kaynaklı aşırı yenilenebilir kaynak tüketiminin oluşturduğu dışsallıktır. Bu etken, yenilenebilir kaynak stoğunun büyümesini azaltmaktadır. Açık erişim modellerinde, temsili girişimcinin cari getirisi, cari maliyetine eşit olduğu noktaya kadar mahsul toplama işlemi devam edebilmektedir. Doğal kaynak malı üretiminin pozitif bir getirisi olduğu sürece, ekonomik ajanlar mahsul toplama faaliyetini geciktiremezler çünkü diğer ekonomik aktörlerin ilgili mahsul toplama işlemini yapacaklarını bilmektedirler.

### 2.1.2. Üretim ve Arz

Bu modelde iki tür üretici sektör vardır. İlki, yenilenebilir kaynak stoğunu kullanarak mahsul malı üretimi yapan (tarım, ormancılık, balıkçılık gibi düşünebileceğimiz) “doğal kaynak malı sektörü”, diğeri ise endüstriyel üretim yapıp eş zamanlı olarak kirlilik yaratan “üretim sektörü” olarak tanımlanmaktadır. Her bir sektör üretim girdisi olarak emek ( $L$ ) faktörünü kullanırken, doğal kaynak malı sektörünün üretim fonksiyonu aynı zamanda mevcut kaynak stoğunu da bağlıdır. Her iki sektöründe üretim fonksiyonu aşağıdaki gibidir;

$$M^s = F(L_M) = L_M \quad (4)$$

$L_M$ , toplam emeğin  $M$  malı üretimi için kullanılan kısmıdır. Üretim sektörü, yalnızca emek girdisi kullanarak, ölçeğe göre sabit getirili bir çıktı sağlamaktadır  $[\frac{dM}{dL_M} = 1]$ .  $M$  malına, ölçüm standardı olarak davranılır. Bu durumda,  $M$  malının fiyatı  $[p_M]$ , 1’e normalize edilmiştir. Birim seçimine bağlı olarak, bir birim emek kullanıldığında, bir birim  $M$  malı üretilmektedir. Emek piyasasının tam rekabetçi olduğunu ve emek faktörünün sektörler arasında herhangi bir maliyete katlanmadan hareket edebildiği varsayımları altında,  $M$  sektöründe birim emek başına ödenen maaş, emeğin marjinal ürününün değerine eşittir.

$$p_M \frac{dM}{dL_M} = 1 \quad (5)$$

Doğal kaynak malı sektörünün üretim fonksiyonu, Schafer tarzı mahsul üretim fonksiyonudur ve girdi olarak emek dışında mevcut kaynak stoğunu da kullanmaktadır.

$$H^s = qSL_H \quad (6)$$

$L_H$ , toplam emeğin  $H$  malı üretimi için ayrılan bölümü iken,  $q$  terimi pozitif bir sabittir. Mahsul toplamının ne kadar verimli olduğu  $q$  teriminin büyüklüğü ile ölçülmektedir. Bu eşitliğin en önemli fonksiyonel özelliği emek girdisine göre sabit bir getiriye sahip olmasıdır. Özet olarak,  $[\frac{\partial H^s}{\partial L_H} = qS]$  ifadesi kısa dönemde stok seviyesi veri olarak alındığı için sabit olmaktadır.

Doğal kaynak malı sektöründe, bir birim mal üretmek için gerekli olan emek seviyesidir  $\Phi_{L_H}(S)$  ve şu şekilde tanımlanabilir

$$\Phi_{L_H}(S) = \frac{L_H}{H^s} = \frac{1}{(qS)} \quad (7)$$

Bu fonksiyon, ile kaynak stoğu arasındaki ilişki şu şekildedir:  $[\frac{\partial \Phi_{L_H}(S)}{\partial S} = -(\frac{1}{qS})^2 q < 0]$ . Kaynak stoğu seviyesi azaldıkça, bir birim  $H$  malı üretmek için gerekli olan emek ihtiyacı artmaktadır.

Her iki sektörde de firmalar, piyasaya girişlerin serbest olduğu koşul altında, kar maksimizasyon problemlerini çözmektedirler. Bu koşul altında elde edilen kar sıfır olmaktadır.  $M$  malı üreten firma için kar maksimizasyon problemi aşağıdaki gibidir:

$$\Pi^M = p_M M - w_M L_M = 0 \quad (8)$$

$p_M = 1$  ve  $M^s = L_M$  olduğu için üretim sektörü kar maksimizasyon denkleminde elde edilen birim emek başına ödenen ücret  $w_M = 1$  olmaktadır. Doğal kaynak malı sektörünün kar maksimizasyonu eşitliğini şu şekilde ifade etmek mümkündür. Doğal kaynak malı sektöründe yer alan bir firma, açık erişim koşulu altında işlem gördüğü için, emek ( $L_H$ ), kar maksimizasyonu probleminde maliyet yaratan tek girdidir. Diğer bir girdi faktörü olan yenilenebilir kaynak stoğu ( $S$ ) için açık bir formda kiralama ücreti ödenmemektedir. Bu varsayımlar altında kaynak sektörü kar maksimizasyon denklemi aşağıdaki gibidir:

$$\Pi^H = p_H H - w_H L_H = p_H(qSL_H) - w_H L_H = 0 \quad (9)$$

Sıfır kar koşulu altında bu eşitlik çözüldüğü zaman, homojen bir birim emek için doğal kaynak malı sektöründe ödenen ücret  $w_H = p_H q_S$  olmaktadır. Emek faktörünün sektörler arasında serbest hareket ediyor olmasına bağlı olarak, üretim sektöründe elde edilen ücretler, doğal kaynak malı sektörü içinde geçerli olmaktadır. Yani,  $M$  malı üretiminin devam ettiği durumlarda  $w_M = w_H = w = 1$  olmaktadır. Bu durumda,  $w_H = p_H q_S = 1$  veya  $p_H = \frac{1}{q_S}$  eşitliğine ulaşılmaktadır.

Doğal kaynak malı sektöründe elde edilen fiyat ( $p_H$ ), üretim malının fiyatı  $p_M = 1$  ölçüm standardı olarak varsayıldığı için, basitlik açısından  $p_H = p$  olarak tanımlanabilir ve;

$$p = \frac{w}{q_S} = w \phi_{L_H}(S) = \frac{1}{q_S} \quad (10)$$

Eşitliği elde edilir. Bu ifade modeldeki açık erişim varsayımının cebirsel gösterimidir. Ancak açık erişim modellerinde ekonomik ajanlar yenilenebilir kaynak stoğuna herhangi bir maliyete katlanmadan erişmektedirler. Bu yüzden aşırı yenilenebilir kaynak tüketimi sonucu oluşan stok seviyesindeki düşüşlerin yarattığı maliyete katlanmamaktadırlar. Fiyat eşitliğinden de görüldüğü gibi, doğal kaynak malı sektöründe içselleştirilen ve fiyatın içine dahil edilen tek maliyet, emek maliyetidir.

Her iki sektörde kapalı ekonomi dengesinde aktif olduğu için, doğal kaynak malının göreceli fiyatı ( $p$ ), yenilenebilir doğal kaynak malı stoğu ( $S$ ) ve mahsul toplama verimi tarafından belirlenmektedir.

$$\frac{\partial p(q,S)}{\partial q} = \frac{\partial p(q,S)}{\partial S} = -\left(\frac{1}{q_S}\right)^2 < 0$$

Stok seviyesi ve mahsul toplamanın verimlilik katsayısı azaldıkça, kapalı ekonomi durumu için doğal kaynak malının fiyatı artmaktadır.

### 2.1.3. Fayda Fonksiyonu, Tüketim ve Talep

Modelin talep tarafını tanımlamak için temsili bir tüketicinin var olduğunu ve bu temsili tüketicinin bir birimlik emek ile donatıldığını varsayacağız. Temsili tüketicinin esnek olmayan bir biçimde sağladığı bir birimlik emeği karşılığında “ $w$ ” kadar ücret geliri elde etmektedir.

Temsili tüketicinin fayda fonksiyonu, geleneksel Cobb-Douglas fayda fonksiyonudur.

$$u = h^\beta m^{1-\beta} \quad (11)$$

Temsili tüketicinin bütçe kısıtının açık formda yazılan hali ise şu şekildedir:

$$w = p_H h + p_M m \quad (12)$$

$h$  terimi temsili tüketicinin doğal kaynak malına olan talebini gösterirken,  $m$  terimi ise temsili tüketicinin üretim malına olan talebini göstermektedir.  $\beta$  terimi, bireysel tüketicinin talep ettikleri mala yönelik zevk ve tercihlerinin şiddetini gösteren bir parametre olup,  $0 < \beta < 1$  arasında değer almaktadır. Temsili tüketici, zamanın her anında süreklilik arzeden bütçe kısıtı altında faydasını maksimize etmeye çalışır.

Temsili tüketicinin fayda maksimizasyon denklemini aşağıdaki şekilde yazıp çözülebilir:

$$\max_{h,m} u = h^\beta m^{1-\beta}, \quad \text{s.t.} \quad w = p_H h + p_M m \quad (13)$$

Bilindiği üzere,  $p$  ve  $w$  terimlerinin dışsal ve veri olarak ele alındığı bilgisi altında, Lagrangian eşitliğini yazarak I. dereceden türev ifadelerini bulabiliriz.

$$L = h^\beta m^{1-\beta} + \lambda[w - ph - m] \quad (14)$$

$$\frac{\partial L}{\partial h} = \beta h^{\beta-1} m^{1-\beta} - \lambda p = 0, \quad \lambda p = \beta h^{\beta-1} m^{1-\beta}, \quad \lambda = \frac{\beta}{p} \left(\frac{m}{h}\right)^{1-\beta} \quad (15)$$

$$\frac{\partial L}{\partial m} = (1 - \beta) h^\beta m^{-\beta} - \lambda = 0, \quad \lambda = (1 - \beta) \left(\frac{h}{m}\right)^\beta \quad (16)$$

$$\frac{\partial L}{\partial \lambda} = w - ph - m = 0 \quad (17)$$

(14) ve (15) numaralı ifadelerin son halini birbirleriyle eşitleyelim ve daha sonrasında bulduğumuz eşitliği bütçe kısıtının içerisine koyarak temsili tüketicinin bireysel talep fonksiyonları bulunabilir;

$$\frac{\beta}{p} \left(\frac{m}{h}\right)^{1-\beta} = (1 - \beta) \left(\frac{h}{m}\right)^\beta \implies p \left(\frac{1-\beta}{\beta}\right) = \frac{m}{h} \implies m = ph \left(\frac{1-\beta}{\beta}\right) \quad (18)$$

Bulduğumuz bu ifadeyi bütçe kısıtında yerine koyabiliriz;

$$w = ph + ph \left(\frac{1-\beta}{\beta}\right) \implies h(p)^D = \beta \frac{w}{p}, \quad m^D = w(1 - \beta) \quad (19)$$

Temsili tüketicinin fayda maksimizasyon probleminin sonucunda  $h^D$  ve  $m^D$  olarak gösterilen bireysel talep fonksiyonları bulunmaktadır. Ekonominin tamamının ilgili ürünlere yönelik talebini bulmak için, bireysel talep fonksiyonlarını toplam nüfus ( $L$ ) ile çarpmak gerekmektedir. Bu durumda toplam talep fonksiyonları aşağıdaki gibi oluşmaktadır;

$$H^D = \beta \left(\frac{w}{p}\right) L \quad M^D = w(1 - \beta)L \quad (20)$$

Doğal kaynak malına yönelik toplam talep fonksiyonunu kullanarak, ters talep fonksiyonunu bulabiliriz;

$$p = \frac{w\beta L}{H^D} \quad (21)$$

Temsili tüketicinin fayda fonksiyonunda her iki ürün de “gerekli” ürünler oldukları için tüketim, zamanın herhangi bir anında her iki ürüne yönelik talep eşanlı olmalıdır. Bu durumda ekonominin arz tarafı yalnızca doğal kaynak malını değil, aynı zamanda üretim malını da tüketiciye sağlamalıdır. Sonuç olarak her iki ürünün de üretilmesine bağlı olarak, homojen emeğe ödenen ücret  $w_H = w_M = w = 1$  olur. Bu bilgiler kullanılarak ters talep fonksiyonunu tekrar yazdığımızda denkleme ulaşabiliriz.

$$p = \frac{w\beta L}{H^D} = \frac{\beta L}{H^D} \quad (22)$$

#### 2.1.4. Kısa Dönem Kapalı Ekonomi Dengesi (Ricardocu Geçici Denge)

Kısa dönem Ricardocu dengede, zamanın veri bir anı için, stok seviyesini sabit kabul edebiliriz. Her iki sektör için ifade edilecek arz ve talep eşitliği bize denge noktalarını verecektir. Ancak bu denge noktalarının, durağan durum denge noktası olacağının garantisi yoktur. Veri olarak ele alacağımız stok seviyesinde, mahsul toplama seviyesi  $[H(t)]$  ile yenilenebilir kaynak stoğunun doğal büyüme oranına  $[G(S(t))]$  eşit olması gerekmemektedir. Bu durumu cebirsel olarak şu şekilde ifade etmek mümkündür.

Eğer  $[H(t)] > G[S(t)]$ ,  $\left[\frac{dS}{dt} \neq 0\right]$  olursa, zaman içerisinde stok seviyesi azalacaktır.

Eğer  $[H(t)] < G[S(t)]$ ,  $\left[\frac{dS}{dt} \neq 0\right]$  olduğunda, zaman içerisinde stok seviyesi artmaktadır.

Kısa dönemde, temsili tüketici sorunu için veri ve sabit olarak alınan yenilenebilir kaynak stoğu seviyesinde, tam istihdam koşulu açıklanarak ve tam istihdam koşulu kullanılarak Ricardocu üretim olanakları eğrisini türetebiliriz.

$$L_M + L_H = L \quad (23)$$

$$H^S = qSL_H \quad \longrightarrow \quad L_H = \frac{H^S}{qS} = H^S \Phi_{L_H}(S) \quad \text{ve} \quad M = L_M \text{ olduğuna göre, bu iki}$$

ifadeyi tam istihdam koşulu için yerine koyduğumuzda,

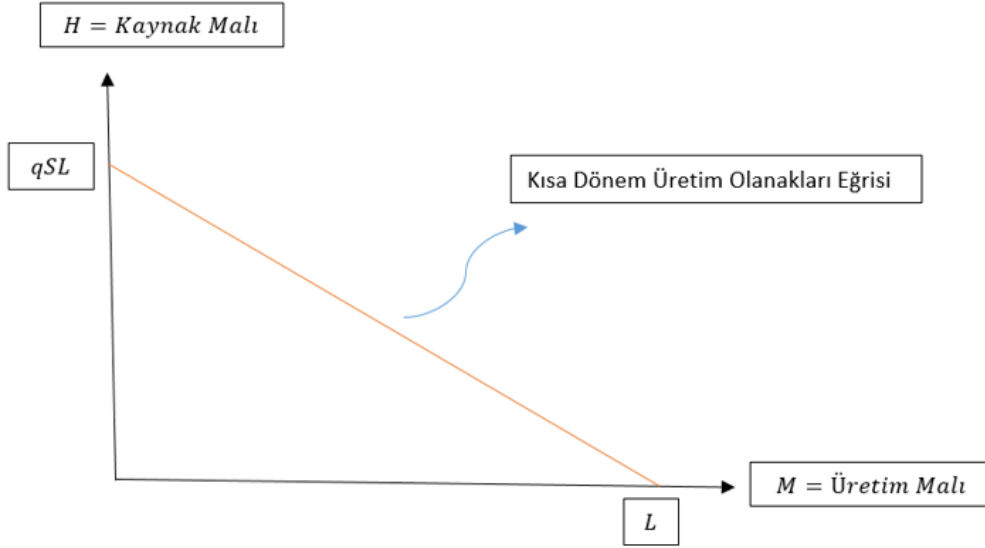


$$H^S \phi_{LH}(S) + M = L \quad (24)$$

Bu eşitlikten standart Ricardocu üretim olanakları eğrisini elde edebiliriz.

$$H^S = qSL - qSM \quad (25)$$

Bulduğumuz, üretim olanakları eğrisi doğrusaldır.



**Şekil 1:** Kapalı Ekonomi Sabit Stok Seviyesinde Çizilen Üretim Olanakları Eğrisi

**Kaynak:** Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Geçici denge, (10) numaralı doğal kaynak malının arz fiyatı ile, (22) numaralı talep fiyatı eşitliğinden türetilen olacaktır.

$$p = \frac{1}{qS} = \frac{w\beta L}{H^S}, \text{ [burada } w = 1 \text{ olduğuna göre]}$$

$$H^S = q\beta LS \quad (26)$$

Bu eşitlik, yenilenebilir kaynak stoğu veri iken, üretim malı mahsulünün geçici dengesini vermektedir. Üretim malı sektörü için geçici denge seviyesinde, piyasa temizleme koşulu gerçekleşmektedir.

$$M^S = M^D \longrightarrow M = (1 - \beta)L \quad (27)$$

$\beta$  terimi en basit haliyle, doğal kaynak malı sektörü için ayrılan emek miktarının toplam emek miktarı içindeki payını göstermektedir. Bunun sonucu olarak  $(1 - \beta)$  oranı ise,

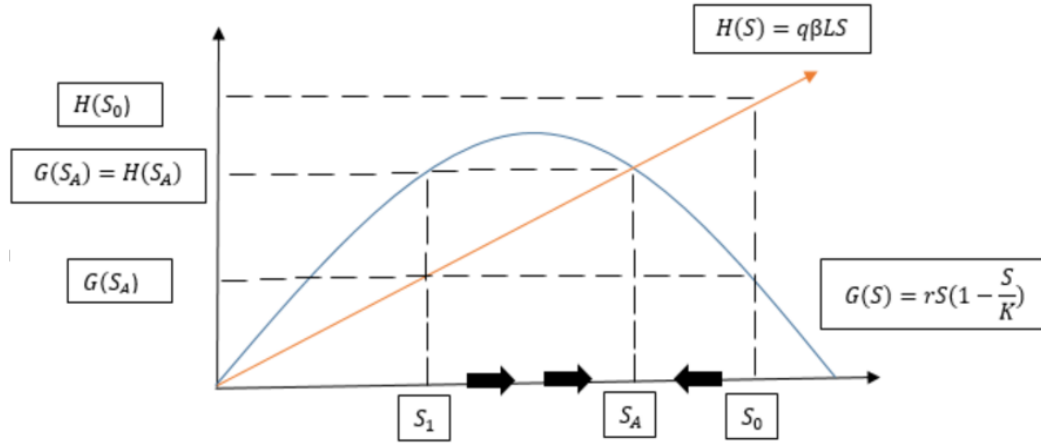
üretim mali sektörü için ayrılan emek miktarını vermektedir.  $(1 - \beta)$  oranı dışsal parametreye bağlı sabit bir oran olduğu için, Ricardocu geçici dengede üretim mali sektöründe kullanılan emek miktarı sabitlenmiş olmaktadır. Kısa dönem geçici dengesi, veri bir doğal kaynak mali stoğu seviyesinde çizilen, standart Ricardocu genel denge ile aynıdır.  $S$  seviyesine bağlı olarak, doğal kaynak malının mahsül toplama seviyesi de belirlenmektedir. Bulunan dengenin “geçici” olarak isimlendirilmesinin sebebi, veri olarak alınan doğal kaynak mali stok seviyesinin, kaynağın büyüme fonksiyonundan türetilen durağan durum dengesini de sağlayacak olmasının hiçbir garantisinin olmamasıdır.

Bir sonraki aşama da hem piyasa temizleme koşulunu hem de durağan durum kaynak seviyesini sağlayan, yenilenebilir doğal kaynak mali stok seviyesi bulunarak, uzun dönem denge kavramına geçilecek ve ilgili durağan durum dengesinin istikrarlılık analizi yapılacaktır.

### **2.1.5. Durağan Durum Dengesine Geçiş**

Kısa dönem Ricardocu dengenin sürdürülebilir bir denge olabilmesi için, denge noktasındaki kaynak stoğunun büyüme eşitliğinin sifıra eşit olması gerekmektedir  $[\frac{dS}{dt} = 0]$ . Eğer başlangıç denge noktası durağan durum denge noktasından daha düşük veya daha yüksek olursa, geçici mahsül toplama seviyesi  $[H(t)]$  ile lojistik (sigmoid) formda ifade ettiğimiz yenilenebilir kaynak stoğunun büyüme ifadesi birbirlerine eşit olana kadar, kaynak stoğu geçiş yolunu takip edecektir.

Aşağıda yer alan Şekil 2’de durağan durum denge noktasından  $[S_A]$  daha farklı bir noktadan başlayan bir ekonominin, durağan denge noktasına nasıl yakınsadığı gösterilmektedir.



**Şekil 2:** Durağan Durum Dengesine Geçiş

**Kaynak:** Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Varsayalım ki ekonomi  $[S_0]$  başlangıç noktasında bulunsun. Bu noktada, geçici doğal kaynak malı mahsül toplama denge seviyesi  $[H(S_0) = q\beta LS_0]$ , yenilenebilir kaynak stoğunun lojistik büyüme eşitliğinden  $[G(S_0) = rS_0(1 - \frac{S_0}{K})]$  büyük olmaktadır. Cebirsel olarak şu şekilde ifade edilebilir;

$$[H(S_0) > G(S_0)] \longrightarrow \frac{dS}{dt} = \dot{S} = G[S(t)] - H(t) < 0 \quad (28)$$

Bu durumda, kaynak stoğunun büyüme eşitliği negatif olduğu için yenilenebilir kaynak stoğu seviyesi  $[S_0]$  azalacaktır. Sonuç olarak, başlangıç durumu yenilenebilir kaynak stoğu seviyesi  $[S_0]$ , durağan durum kaynak stoğu seviyesi  $[S_A]$ 'ya yakınsayacaktır ve  $[H(S_A) = G(S_A)]$  olduğunda durağan durum dengesi oluşacaktır.

Varsayalım ki ekonomi  $[S_1]$  başlangıç noktasında bulunsun. Bu noktada, geçici doğal kaynak malı mahsül toplama denge seviyesi  $[H(S_1) = q\beta LS_1]$ , yenilenebilir kaynak stoğunun lojistik büyüme eşitliğinden  $[G(S_1) = rS_1(1 - \frac{S_1}{K})]$  küçük olmaktadır ve cebirsel olarak şu şekilde ifade edilebilir;

$$[H(S_1) < G(S_1)] \longrightarrow \frac{dS}{dt} = \dot{S} = G[S(t)] - H(t) > 0 \quad (29)$$

Bu durumda, kaynak stoğunun büyüme eşitliği pozitif olduğu için yenilenebilir kaynak stoğu seviyesi  $[S_1]$  artacaktır. Sonuç olarak, başlangıç durumu yenilenebilir kaynak stoğu

seviyesi  $[S_1]$ , durağan durum kaynak stoğu seviyesi  $[S_A]$ 'ya yakınsayacaktır ve  $[H(S_A) = G(S_A)]$  olduğunda durağan durum dengesi oluşacaktır.<sup>10</sup>

Durağan durum kaynak stoğu seviyesinin, yenilenebilir kaynak stoğu büyüme eşitliğinin, doğrusal geçici mahsul toplama seviyesine eşit olduğu noktada ortaya çıktığını ifade ettik. Matematiksel olarak durağan durum kaynak stoğu seviyesini (1) numaralı büyüme eşitliğine, (2) ve (26) numaralı eşitlikleri koyarak bulmak mümkündür.<sup>11</sup>

$$\begin{aligned} \frac{dS}{dt} = \dot{S} = G[S(t)] - H(t) = 0 & \longrightarrow H(t) = q\beta LS = rS \left(1 - \frac{S}{K}\right) = G[S(t)] \\ q\beta LS = rS \left(1 - \frac{S}{K}\right) & \longrightarrow q\beta L = r \left(1 - \frac{S}{K}\right) \longrightarrow q\beta L = r - r \left(\frac{S}{K}\right) \\ rSK = (r - q\beta L) & \longrightarrow S_A = K \left(1 - \frac{q\beta L}{r}\right) \end{aligned} \quad (30)$$

$S_A$  kaynak stoğu seviyesinin pozitif olduğu durumda,  $S_A$  seviyesi kapalı ekonomi durağan durum kaynak stoğu seviyesi olarak adlandırılacaktır.

Durağan durum kaynak stoğu seviyesini  $[S_A]$ , (10) numaralı eşitliğe koyarak, kapalı ekonomi durağan durum fiyat seviyesini  $[p_A]$  ;

$$p_A = \frac{1}{qS_A} = \frac{1}{q[K(1 - \frac{q\beta L}{r})]} \quad (31)$$

olarak elde edebiliriz.

Aynı şekilde, bulduğumuz  $S_A$  değerini, (26) numaralı geçici mahsul toplama eşitliğine koyarak, kapalı ekonomi durağan durum mahsul toplama seviyesini  $[H(S_A)]$ ;

$$H(S_A) = q\beta LS_A = q\beta L \left[K \left(1 - \frac{q\beta L}{r}\right)\right] \quad (32)$$

şeklinde elde etmek mümkündür.

<sup>10</sup> Yenilenebilir kaynak stoğunun büyüme ifadesi  $G(S) = rS \left(1 - \frac{S}{K}\right)$  ifadesinin maksimum değerini bulmak istediğimizde  $\frac{\partial G(S)}{\partial S} = r - \left(\frac{2rS}{K}\right) = 0$ , I.dereceden türev koşulunu buluruz. Bu koşulu çözdüğümüz zaman;  $S = \frac{K}{2}$  noktasında, büyüme fonksiyonu maksimum değerini almaktadır.  $[0, \frac{K}{2}]$  aralığında,  $r - \frac{2rS}{K} > 0$  olduğu için ilgili fonksiyon artan olmaktadır. Benzer mantıkla  $(\frac{K}{2}, K]$  aralığında,  $r - \frac{2rS}{K} < 0$  olduğu için ilgili fonksiyon azalan olmaktadır.

<sup>11</sup>  $S_A = 0$  kaynak stoğu seviyesi de durağan durum denge noktasını sağlamaktadır ama bu nokta pozitif ve içsel olmadığı için istenilen bir denge stok seviyesi değildir. Bu sebepten ötürü, analizimize dahil edilmeyecektir.

Brandor ve Taylor (1997a) makalesinde gösterdiği gibi, parametrelerin tüm değerleri için  $[S_A]$  değeri pozitif olmamaktadır. Durağan durum kaynak stoğu seviyesinin pozitif olması için;

$$S_A = K\left(1 - \frac{q\beta L}{r}\right) > 0 \implies r - q\beta L > 0 \implies \frac{r}{L} > q\beta \quad (33)$$

şeklinde olmalıdır.<sup>12</sup>

### 2.1.6. Kapalı ekonomi Durumu Durağan Durum Dengesinin Cebirsel Analizi

Kapalı ekonomi durumunda,  $\frac{r}{L} > q\beta$  koşulu altında elde edilen pozitif durağan durum dengesinin, dışsal bir şok karşısında nasıl hareket edeceğini bu bölümde analiz edeceğiz. Varsayalım ki ekonomi  $S_A$  durağan durum dengesinde bulunmakta ve ekonominin parametrelerine bağlı olarak dengeden saptırıcı bir dışsal şok ile karşılaşmaktadır. Bu durumda, durağan durum dengesinden sapan kaynak stoğu seviyesi, dışsal şok ne olursa olsun eski durağan durum dengesine geri dönebiliyorsa, ilgili denge “kararlı denge” olarak adlandırılmaktadır. Eğer dışsal bir şok karşısında kısa dönemde dengeden sapılıp, uzun vade de eski denge noktasına geri dönülemiyorsa, ilgili denge “kararsız denge” olarak ifade edilmektedir. Bir dengenin kararlı veya kararsız (istikrarsız) olması, ilgili ekonominin bulunduğu denge noktasının sürdürülebilir bir dengede olup olmadığının bir ölçütüdür.

Yukarı da oluşturduğumuz model çerçevesinde aşağıdaki önermeyi yazmak mümkündür.

**Önerme 1:** Eğer pozitif bir durağan durum dengesi,  $S_A$ , mevcut ise, kapalı ekonomi dengesinde,  $S_A$  denge noktası küresel olarak kararlı ve eşsiz ve tekil bir denge olmaktadır.

<sup>12</sup> Brandor ve Taylor (1997a) makalesinde de belirttiği gibi,  $\frac{r}{L} > q\beta$  ifadesi, üretim faktöründeki göreceli hizmet artışının veya azalışının ölçütüdür. Kısaca ifade etmek gerekirse,  $H(t)$  sektörünün üretim fonksiyonunda iki farklı üretim girdisi mevcuttur. Bunlardan ilki emek girdisi ( $L$ ), diğeri ise  $t$  anındaki kaynak stoğu ( $S$ )’dir.

Kaynak stoğundan sağlanan üretim faktörü girdisi akışı, içsel büyüme oranı  $[r]$  ile doğru orantılıyken, emek faktöründen sağlanan üretim girdisi akışı, toplam emek miktarı  $[L]$  ile orantılıdır. İçsel büyüme oranı  $[r]$ ’da yaşanan bir artış, durağan durum kaynak stoğu seviyesini  $[S_A]$  arttırırken  $\left[\frac{\partial S_A}{\partial r} > 0\right]$ , toplam emek miktarında yaşanan bir artış durağan durum kaynak stok seviyesini azalmaktadır  $\left[\frac{\partial S_A}{\partial L} < 0\right]$ . Bu durumun doğal bir sonucu olarak yeterince büyük bir  $r/L$  oranı, durağan durum kaynak stoğu seviyesini pozitif yaparken, aynı zamanda ilgili ülkenin” doğal kaynak malı açısından zengin” olarak tanımlanmasına neden olur. Eğer  $\frac{r}{L} \leq q\beta$  olursa,  $\lim_{t \rightarrow \infty} S_A = 0$  olur ve yenilenebilir kaynak stoğu yok oluşa doğru gider. Böylece, durağan durum dengesi  $S_A = 0$  noktasında oluşur.

Başlangıç stok seviyesinden bağımsız olarak, ilgili durağan durum dengesine olan yakınsama her zaman monoton olur.

**Kanıt 1:** (26) numaralı ifadeyi, (1) numaralı yenilenebilir kaynak stoğu büyüme ifadesine koyarsak, herhangi bir başlangıç stok değerinden başlayıp, kaynak stoğunun zaman içindeki değişimini yönetecek olan basit bir “doğrusal olmayan diferansiyel denklem” ifadesine ulaşabiliriz (Ek 1).

$$\frac{dS}{dt} = G[S(t)] - H(t) = rS \left[ 1 - \frac{S}{K} \right] - q\beta LS \quad (34)$$

Doğrusal olmayan ve stoğun zaman içindeki yönelimini yöneten diferansiyel denklem formu (34) numaralı eşitlikte gösterilmiştir. Bu denklem düzenlendiğinde;

$$\frac{dS}{dt} + q\beta LS - rS = -\frac{r}{K}S^2 \quad \longrightarrow \quad \underbrace{\frac{dS}{dt}}_{\frac{dy}{dt}} + \underbrace{S[q\beta L - r]}_{Ry} = \underbrace{-\frac{r}{K}S^2}_{Ty^m} \quad (35)$$

(35) numaralı ifade Ek kısmında da gösterildiği gibi, doğrusal olmayan diferansiyel formda  $[\frac{dy}{dt} + Ry = Ty^m]$  düzenlenmiştir. Bu aşamadan sonra ilgili ifadeyi doğrusal formda dönüştürmek gerekmektedir.

$y^m = S^2$  olduğuna göre  $m = 2$  değerini almaktadır. (35) numaralı eşitliğin her iki yanını da  $S^2$  ile bölelim;

$$\frac{dS}{dt}S^{-2} + (q\beta L - r)S^{-1} = -\frac{r}{K} \quad (36)$$

Değişken değiştirme metodunu kullanarak  $z = y^{1-m} = S^{1-2} = S^{-1}$  ifadesini eşitliğe dahil edelim.  $z = S^{-1}$  olduğuna göre;

$$\frac{dz}{dt} = \frac{dz}{dS} \frac{dS}{dt} = -1(S)^{-2} \frac{dS}{dt} \quad \longrightarrow \quad -\frac{dz}{dt} = \frac{dS}{dt} S^{-2} \quad (37)$$

sonucuna ulaşılmaktadır. Aynı mantıkla devam edildiğinde;

$$(q\beta L - r)S^{-1} = (q\beta L - r)z \quad (38)$$

(37) ve (38) numaralı eşitlikleri (36) numaralı eşitliğin içerisine koyduğumuz zaman;

$$-\frac{dz}{dt} + (q\beta L - r)z = -\frac{r}{K} \quad (39)$$

elde edilmektedir. İfadenin her iki tarafını da  $(1 - m)dt = -dt$  ile çarparak, (39) numaralı eşitliği doğrusal ve tam türevsellik (Ek (4)'e bakınız) koşuluna uygun forma dönüştürmüş oluruz.

$$dz + (q\beta L - r)z(-dt) = \frac{r}{K} dt \quad \longrightarrow \quad dz + \left[ (r - q\beta L)z - \frac{r}{K} \right] dt = 0 \quad (40)$$

(40) numaralı ifade, Ek kısmında detaylıca belirttiğimiz  $dy + (uy - w)dt = 0$  genel formuna dönüşmüş bulunmaktadır. İntegral faktörü olarak  $I$  terimini kabul edelim ve (40) numaralı ifadeyi çözmek için tam türevsel koşulları sağlayacak forma dönüştürelim.

$$Idz + I \left[ (r - q\beta L)z - \frac{r}{K} \right] dt = 0 \quad (41)$$

denklemini elde edilmektedir.  $M$  ve  $N$  ile gösterilen parantez içi değerleri, Young teoremi kullanılarak şu forma bürünmektedir;  $M = \frac{\partial F(z,t)}{\partial z}$  ve  $N = \frac{\partial F(z,t)}{\partial t}$ . eşitlikleri daha açık şekilde ifade edildiğinde;

$$\frac{\partial M}{\partial t} = \frac{\partial I}{\partial t} \quad \vee \quad \frac{\partial N}{\partial z} = I(r - q\beta L) \quad (42)$$

eşitliğini elde etmiş oluruz. Tam türevsel olma koşulu gereği  $\frac{\partial M}{\partial t} = \frac{\partial^2 F(z,t)}{\partial t} = \frac{\partial N}{\partial z} = \frac{\partial^2 F(z,t)}{\partial z}$  olacağına göre;

$$\frac{\partial I}{\partial t} = I(r - q\beta L) \quad \longrightarrow \quad \frac{\partial I}{I} = (r - q\beta L) \quad (43)$$

sabit değerine ulaşılmaktadır. Sabit bir şekilde büyüyen integral faktörünü açık bir fonksiyon halinde yazıldığında;

$$I(t) = Ae^{\int (r - q\beta L) dt} = e^{\int (r - q\beta L) dt} \quad (44)$$

eşitliğine elde ederiz.<sup>13</sup> (44) numaralı integral faktörünün açık formda yazılmış fonksiyonel halini, (41) numaralı eşitlikte yerine koyarsak;

$$e^{\int (r - q\beta L) dt} dz + e^{\int (r - q\beta L) dt} \left[ (r - q\beta L)z - \frac{r}{K} \right] dt = 0 \quad (45)$$

<sup>13</sup> Ek 1.kısım da belirtildiği üzere  $A$  teriminin varlığı tam türevsellik koşulunu etkilemediği için, çözümü basitleştirmek adına  $A = 1$  kabul edilmiştir.

eşitliğini sağlamış oluruz. Daha önceden belirttiğimiz gibi,  $\frac{\partial F(z,t)}{\partial z} = M$  olduğuna göre  $F(z, t)$  ifadesinin yalın haline ulaşmak için her iki tarafında integralini almak gerekmektedir. Bu işlemi yaptıktan sonra aşağıdaki sonucuna ulaşmak mümkündür;

$$F(z, t) = \int M dz + \Psi(t) = \int e^{\int(r-q\beta L)dt} dz + \Psi(t) = ze^{\int(r-q\beta L)dt} + \Psi(t) \quad (46)$$

Bu ifade de yer alan  $\Psi(t)$  terimi, integral ifadesi sonucu oluşan ve  $z$ 'ye bağlı olmayan bütün terimleri içermektedir. Aynı zamanda  $\frac{\partial F(z,t)}{\partial t} = N$  olduğuna göre (46) numaralı eşitlikte bulduğumuz  $F(z, t)$  ifadesinin açık formunu,  $N$  terimine eşitleyelim.

$$z(r - q\beta L)e^{\int(r-q\beta L)dt} + \frac{\partial \Psi(t)}{\partial t} = [(e^{\int(r-q\beta L)dt})z(r - q\beta L)] - \frac{r}{K}(e^{\int(r-q\beta L)dt}) \quad (47)$$

Bu eşitlikten  $\frac{\partial \Psi(t)}{\partial t}$  türev ifadesini çekmek istediğimizde,  $\frac{\partial \Psi(t)}{\partial t} = -\frac{r}{K}(e^{\int(r-q\beta L)dt})$  sonucuna ulaşırız. Her iki tarafın da integralini alarak  $\Psi(t)$  terimini çözdüğümüzde;

$$\Psi(t) = -\int \frac{r}{K}(e^{\int(r-q\beta L)dt})dt \quad (48)$$

elde edilmektedir. Bulduğumuz bu ifadeyi, (46) numaralı  $F(z, t)$  ifadesinin içine koyarak tekrar yazdığımızda;

$$F(z, t) = ze^{\int(r-q\beta L)dt} + \left[ -\int \frac{r}{K}e^{\int(r-q\beta L)dt} dt \right] = c^{14} \quad (49)$$

denklemine ulaşırız. (49) numaralı ifade düzenlenip,  $z(t)$  ifadesini yalnız bıraktığımız zaman;

$$z(t) = e^{-\int(r-q\beta L)dt} [A + \int \frac{r}{K}e^{\int(r-q\beta L)dt} dt]^{15} \quad (50)$$

eşitliğe ulaşılmaktadır. İlgili ifadeyi düzenlediğimizde aşağıdaki açık forma ulaşabiliriz;

$$z(t) = Ae^{-\int(r-q\beta L)dt} + \frac{r}{K(r-q\beta L)}e^{(r-q\beta L)t}e^{-\int(r-q\beta L)dt}$$

$$z(t) = Ae^{-\int(r-q\beta L)dt} + \frac{r}{K(r-q\beta L)} \quad (51)$$

<sup>14</sup> Tam türevsel olma koşulu geçerli iken  $d[F(z, t)] = \frac{\partial F(z,t)}{\partial z} dz + \frac{\partial F(z,t)}{\partial t} dt = 0$  olacağı için,  $F(z, t) = c$  gibi bir sabite eşit olduğu kabul edilmiştir.

<sup>15</sup>  $c$  sabiti yerine, ifadeyi genelleştirmek için daha genel bir sabit olarak kabul ettiğimiz  $A$  sabitini eşitliğin içine koyduk.



Başlangıçta, “değişken değiştirme kuralı” kullanarak  $z(t) = S(t)^{-1}$  eşitliğinin elde edildiğini belirtmiştik. Bu eşitliği kullanarak  $S(t)$  terimine geçiş yapılabilir;

$$S(t) = \frac{1}{Ae^{-(r-q\beta L)t} + \frac{r}{K(r-q\beta L)}} \quad (52)$$

$A$  değerini daha açık formda yazmak için  $t = 0$  anında var olan başlangıç koşulu stok seviyesini model olarak ifadeyi tekrardan düzenlediğimizde;

$$S(t = 0) = \frac{1}{A + \frac{r}{K(r-q\beta L)}} \longrightarrow \frac{1}{S(t=0)} = A + \frac{r}{K(r-q\beta L)} \text{ olduğuna göre;}$$

$$A = \frac{1}{S(t=0)} - \frac{r}{K(r-q\beta L)} \quad (53)$$

ifadesine ulaşılabilir.  $t = 0$  anındaki yenilenebilir kaynak stoğu seviyesini kısaca  $S(t = 0) = S_0$  ile ifade edebiliriz. (53) numaralı eşitlik de yer alan değişkenleri şu şekilde kısaltabiliriz:  $\frac{r}{K} = b$  ve  $(r - q\beta L) = a$ . (53) numaralı eşitliği tekrar düzenlediğimizde  $A = \frac{1}{S_0} - \frac{b}{a}$  olmaktadır. Bu ifadeyi (52) numaralı eşitliğe koyup, tekrar düzenlendiğinde;

$$S(t) = \frac{1}{\left(\frac{1}{S_0} - \frac{b}{a}\right)e^{-(r-q\beta L)t} + \frac{b}{a}} \quad (54)$$

eşitliğine ulaşırız. (54) numaralı ifade de yeralan eşitlik  $\left(\frac{1}{S_0} - \frac{b}{a}\right) = c$  tekrar düzenlendiğinde;

$$S(t) = \frac{1}{\left(\frac{b}{a} + ce^{-at}\right)} \quad (55)$$

olmaktadır. Böylece kaynak stoğunun evrimini yöneten genel forma ulaşmış oluruz. Kararlılık analizini yapabilmek için (55) numaralı eşitlikte bazı düzenlemeler yapmak gerekmektedir. İlk olarak denklem üzerinde yaptığımız kısaltmaları ortadan kaldırıp, (55) numaralı eşitliği en açık formda tekrar yazdığımızda;

$$S(t) = \frac{1}{\left[\frac{r}{K(r-q\beta L)} + \left(\frac{1}{S_0} - \frac{r}{K(r-q\beta L)}\right)e^{-(r-q\beta L)t}\right]} \quad (56)$$

Modelin durağan durum dengesinde;  $\frac{dS}{dt} = \dot{S} = G[S(t)] - H(t) = 0$  olup, (33) numaralı ifade de bulduğumuz şekilde durağan durum yenilenebilir kaynak stoğu seviyesi  $S_A =$

$\frac{K}{r}(r - q\beta L)$  olmaktadır.<sup>16</sup> Buna bağlı olarak (56) numaralı ifade yeniden düzenlendiği zaman;

$$S(t) = \left[ \frac{1}{S_A} + \left( \frac{1}{S_0} - \frac{1}{S_A} \right) e^{-(r-q\beta L)t} \right]^{-1} = \left[ \frac{1}{S_A} + \left( \frac{S_A - S_0}{S_A S_0} \right) e^{-(r-q\beta L)t} \right]^{-1}$$

$$S(t) = \left[ \frac{S_0}{S_A S_0} + \left( \frac{S_A - S_0}{S_A S_0} \right) e^{-(r-q\beta L)t} \right]^{-1} = \left[ \frac{1}{S_A S_0} (S_0 + (S_A - S_0) e^{-(r-q\beta L)t}) \right]^{-1}$$

$$S(t) = \frac{S_0 S_A}{(S_0 + (S_A - S_0) e^{-(r-q\beta L)t})} = S_0 S_A [(S_0 + (S_A - S_0) e^{-(r-q\beta L)t})]^{-1} \quad (57)$$

Kararlılık analizi, zaman içerisinde herhangi bir başlangıç noktasından başlayan ekonominin  $[S_0]$ , zaman içerisinde durağan durum kaynak stoğu seviyesine yakınsama gösterip göstermeyeceğinin incelenmesidir. Bu durumda (57) numaralı ifadenin zaman içindeki değişimine odaklanmalıyız. (57) numaralı eşitliğin  $t$ 'ye göre türevini alarak, zaman içerisindeki yönelimini inceleyebiliriz.

$$\frac{\partial S(t)}{\partial t} = (-1)(S_0 S_A) [(S_0 + (S_A - S_0) e^{-(r-q\beta L)t})]^{-2} (S_A - S_0) (- (r - q\beta L))$$

$$= \underbrace{(S_0 S_A)}_{> 0} \underbrace{[(S_0 + (S_A - S_0) e^{-(r-q\beta L)t})]^{-2}}_{> 0} \underbrace{(S_A - S_0)}_{> 0} \underbrace{(r - q\beta L)}_{> 0} \quad (58)$$

(58) numaralı ifadenin pozitif olduğu kısımlarını kısaca açıklamak gerekirse;

-  $[S_0 S_A] > 0$  çünkü hem başlangıç kaynak stoğu seviyesi hem de yenilenebilir kaynağın durağan durum stok seviyesinin pozitif olduğu başlangıçta varsayılmıştı.

-  $[(S_0 + (S_A - S_0) e^{-(r-q\beta L)t})]^{-2} > 0$  çünkü karesel ifadeler her durumda pozitif olur.

-  $(r - q\beta L) > 0$  çünkü modelin başlangıcında  $\frac{r}{L} > q\beta$  koşulunun geçerliliği varsayılmıştı.

Bu durumda,  $\frac{\partial S(t)}{\partial t}$  ifadesinin değeri  $(S_A - S_0)$  işleminin sonucuna bağlıdır. Eğer;

- i)  $S_0 < S_A \quad \longrightarrow \quad \frac{\partial S(t)}{\partial t} > 0$  , başlangıç stok seviyesi, durağan durum stok seviyesinden düşük olursa, zaman içerisinde kaynak stoğunun büyümesi pozitif

<sup>16</sup> Durağan durum kaynak stoğunun pozitif olması için gereken  $\frac{r}{L} > q\beta$  burada içsel olarak sağlandığı varsayılmaktadır.

olduğu için, başlangıç stok seviyesi, yenilenebilir stoğun durağan durum değerine her durumda yakınsamaktadır.

- ii)  $S_0 > S_A \implies \frac{\partial S(t)}{\partial t} < 0$ , başlangıç stok seviyesi, durağan durum stok seviyesinden yüksek olursa, zaman içerisinde kaynak stoğunun büyümesi negatif olduğu için, başlangıç stok seviyesi, yenilenebilir stoğun durağan durum değerine her durumda yakınsamaktadır.

Sonuç olarak,  $S_A$  durağan durum kaynak stoğu seviyesinden dışsal bir şok sonucu sapma olduğunda, uzun vadede ilgili ekonomi  $S_A$  seviyesine geri dönecektir.  $S_A$  denge seviyesi kararlıdır.

**Kanıt 1 (Alternatif Yaklaşım):** Önerme 1'in farklı yoldan da kanıtlanabileceği kısaca şu şekilde gösterilebilir [Ek (3.1'e bakınız)]. Kaynak stoğunun zaman içerisindeki evrimini gösteren  $S(t)$  ifadesi yukarıda şu şekilde tanımlanmıştı;  $S(t) = \frac{1}{\frac{r}{K(r-q\beta L)} + [\frac{1}{S_0} - \frac{r}{K(r-q\beta L)}]e^{-(r-q\beta L)t}}$  ve aynı zamanda durağan durum kaynak stoğu seviyesini de  $S_A = \frac{K}{r}(r - q\beta L)$  olduğunu belirtmişti. Bu iki ifade birlikte yazıldığında;

$$S(t) = \frac{1}{\frac{1}{S_A} + \left(\frac{1}{S_0} - \frac{1}{S_A}\right)e^{-(r-q\beta L)t}} \quad (59)$$

ifadesine ulaşılmaktadır. İfadenin içinde yer alan  $(r - q\beta L)$  işleminin pozitif olduğu bilinmektedir. (59) numaralı ifadeyi tekrar düzenlediğimizde;

$$S(t) = \left[\frac{1}{S_A} + \left(\frac{1}{S_0} - \frac{1}{S_A}\right)e^{-(r-q\beta L)t}\right]^{-1} \quad (60)$$

şeklini almaktadır. Dengenin kararlı olmasını, başlangıç kaynak stoğundan bağımsız olarak uzun vadede, kaynak stok seviyesinin, yenilenebilir kaynak stoğu seviyesine olan yakınsama olarak tanımladığımız için, (60) numaralı eşitliğin zaman içerisindeki yönelimini analiz etmek gerekmektedir.

$$\frac{\partial S(t)}{\partial t} = (-1) \left[\frac{1}{S_A} + \left(\frac{1}{S_0} - \frac{1}{S_A}\right)e^{-(r-q\beta L)t}\right]^{-2} (-1)(r - q\beta L) \quad (61)$$

Bu eşitlik içerisinde ilk olarak  $\frac{1}{S_A}$  ifadesini dikkate aldığımızda  $\frac{1}{S_A}$ , zaman içinde yaklaşıma çalıştığımız durağan durum dengesini ifade etmektedir. (61) numaralı

eşitliğin  $t$  sonsuza giderken nasıl olacağını anlamak için, köşeli parantez içerisinde yer alan diğer ifadeyi (yani;  $(\frac{1}{S_0} - \frac{1}{S_A}) e^{-(r-q\beta L)t}$ ) ele almak gerekmektedir. Bu durumda;

$$\lim_{t \rightarrow \infty} \left( \frac{1}{S_0} - \frac{1}{S_A} \right) e^{-(r-q\beta L)t} = 0 \quad (62)$$

eşitliğini elde ederiz. Bu şartlar altında;

$$\lim_{t \rightarrow \infty} \frac{\partial S(t)}{\partial t} = \lim_{t \rightarrow \infty} \left[ \frac{1}{S_A} + \left( \frac{1}{S_0} - \frac{1}{S_A} \right) e^{-(r-q\beta L)t} \right]^{-2} (r - q\beta L) = S_A \quad (63)$$

olmaktadır. Başlangıç kaynak stok seviyesi ne olursa olsun, zaman içerisinde ekonomi durağan durum dengesine yakınsadığı için  $S_A$  dengesi karardır. <sup>17</sup> ■

Sonuç olarak, yenilenebilir kaynak stoğu üzerindeki negatif dışsallık etkenin yalnızca aşırı yenilenebilir kaynak tüketimi olduğu modellerde, kapalı ekonomi durağan durum dengesi dışsal şoklar karşısında dengeden saptığında bile, uzun vade de denge noktasına geri dönmektedir. Bu yüzden de ilgili denge noktası, kararlı denge olarak adlandırılmaktadır.

## 2.2. Üretim Sektörü Kaynaklı Dışsal Kirliliğin Olduğu Kapalı Ekonomi Modeli

Bu modelde, Copeland ve Taylor (1999) makalesindeki bazı semboller temel alınacaktır. Yenilenebilir kaynak stoğu üzerindeki negatif değişkenin yalnızca üretim sektörü kaynaklı kirlilik olduğunu varsayalım. Üretim sektörü, üretim kapasitesini arttırdıkça eş anlamlı olarak, kaynak stoğu üzerinde azaltıcı bir etki yaratan bir kirlilik yaratmaktadır. Bu kirlilik, yenilenebilir kaynak stoğunun büyüme fonksiyonuna negatif bir etken olarak dahil edilmektedir. Bir önceki bölümde yapılabenzer şekilde üretim ve tüketim dengeleri bulunduktan sonra, durağan durum dengesi tanımlanacak ve son olarak ilgili durağan durum dengesinin kararlı olduğu cebirsel olarak gösterilecektir.

### 2.2.1. Modelin Temel Değişkenleri ve Yenilenebilir Kaynak Stoğu Büyümesi

Bu modelde de bir önceki modelde olduğu gibi iki farklı üretim faktörü girdisi mevcuttur. Bu faktörlerden ilki emek ( $L$ ), diğeri ise mevcut kaynak stoğu seviyesi ( $S$ ) olarak

<sup>17</sup> Limit içerisinde yer alan  $(r - q\beta L)$  ifadesi, limitin yönelimini etkilemektedir. Köşeli parantez içindeki ifadenin, zaman içerisinde yakınsadığı durağan durum dengesinin analizi  $(r - q\beta L)$  ifadesinden bağımsızdır.

tanımlanmaktadır.<sup>18</sup> Bu model de iki farklı endüstri bulunmaktadır. Doğal kaynak mali endüstrisi, üretim faktörü girdisi olarak emek ( $L$ ) ve kaynak stoğu ( $S$ ) kullandığı için, çevreye daha duyarlı endüstri olarak tanımlanmaktadır. Üretim mali endüstrisi ise üretim faktörü girdisi olarak yalnızca emek ( $L$ ) faktörünü kullanmaktadır. Her iki endüstrinin de ürettiği mallar aşağıdaki gibidir;

- i)  $H$  : doğal kaynak mali sektörü malı,
- ii)  $M$  : üretim endüstrisinin çıktısı sonucu oluşan mal,

Yenilenebilir kaynak stoğu, zamanın süreklilik arz eden her bir  $t$  anı için  $S(t)$  şeklinde tanımlanacaktır.  $S(t)$  kaynak stoğu seviyesi, üretim sektörünün yarattığı kirliliğin büyüklüğüne ve stoğun kendini yenileme kapasitesine bağlı olarak zaman içerisinde azalmaya veya artış yönünde eğilim gösterebilmektedir. Yenilenebilir kaynak stoğunun büyüme eşitliği aşağıdaki gibi oluşmaktadır;

$$\frac{dS}{dt} = \dot{S} = G[S(t)] - Z(t) \quad (64)$$

Büyüme eşitliğinden de görüldüğü üzere yenilenebilir kaynak stoğunun büyümesi üzerinde iki farklı etken vardır.

- i)  $G[S(t)]$  : yenilenebilir kaynak stoğunun doğal büyümesi
- ii)  $Z(t)$  : üretim sektöründen kaynaklı kirlilik seviyesi

$G[S(t)]$  terimi spesifik bir fonksiyon formunda ifade edilmektedir.

$$G[S(t)] = r(\bar{S} - S) \quad (65)$$

Bu büyüme fonksiyonu da lojistik (sigmoid) büyüme fonksiyonu gibi davranmaktadır.  $\bar{S}$  sembolü, yenilenebilir kaynak stoğu seviyesinin ulaşabileceği maksimum seviyeyi göstermektedir.<sup>19</sup> Modelde negatif dışsal bir etkenin bulunmadığı her durumda, ilgili ekonominin yakınsayacağı kaynak stoğu seviyesi  $\bar{S}$  olacaktır. Eşitliğin içinde yer alan diğer bir değişken  $r$ , içsel büyüme oranı olarak tanımlanabilir. Yenilenebilir büyüme fonksiyonuna ilişkin özelliği belirttiğimizde  $S = 0$  seviyesinde bile  $\frac{dS}{dt} > 0$  olduğu için,

<sup>18</sup> Modelin, bir önceki model ile karşılaştırılmasının kolay olması açısından, sembol ve simge benzerliğine dikkat edilmiştir. Buna bağlı olarak referans modele göre terim bazında farklılıklar bulunmaktadır.

<sup>19</sup>  $\bar{S}$  sembolü, bir önceki modelde yer alan  $K$ (maksimum taşıma kapasitesi) ile aynı anlama gelmektedir.

herhangi bir  $t$  anında mevcut bulunan stok seviyesinin minimum değerinden bahsetmek mümkün değildir.

Büyüme fonksiyonu içinde yer alan diğer bir ifade ise, üretim malı çıktısı ile eş anlı olarak oluşan ve kaynak stoğu üzerinde zarar verici etkiye sahip olan kirliliktir. Kirlilik, negatif bir dışsallık olarak etki etmekte ve modelde  $Z(t)$  ile gösterilmektedir.  $Z(t)$  ifadesi, yenilenebilir kaynak stoğu büyüme fonksiyonuna doğrusal olarak girdiği için, kirliliğin stok üzerinde oluşturduğu marjinal fiziki zarar sabit olarak varsayılmaktadır.

Modelin üretim tarafını incelediğimizde,  $M$ (üretim malı) endüstrisi yalnızca emek faktörünü ( $L$ ), üretim girdisi olarak kullanmaktadır. Bir birim emeğin, yalnızca bir birimlik çıktı ürettiğini varsayalım.  $M$  malı üretimi eş anlı olarak  $\gamma$  birim kirlilik üretilmektedir;

$$M = L_M \quad (66)$$

$$Z = \gamma L_M = \gamma M \quad (67)$$

olmaktadır. Kirliliğin, üretim çıktısının sabit bir oranı olduğuna dikkat edilmelidir.  $L_M$ , toplam emek içinde, üretim malı sektöründe istihdam edilen emeğin miktarını göstermektedir.

$H$  malı üretimi, emek faktörü ( $L$ )'nin yanısıra kaynak stoğu ( $S$ )'nu da üretim faktörü olarak, üretim fonksiyonuna dahil etmektedir. Bu durumda;

$$H = F(S)L_A \quad (68)$$

$L_A$ , toplam emek içinde, doğal kaynak malı sektöründe istihdam edilen emeğin miktarını göstermektedir.  $F(S)$  ise şu şekilde varsayılabilir<sup>20</sup>;

$$F(S) = S^\epsilon, \quad 0 < \epsilon < 1 \quad (69)$$

Kaynak stoğunun,  $H$  malının üretim fonksiyonuna bu şekilde dahil olmasının bazı sonuçları vardır. Doğal kaynak malı stoğundaki artışlar, ölçüğe göre azalarak artan bir etki yaratıp, üretim arttırmaktadır. Yani;

---

<sup>20</sup> Bir önceki modelden farklı olarak,  $H(t)$  sektörü üretim fonksiyonu doğrusal değil, parabolik olarak tanımlanmaktadır. Bu değişim, kararlılık analizinin doğrusal olmayan üretim fonksiyonları için de aynı şekilde geçerli olduğunu göstermek için tercih edilmiştir.

$$\frac{\partial H}{\partial S} = \epsilon S^{\epsilon-1} L_A = \epsilon \frac{1}{K^{1-\epsilon}} L_A > 0$$

$$\frac{\partial^2 H}{\partial S^2} = \epsilon(\epsilon - 1) S^{\epsilon-2} L_A = \epsilon(\epsilon - 1) \frac{1}{S^{2-\epsilon}} L_A < 0$$

sonucu ortaya çıkmaktadır.  $S$  kaynak stoğu seviyesinde yaşanan eşit azalışlar,  $H$  malı üretiminde daha yüksek azalışlara neden olarak, üretim verimliliğini artıran oranda azaltmaktadır.

Emek piyasasının tam rekabetçi olduğunu ve işçilerin hiçbir maliyete katlanmadan sektörler arası geçiş yapabildiğini varsayalım. Bu durumda her iki sektörün de dengeye geçiş sürecinde veya denge esnasında aktif olarak üretim yaptığı durumda, emeğin getirisi ( $w$ ), emeğin ürününün marjinal değerine eşit olacaktır. Herhangi bir sektörde, üretim verimliliği artışı ortaya çıkan, emeğin marjinal ürününün değerindeki artış, emeğin “anlık” bir biçimde dağılımını getirinin fazla olduğu sektöre yönlendirmesi ile sonuçlanacak ve emeğin getirisi her iki sektör için de eşitlenecek ve dengeye ulaşacaktır.

Modelin tüketim tarafı için ise, temsili bir tüketici varsayımı yapalım. Bu temsili tüketicinin cari dönem fayda fonksiyonu aşağıdaki gibi varsayalım<sup>21</sup>;

$$U = b_M \ln(M) + b_H \ln(H) \quad (70)$$

iii)  $b_M$  :  $M$  malına harcanan gelirin, toplam gelir içindeki payı

iv)  $b_H$  :  $H$  malına harcanan gelirin, toplam gelir içindeki payı

Bu tanımlara bağlı olarak  $b_M$  ve  $b_H$  değerlerinin,  $0 \leq b_M, b_H \leq 1$  arasında değerler aldığı belirtilmelidir. Kaynak stoğundaki değişimler, temsili tüketicinin fayda fonksiyonunda doğrudan yer almadığı için,  $Z(t)$  negatif kirlilik dışsallığı faydayı doğrudan etkilememektedir. Her iki mala olan ihtiyaç da “temel” ve “gerekli” olduğu için, temsili bir tüketici bu iki mala yönelik talep yaratmaktadır. Bu talep kapalı ekonomi durumunda, her iki malın da ülke içinde üretilmesine neden olurken, dışa açık ekonomilerde, maliyet dezavantajına sahip olunan malın ithal edilmesine neden olmaktadır.

<sup>21</sup>  $U = b_m \ln(M) + b_H \ln(H)$  eşitliği monoton bir değişime tabi tutularak  $U = M^{b_M} H^{b_H}$  formatına dönüştürülebilir. Bu durumda Cobb-Douglas tipi bir fayda fonksiyonuna sahip olunur.

### 2.2.2. Kısa Dönem Üretim Olanakları Eğrisi ve Geçici Ricardocu Denge

Kısa dönemde yenilenebilir kaynak stoğu seviyesi sabit kabul edilerek üretim olanakları eğrisi çizileceği için, dışsallığın yarattığı etkiler gözlemlenmeyecektir. Uzun dönemde ise kirliliğin yarattığı dışsallık, üretim setinde var olan dışbükey olma özelliğini bozacaktır.

İlk olarak kısa dönem üretim olanakları eğrisini ele aldığımızda stok seviyesi veri olarak alınıp sabit kabul edilmektedir. Üretim olanakları eğrisi üzerinde tam istihdam koşulu geçerli olduğu için, var olan tüm emek kullanılmaktadır. Bu durumda;

$$L = L_M + L_H \quad (71)$$

Üretim malı sektöründe  $M = L_M$  eşitliğini ve doğal kaynak malı sektöründeki  $H = \bar{S}^\epsilon L_H$  eşitliğini (71) numaralı eşitliğin içine koyduğumuzda;

$$L = L_M + L_H = M + \frac{H}{\bar{S}^\epsilon} \longrightarrow H = L\bar{S}^\epsilon - M\bar{S}^\epsilon = \bar{S}^\epsilon [L - M] \quad (72)$$

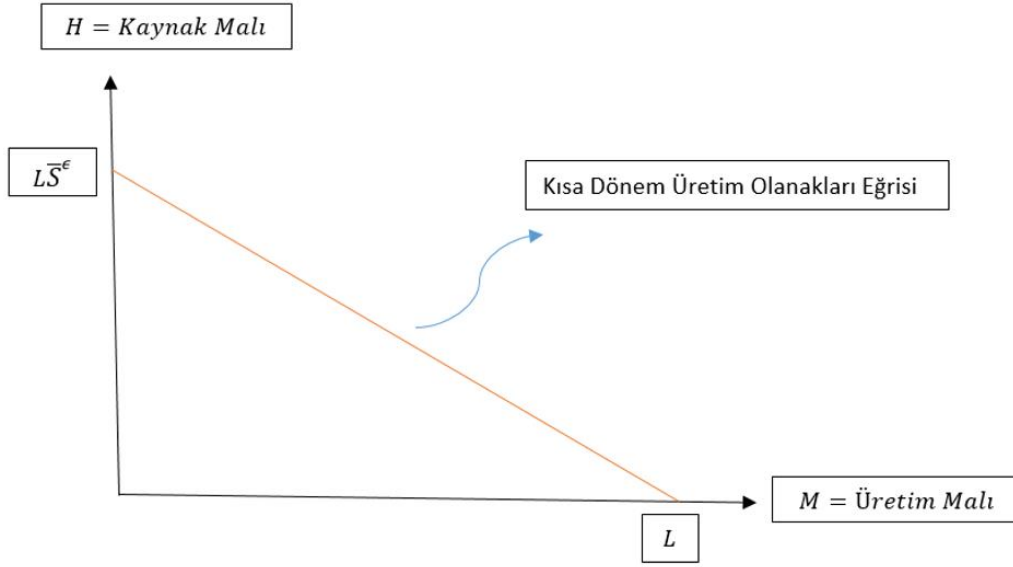
haline gelmektedir. (72) numaralı eşitliğe göre, kısa dönem üretim olanakları eğrisi doğrusaldır ve veri stok seviyesi altında tanımlanmıştır.

Kısa dönem üretim olanakları eğrisinin eğimi ise;

$$\frac{\partial H}{\partial M} = -\bar{S}^\epsilon \quad (73)$$

şeklinde sabit bir değer olarak ortaya çıkmaktadır.





**Şekil 3:** Kapalı Ekonomi Sabit Stok Seviyesinde Çizilen Üretim Olanakları Eğrisi

**Kaynak:** Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Bu şekil, bir önceki model de çizilen kısa dönem üretim olanakları eğrisine benzemektedir. Dikey eksen kesen noktanın,  $L\bar{S}^\epsilon$  olması farkı yaratan tek noktadır. Kısa dönem üretim olanakları eğrisi geçici Ricardocu dengeye sahiptir. Veri bir kaynak stok seviyesinde çizildiği için, geçici dengenin uzun vade de geçerli olmasını garanti eden hiçbir koşul mevcut değildir.

Varsayalım ki  $M$  malı üretiminde yaşanan bir değişim, kirlilik miktarını  $[Z(t)]$  doğrudan etkilemektedir. Büyüme denkleminde ötürü, değişen kirlilik miktarı kaynak stok seviyesini değiştirmektedir. Eğer kısa dönem için veri olarak kabul edilen stok seviyesi durağan durum stok seviyesine denk gelmiyorsa, bu durumda kısa dönem dengesi sürdürülebilir olamaz. Dengenin sürdürülebilir olması için, piyasa temizleme koşulu sağlanırken, aynı zamanda durağan durum denge stok seviyesi üzerinde de bulunmak gerekmektedir.

### 2.2.3. Durağan Durum Dengesine Geçiş ve Üretim Olanakları Eğrisi

Modelin bu aşamasında, ilk olarak durağan durum dengesine geçiş analiz edilecektir. Daha sonra ise, bir önceki modelden farklı olarak uzun dönem üretim olanakları eğrisinin dışbükey (yani üretim setinin içbükey) hali gösterilecektir. Modelde yer alan dışsallıkların, üretim olanakları eğrisinin dışbükey olma özelliğini bozduğu bilinmektedir

(Baumol ve Bradford, 1972:164). Dışbükey olmayan üretim seti sonucunda, çoklu denge noktalarına ulaşmak mümkündür. Kapalı ekonomi durumunda çoklu dengenin ortaya çıkmaması için modelin sonraki aşamalarında kısıtlayıcı varsayımlarda bulunulacaktır.

Yenilenebilir kaynak stoğunun büyüme fonksiyonu açık formda;

$$\frac{dS}{dt} = r(\bar{S} - S) - \gamma M \quad (74)$$

ifade edilmektedir. Durağan durum dengesinde kaynak stoğunun büyümesi  $\frac{dS}{dt} = 0$  olduğuna göre, durağan durum kaynak stoğu seviyesi şu şekilde bulunur;

$$\frac{dS}{dt} = r(\bar{S} - S) - \gamma M = 0 \quad \longrightarrow \quad \bar{S} - \frac{\gamma}{r} M = S \quad \longrightarrow \quad S_A = \bar{S} - \gamma_M M \quad (75)$$

Burada  $\frac{\gamma}{r} = \gamma_M$  kısaltması kullanılmıştır.

Aynı zamanda, kaynak stoğu üzerinde kirletici etki yaratan  $M$  malı üretiminde tam uzmanlaşma olsa bile kaynak stoğunun tamamıyla yok olmayacağı varsayılmaktadır. Cebirsel olarak, eğer  $L_M = L$  olursa,  $M = L_M = L$  olmaktadır. (75) numaralı ifadeyi kullanarak, durağan durum kaynak stoğu seviyesi ele alındığında;

$$S_A = \bar{S} - \frac{\gamma}{r} L \quad (76)$$

olmaktadır. Eğer, durağan durum kaynak stoğu seviyesi pozitif olmak zorunda ise;

$$\bar{S} - \frac{\gamma}{r} L > 0 \quad (77)$$

elde edilmektedir. (77) numaralı ifade, modelin içsel varsayımıdır. Durağan durum kaynak stoğu seviyesinin her zaman pozitif olacağını göstermektedir.

Uzun dönem üretim olanakları eğrisini bulmak için, (75) numaralı eşitliği, (72) numaralı eşitliğin yerine koymak yeterlidir. Buna aynı zamanda durağan durum üretim olanakları eğrisi de denir ve şu şekilde gösterilir;

$$H = (L - M)[\bar{S} - \gamma_M M]^e \quad (78)$$

Bu ifade, tam anlamıyla dışbükeydir.<sup>22</sup> (78) numaralı eşitliğin dışbükey olduğunu şu şekilde kanıtlanabilir;

$$\frac{\partial H}{\partial M} = -[\bar{S} - \gamma_M M]^\epsilon + (L - M)\epsilon[\bar{S} - \gamma_M M]^{\epsilon-1}(-\gamma_M) < 0 \quad (79)$$

Uzun dönem üretim olanakları eğrisinin birinci türevi kesinlikle negatiftir çünkü ifadeyi oluşturan hem ilk kısım  $-\bar{S} + \gamma_M M]^\epsilon < 0$  hem de ikinci kısım  $(L - M)\epsilon[\bar{S} - \gamma_M M]^{\epsilon-1}(-\gamma_M) < 0$  sıfırdan küçük değer almaktadır. Buna bağlı olarak ifadenin ikinci dereceden türevi;

$$\frac{\partial^2 H}{\partial M^2} = \epsilon[\bar{S} - \gamma_M M]^{\epsilon-1}\gamma_M - \epsilon[\bar{S} - \gamma_M M]^{\epsilon-1}(-\gamma_M) + (-\gamma_M)\epsilon(L - M)(\epsilon - 1)(\bar{S} - \gamma_M M)^{\epsilon-2}(-\gamma_M) \quad (80)$$

$$\frac{\partial^2 H}{\partial M^2} = 2\epsilon[\bar{S} - \gamma_M M]^{\epsilon-1}\gamma_M + (\gamma_M)^2\epsilon(L - M)(\epsilon - 1)(\bar{S} - \gamma_M M)^{\epsilon-2} > 0 \quad (81)$$

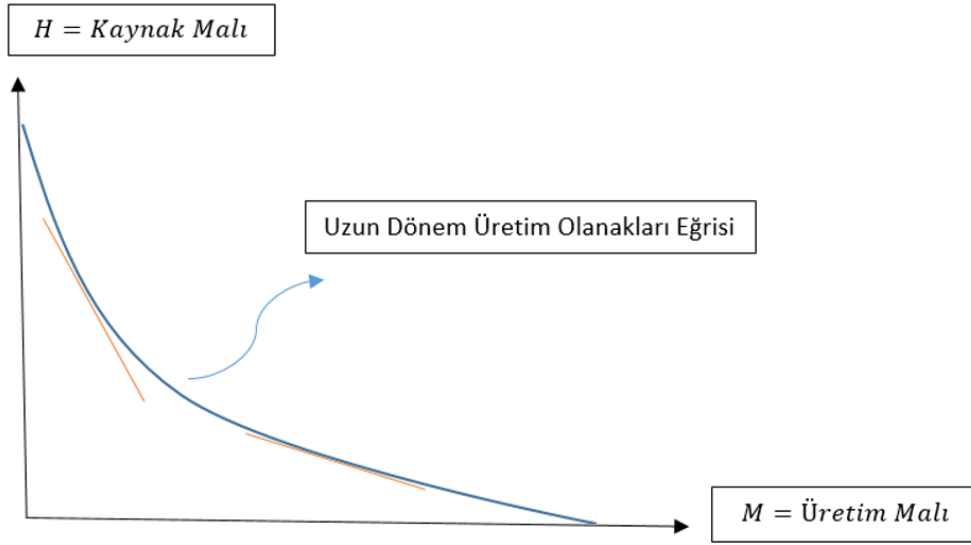
ifadenin pozitif olmasının cebirsel sebebi şu şekildedir;

$$2\epsilon[\bar{S} - \gamma_M M]^{\epsilon-1}\gamma_M > (\gamma_M)^2\epsilon(L - M)(\epsilon - 1)(\bar{S} - \gamma_M M)^{\epsilon-2} \quad (82)$$

$$\underbrace{2[\bar{S} - \gamma_M M]}_{> 0} > \underbrace{\gamma_M(\epsilon - 1)(L - M)}_{\leq 0}$$

ifadenin sol tarafı pozitif olarak bulunur çünkü  $M$  malında tam uzmanlaşma olduğunda bile  $[M = L]$ , (77) numaralı içsel varsayım  $\bar{S} - \gamma_M L > 0$  geçerli olduğu için, ifade sıfırdan küçük değer alamaz. (82) numaralı ifadenin sağ tarafı sıfırdan büyük olamaz çünkü  $(\epsilon - 1)(L - M)$  terimlerinin çarpımının alacağı en yüksek değer sıfırdır. Kısaca;  $\frac{\partial H}{\partial M} < 0$  ve  $\frac{\partial^2 H}{\partial M^2} > 0$  olması, durağan durum uzun dönem üretim olanakları eğrisinin dışbükey olmasını garanti etmektedir.

<sup>22</sup> Dışbükey fonksiyon, iki kez türevi alınabilir bir fonksiyonda, ilgili tüm tanım kümesi aralığı için, fonksiyonun ikinci türevinin hiçbir zaman negatif değer almamasıdır. Eğer  $y = f(x)$  ise  $\frac{\partial^2 y}{\partial x^2} \geq 0$  olursa, bu fonksiyon dışbükeydir.



**Şekil 4:** Dışbükey Durağan Durum Üretim Olanakları Eğrisinde Eğimler

**Kaynak:** Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Uzun dönem üretim olanakları eğrisinin eğimi  $\frac{MC_M}{MC_H}$  olmaktadır.  $M$  Malı üretimi arttıkça, eşanlı olarak kaynak stoğu üzerinde negatif yönlü etki eden kirlilik dışsallığı yaratılacağı için,  $H$  malı üzerinde ilave maliyet yükü oluşmaktadır. Buna bağlı olarak  $\frac{MC_M}{MC_H}$  eğimi azalmaktadır.

Uzun dönem arz eğrisi üzerindeki herhangi bir noktanın eğimi  $\frac{p_M}{p_H} = \frac{MC_M}{MC_H}$  şeklinde ifade edilir.  $p_M$ ,  $M$  malının fiyatını gösterirken,  $p_H$ , ise  $H$  malının göreceli fiyatını göstermektedir.  $M$  malı üretim arzı arttıkça eğimin azalacağı yukarıda ifade edilmişti. Bu durumda  $M$  ile göreceli fiyat seviyesi olan  $\frac{p_M}{p_H}$  arasında ters yönlü bir ilişkinin olduğu görülmektedir. Sonuç olarak, dışbükey uzun dönem üretim olanakları eğrisi,  $M$  üretim malı durağan durum arz eğrisinin tanımlı aralık için aşağı yönlü eğimli olduğu söylenebilir.

#### 2.2.4. $M$ Üretim Malı Arz Eğrisinin ve Talep Eğrilerinin Tanımlanması

$M$  malı arz eğrisini tanımlayabilmek için, durağan durum dengesinde her iki sektöründe hangi koşullar altında üretim yapacağını belirtmek gerekmektedir. Her iki sektöre de girişlerin maliyetsiz olduğu tam rekabet koşulları altında firmalar kar maksimizasyonu problemlerini çözeceklerdir. Bu durumda, uzun vade de elde edilecek kar sıfır olacaktır.

Durağan durum dengesinde her iki sektöründe aktif olması ve emek faktörünün endüstriler arasında hiçbir maliyete katlanmadan geçiş yapabilmesine bağlı olarak, sektörler arasında tüketici geliri eşitlenmektedir [ $w_M = w_H = w$ ].

$M$  üretim malı üreten sektör için kar maksimizasyon problemi;

$$\Pi^M = 0 = p_M M - w_M L_M \quad \longrightarrow \quad P_M = w_M = w \quad (83)$$

eşitliğini üretmektedir.  $H$  doğal kaynak malı üreten sektör için kar maksimizasyon problemi, veri kaynak stok seviyesi için, aşağıdaki şekilde ifade edilebilir;

$\Pi^H = 0 = p_H H - w_H L_H$  ,  $H = F(S)L_A = S^\epsilon L_A$  olduğu için, kar maksimizasyon problemi;

$$\Pi^H = 0 = p_H [S^\epsilon L_A] - w_H L_H \quad \longrightarrow \quad w_H = w = p_H S^\epsilon \quad (84)$$

(83) ve (84) numaralı eşitlikleri birbirlerine bölerek, göreceli fiyat ifadesine ulaşılabilmektedir. Böylece;

$$\frac{p_M}{p_H} = S^\epsilon \quad (85)$$

eşitliği söz konusudur. Göreceli fiyat seviyesi,  $t$  anında mevcut bulunan kaynak stok seviyesi tarafından belirlenmektedir. Durağan durum dengesinde, her iki sektörde aktif oldukları için ve durağan durum kaynak stok seviyesi (75) numaralı eşitlikten,  $S_A = \bar{S} - \gamma_M M$  bulunduğuna göre, durağan durum göreceli fiyat seviyesi;

$$p \equiv \frac{p_M}{p_H} = (\bar{S} - \gamma_M M)^\epsilon \quad (86)$$

şeklinde bulunur. Durağan durum göreceli fiyat seviyesinden  $M$  malına ilişkin ters arz fonksiyonu türetilmektedir. Fonksiyonun,  $M$  üretim malına göre azalan bir fonksiyon olduğunu,

$$\frac{\partial \left[ \frac{p_M}{p_H} \right]}{\partial M} = \epsilon (\bar{S} - \gamma_M M)^{\epsilon-1} (-\gamma_M) < 0 \quad (87)$$

eşitliği ile gösterilebilir.  $M$  malı arzı arttıkça, durağan durum kaynak seviyesi ve  $H$  sektörünün üretim verimliliği azalmaktadır. Sebebi ise daha önceden de belirtildiği gibi,  $M$  malı arzında yaşanan artışlar kirlilik olarak adlandırdığımız negatif bir dışsallık yaratarak,  $H$  malı üzerinde ilave bir maliyet yükü getirmektedir. Verimlilikte yaşanan azalma basitçe şu şekilde gösterilebilir;

$$H \text{ malı üretim verimliliği} = \frac{H}{L_H} = \frac{L_H(S_A)^\epsilon}{L_H} = (S_A)^\epsilon$$

$S_A$  seviyesi azaldıkça, verimlilikte azalmaktadır. Bu durumda,  $H$  malı üretiminden,  $M$  malı üretimine doğru bir emek kayması gözlemlenir ve  $(\bar{S} - \gamma_M M)^\epsilon$  azalır. (86) numaralı eşitlikten, doğal olarak,  $p \equiv \frac{p_M}{p_H}$  durağan durum göreceli fiyat seviyesi de azalır.

Arz fonksiyonu ile göreceli fiyat seviyesi arasındaki ilişkiye geçmeden önce, durağan durum kapalı ekonomi dengesinin etkin olmadığını ispatlamak için, (78) numaralı eşitlikten hatırlanacağı üzere,  $H = (L - M)[\bar{S} - \gamma_M M]^\epsilon$  dışbükey durağan durum üretim olanakları eğrisi elde edilir. Bu eğrinin birinci dereceden türevi alındığında;

$$\frac{\partial H}{\partial M} = -(\bar{S} - \gamma_M M)^\epsilon + (L - M)(\bar{S} - \gamma_M M)^{\epsilon-1}(\epsilon)(-\gamma_M) \quad (88)$$

eşitliği sağlanmaktadır. (86) numaralı eşitlik düzenlediğinde ise  $(\frac{p_M}{p_H})^\frac{1}{\epsilon} = (\bar{S} - \gamma_M M)$  elde edilmektedir. (88) numaralı eşitlik yeniden düzenlediğinde;

$$\begin{aligned} \frac{\partial H}{\partial M} &= -\left(\frac{p_M}{p_H}\right) + (L - M)(\epsilon)(-\gamma_M) \frac{(\bar{S} - \gamma_M M)^\epsilon}{(\bar{S} - \gamma_M M)} = -\left(\frac{p_M}{p_H}\right) (L - M)(\epsilon)(-\gamma_M) \left[\frac{\frac{p_M}{p_H}}{(\frac{p_M}{p_H})^\frac{1}{\epsilon}}\right] \\ \frac{\partial H}{\partial M} &= -\left(\frac{p_M}{p_H}\right) + (L - M)(\epsilon)(-\gamma_M) \left(\frac{p_M}{p_H}\right) \frac{1}{(\bar{S} - \gamma_M M)} \\ \frac{\partial H}{\partial M} &= \frac{p_M}{p_H} \left[ \frac{(L - M)\epsilon(-\gamma_M)}{(\bar{S} - \gamma_M M)} - 1 \right] \end{aligned} \quad (89)$$

eşitliğine ulaşılmaktadır. Etkin kapalı ekonomi dengesinde, üretim olanakları eğrisinin ilgili noktasından geçen göreceli fiyat doğrusunun, üretim olanakları eğrisinin eğimi ile aynı olmasıdır ve matematiksel olarak,  $\frac{p_M}{p_H} = \frac{MC_M}{MC_H}$ , bu eşitlik sağlanmalıdır.

(89) numaralı eşitlikte,  $\frac{(L - M)\epsilon(-\gamma_M)}{(\bar{S} - \gamma_M M)} < 0$  ifadesi sıfırdan küçüktür. Bu durumda;

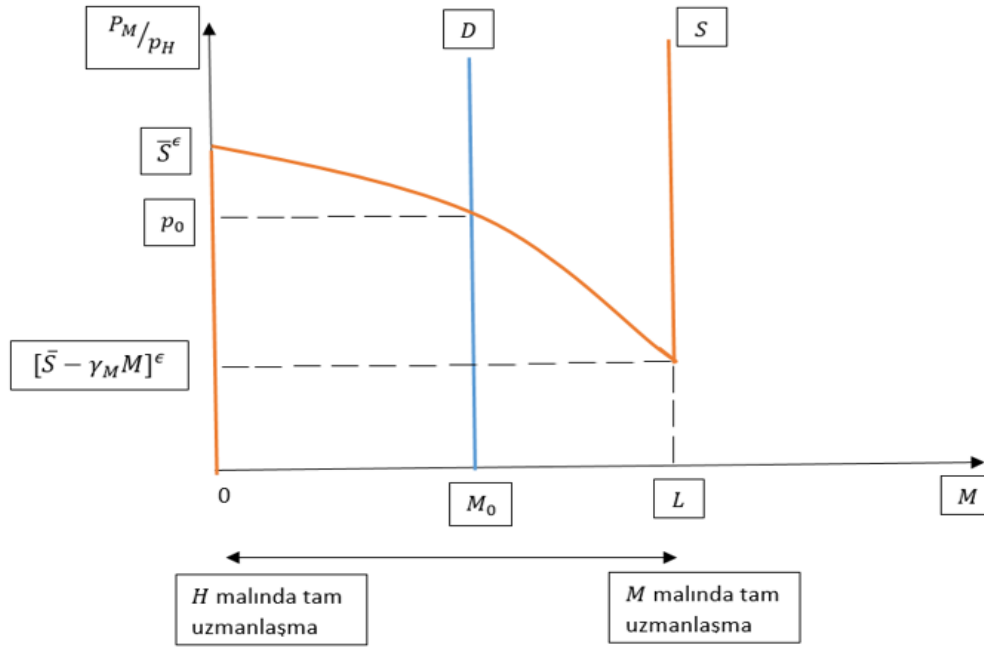
$$\begin{aligned} \frac{\partial H}{\partial M} &= \frac{p_M}{p_H} \left[ \frac{(L - M)\epsilon(-\gamma_M)}{(\bar{S} - \gamma_M M)} - 1 \right] > \frac{p_M}{p_H} \\ &> 1 \end{aligned} \quad (90)$$

sonucuna ulaşılmaktadır. Köşeli parantez içindeki ifade, mutlak anlamda 1'den büyüktür. Böylece;

$$\frac{\partial H}{\partial M} = \frac{MC_M}{MC_H} > \frac{p_M}{p_H} \quad \longrightarrow \quad \frac{MC_M}{p_M} > \frac{MC_H}{p_H} \quad (91)$$

eşitsizliğine ulaşılır. (91) numaralı ifade, kapalı ekonomi durağan durum dengesinin etkin olmadığını göstermektedir. Etkin olmayan durağan durum dengesinin oluşmasının sebebi,  $M$  malı üretiminin yarattığı dışsallığın,  $M$  malı üreten endüstri tarafından içselleştirilememesidir.

Durağan durum stok seviyesinde  $M$  malının arz grafiğini şu şekilde çizmek mümkündür;



**Şekil 5:**  $M$  Üretim Malı için Durağan Durum Talep ve Arz Seviyesi

**Kaynak:** Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Göreceli fiyat düzeyinin, durağan durum göreceli fiyat seviyesine göre alabileceği farklı değerlere göre  $M$  malının arz eğrisi üç farklı kısımdan oluşmaktadır. Yatay eksende sağa doğru gidildikçe  $M$  malı üzerindeki uzmanlaşma artarken, sola doğru gidildikçe ise  $H$  malı üzerindeki uzmanlaşma artmaktadır. Bu bilgiler ışığında;

- i) Eğer  $\frac{p_M}{p_H} \equiv p < (\bar{S} - \gamma_M M)^\epsilon$  olursa, yani göreceli fiyat seviyesi, durağan durum göreceli fiyat seviyesinden düşük kalırsa, ekonomi, emek kaynağının tamamını  $M$  malı üretiminden,  $H$  malı üretimine kaydırır. Sebebi,  $H$  malının fiyatının göreceli olarak durağan durum değerine göre yüksek oluşudur. Bu durum, arz eğrisindeki y eksenini üzerindeki dikey çizgi ile gösterilmiştir.  $M$  malı üretimi hiç olmayacaktır.

Ekonomi, yalnızca  $H$  malı üretmeye odaklanacaktır. (86) numaralı eşitlikten,  $\frac{p_M}{p_H} \equiv p = (\bar{S})^\epsilon$  noktasına kadar bu durumun devam edeceğini gözlenmektedir. Arz eğrisinin bu kısmında, (86) numaralı durağan durum eşitliği ihlal edildiği için, durağan durum dengesinden farklı olarak yalnızca tekil bir malın üretimi gerçekleşmektedir.

- ii) Eğer  $\frac{p_M}{p_H} \equiv p = (\bar{S} - \gamma_M M)^\epsilon$  olursa, durağan durum denge noktasının üzerinde olduğunu gösterir. Bilinmektedir ki, bu noktada her iki mal da aktif olarak üretilmektedir. Herhangi bir malın diğer mala nazaran bir maliyet avantajı yoktur. Bu durumda,  $M \in (0, L)$  olmaktadır. Yani  $L_M$  ve  $L_H$  emek değerleri, toplamı  $L$  olacak şekilde farklı değerler alabilirler. Bu durum, şekil üzerinde, eğrinin iç bükey kısım ile gösterilmiştir. Arz eğrisi bu bölümde azalandır çünkü (87) numaralı eşitlikte, durağan durum ters arz fonksiyonunun azalan olduğunu ispatlanmıştı.  $M$  malı üzerinde tam uzmanlaşma olduğu, yatay eksenindeki  $L$  noktasına kadar arz fonksiyonu azalmaya devam eder. Bu noktada göreceli fiyat seviyesi  $\frac{p_M}{p_H} \equiv p = (\bar{S} - \gamma_M L)^\epsilon$  olmaktadır ve durağan durum denge noktasındaki en düşük göreceli fiyattır.
- iii) Eğer  $\frac{p_M}{p_H} \equiv p > (\bar{S} - \gamma_M M)^\epsilon$  olursa, yani göreceli fiyat seviyesi, durağan durum göreceli fiyat seviyesinden yüksek kalırsa, ekonomi, emek kaynağının tamamını  $H$  malı üretiminden,  $M$  malı üretimine kaydırır. Sebebi,  $M$  malının fiyatının göreceli olarak durağan durum değerine göre yüksek oluşudur. Bu durum, arz eğrisindeki y eksenini paralel dikey çizgi ile gösterilmiştir.  $H$  malı üretimi hiç olmayacaktır. Ekonomi, yalnızca  $M$  malı üretmeye odaklanacaktır. Arz eğrisinin bu kısmında, (86) numaralı durağan durum eşitliği ihlal edildiği için, durağan durum dengesinden farklı olarak yalnızca tekil bir malın üretimi gerçekleşmektedir.

Literatürdeki daha önceki çalışmalardan da bilindiği üzere (Ethier, 1982), dışbükey üretim olanakları eğrilerinin olduğu modeller, belirli fiyat aralığı için, tek başlarına tekil bir kapalı ekonomi dengesi üretmeyebilirler. Genel olarak, çoklu kapalı ekonomi dengeleri ile karşılaşılır. Bu durumun ortaya çıkmasını engellemek için, talep üzerine belirli kısıtlar konmuştur. Bu aşamada, temsili tüketicinin talep problemi çözülecek ve tekil denge noktası tanımlanacaktır. Temsili tüketicinin  $H$  malına yönelik tekil talebi  $h$  notasyonu ile,  $M$  malına yönelik tekil talebi  $m$  notasyonu ile gösterilecektir.



Temsili tüketicinin fayda maksimizasyon problemi;

$$\begin{aligned} \max_{h,m} \quad U &= U = b_M \ln(m) + b_H \ln(h) & \text{s.t.} \quad w &= p_H h + p_M m \\ L &= b_M \ln(m) + b_H \ln(h) + \lambda[w - p_H h - p_M m] \end{aligned} \quad (92)$$

$$\frac{\partial L}{\partial h} = b_H \frac{1}{h} - \lambda p_H = 0, \quad \lambda p_H = b_H \frac{1}{h}, \quad \lambda = \frac{b_H}{p_H} \frac{1}{h} \quad (93)$$

$$\frac{\partial L}{\partial m} = b_M \frac{1}{m} - \lambda p_M = 0, \quad \lambda p_M = b_M \frac{1}{m}, \quad \lambda = \frac{b_M}{p_M} \frac{1}{m} \quad (94)$$

$$\frac{\partial L}{\partial \lambda} = w - p_H h - p_M m = 0 \quad (95)$$

(93) ve (94) numaralı ifadelerin son hali birbirleriyle eşitlendiğinde ve bulunan eşitliği bütçe kısıtının içerisine koyarak temsili tüketicinin bireysel talep fonksiyonlarını şu şekilde ifade edebiliriz;

$$\frac{b_H}{p_H} \frac{1}{h} = \frac{b_M}{p_M} \frac{1}{m} \quad \longrightarrow \quad h = \frac{b_H p_M}{b_M p_H} m \quad (96)$$

Bulunan bu ifadeyi bütçe kısıtı üzerinde yerine koyduğumuzda;

$$w = p_H \left[ \frac{b_H p_M}{b_M p_H} m \right] + p_M m \quad \longrightarrow \quad w = p_M m \left[ 1 + \frac{b_H}{b_M} \right] \quad \longrightarrow \quad m = \frac{w}{p_M} \left[ \frac{b_M}{b_M + b_H} \right] \quad (97)$$

$b_M + b_H = 1$  olduğuna göre,  $M$  malına yönelik tekil tüketici talebi;

$$m = \frac{w}{p_M} b_M \quad (98)$$

Aynı şekilde,  $H$  malına yönelik tekil tüketici talebi;

$$h = \frac{w}{p_H} b_H \quad (99)$$

şeklinde bulunmaktadır. Temsili tüketicinin fayda maksimizasyonu probleminin sonucunda  $h$  ve  $m$  olarak gösterilen bireysel talep fonksiyonları bulunmaktadır. Ekonominin tamamıyla ilgili ürünlere yönelik talebi bulmak için, bireysel talep fonksiyonlarını toplam nüfus ( $L$ ) ile çarpmak gerekmektedir. Bu durumda toplam talep fonksiyonları aşağıdaki gibi oluşmaktadır;

$$M^D = \frac{w}{p_M} b_M L \quad H^D = \frac{w}{p_H} b_H L \quad (100)$$

(83) numaralı eşitlikten  $P_M = w_M = w$  olduğuna göre,  $M$  malına yönelik toplam talebi yeniden düzenlediğimizde;

$$M^D = \frac{w}{p_M} b_M L = b_M L \quad \text{olur.} \quad (101)$$

Bu durumda, Şekil 5 üzerinde gördüğümüz üzere,  $M$  malına yönelik toplam talep, göreceli fiyat seviyesinden  $\left[\frac{p_M}{p_H}\right]$  bağımsız olmaktadır. Böylece toplam talep eğrisi, kapalı ekonomi durumunda dikey eksene paralel bir doğru şeklinde olmaktadır.

**Önerme 2:** Kapalı ekonomi durumunda küresel olarak kararlı, eşsiz bir durağan durum dengesi vardır.

**Kanıt 2:** (74) numaralı eşitlikten kaynak stoğunun büyüme eşitliği,  $\frac{dS}{dt} = r(\bar{S} - S) - \gamma M$  şeklinde tanımlamıştı. (101) numaralı  $M$  malına yönelik toplam talep fonksiyonu  $M^D = b_M L$ . Amaç, durağan durum dengesi durumunda  $M$  malı arz ve talep eğrilerinin kesiştiği noktada oluşan dengenin, kararlı olduğunu göstermektir.

(74) numaralı eşitlikteki  $M$  yerine (101) numaralı eşitliği koyarak, basit bir doğrusal diferansiyel denklemi elde edilebilir;

$$\frac{dS}{dt} = r(\bar{S} - S) - \gamma b_M L \quad \longrightarrow \quad \frac{dS}{dt} + rS(t) = r\bar{S} - \gamma b_M L \quad (102)$$

Bu ifade, herhangi bir başlangıç stok seviyesinden başlamak üzere, zaman içerisinde kaynak stoğunun evrimini göstermektedir. Diferansiyel denklemin genel formu  $\frac{dy}{dt} + ay = b$  şeklindedir (Ek 3'e bakınız.). Homojen olmayan birinci derecede diferansiyel denklem çözümü iki farklı çözümün birleşmesinden elde edilmektedir;

$$i) \quad \frac{dS}{dt} + rS(t) = 0 \quad \longrightarrow \quad \frac{dS}{dt} \frac{1}{S} = -r \quad \longrightarrow \quad dS \frac{1}{S} = -r dt$$

Her iki tarafın da integrali alındığında;

$$\int \frac{1}{S} dS = - \int r dt \quad \longrightarrow \quad \ln S + c_1 = -rt + c_2$$

ve ifadeleri düzenleyip,  $c = c_2 - c_1$  olarak yazıldığında;

$\ln S = -rt + c \quad \longrightarrow \quad S = e^{-rt} A$ , burada  $A = e^c$  olarak tanımlandı. Sonuç olarak tamamlayıcı fonksiyon çözümü;

$$S(t)_c = A e^{-rt} \quad \text{'dir.} \quad (103)$$

ii) (102) numaralı ifadenin özel integral çözümü için, kaynak stoğunun en basit hali,  $S(t) = z$  [ $z$ , bir sabit] şeklindedir.  $S(t) = z$  durumunda,  $\frac{dS}{dt} = 0$  durağan durum dengesi oluşur.

$$0 = r[\bar{S} - z] - \gamma b_M L \longrightarrow z = \bar{S} - \frac{\gamma}{r} M \quad (104)$$

burada  $y_M = \frac{\gamma}{r}$  şeklinde tanımlanacaktır. Özel integral çözümü (aynı zamanda yakınsanmak istenen durağan durum değeri);

$$S(t)_p = \bar{S} - y_M M \quad \text{'dir.} \quad (105)$$

(103) ve (105) numaralı çözüm ifadelerinin toplamı  $S(t)$  bize genel çözümünü verecektir;

$$S(t) = S(t)_c + S(t)_p = Ae^{-rt} + (\bar{S} - y_M M) \quad (106)$$

$A$  değerinin belirli formunu başlangıç anı  $t = 0$  için çözüldüğünde [burada, başlangıç anı durağan durum denge değeri  $S_0 = \bar{S} - y_M M$  olarak alınır];

$$S(t = 0) = Ae^0 + S_0 \longrightarrow A = S(t = 0) - S_0 \quad (107)$$

elde edilmektedir. Bu durumda,

$$S(t) = S_0 + [S(t = 0) - S_0]e^{-rt} \quad (108)$$

Kaynak stoğunun açık formu, (108) numaralı eşitlikteki şekilde tanımlanmıştır. Dengenin kararlılık analizi şu şekildedir.  $S(t)$  değişkeninin denge durumu büyüme eşitliğinin sıfır olmasıdır, yani  $\frac{\partial S(t)}{\partial t} = 0$  durumudur. Bu eşitliğe bağlı olarak bulunan durağan durum denge değeri  $S(t)_p = \bar{S} - y_M M$  olmaktadır. Bu değer, (106) numaralı eşitliğin yakınsaması gereken denge değerini göstermektedir. (106) numaralı eşitlikte yer alan diğer ifade  $Ae^{-rt}$ 'dir. Bu kısım ise  $S(t)$ 'nin zaman içindeki sapmasıdır.

$r > 0$  olduğu için  $t \rightarrow \infty$  sonsuza giderken,  $S(t)_c = Ae^{-rt} \rightarrow 0$ 'a doğru yakınsamaktadır. Yani,  $S(t)$  değeri zaman içerisinde, durağan durum denge değeri olan  $S_0$ 'a yakınsamaktadır. Durağan durum dengesi kararlıdır. Sonuç olarak, başlangıç stok seviyesi ne olursa olsun, zaman içerisinde stok seviyesi dengeye doğru yakınsayacaktır. Eğer durağan durum denge noktasından herhangi bir dışsal şok sonucu sapma yaşanır, kaynak stoğu uzun vadede durağan durum denge noktasına geri dönmektedir.

**Kanıt 2 (Alternatif Yaklaşım):**  $S(t) = S_0 + [S(t = 0) - S_0]e^{-rt}$  kaynak stokunun açık formda yazılmış ifadesidir. Bu eşitliğin zaman içerisindeki değişimini incelendiğinde;

$$\frac{\partial S(t)}{\partial t} = -r[S(t = 0) - S_0]e^{-rt} \quad (109)$$

eşitliği elde edilir.

- i) Eğer  $S(t = 0) > S_0$  olursa,  $\frac{\partial S(t)}{\partial t} < 0$  olmaktadır. Başlangıç stok seviyesi dengenin üzerinde ise, zaman içerisinde stok büyümesi negatif olduğu için, dengeye doğru yakınsama gerçekleşir.
- ii) Eğer  $S(t = 0) < S_0$  olursa,  $\frac{\partial S(t)}{\partial t} > 0$  olmaktadır. Başlangıç stok seviyesi dengenin altında ise, zaman içerisinde stok büyümesi pozitif olduğu için, dengeye doğru yakınsama gerçekleşir.

Sonuç olarak, durağan durum dengesi genel olarak kararlıdır. ■

### **2.3. Aşırı Yenilenebilir Kaynak Tüketimi $H(t)$ ve Üretim Sektörü Kaynaklı Dışsal Kirlilik $Z(t)$ 'nin Kaynak Stoğunu Eş Zamanlı Etkilediği Kapalı Ekonomi Modeli**

Bu modelde, Rus (2016) da yer alan bazı semboller temel alınacaktır. Yenilenebilir kaynak stoğu üzerindeki negatif dışsallık yaratan değişkenlerin, açık erişimin sonucu oluşan aşırı yenilenebilir kaynak tüketimi  $H(t)$  ve üretim sektörü kaynaklı kirlilik  $Z(t)$  olduğunu varsayalım. Yenilenebilir kaynak stoğunu üretim faktörü girdisi olarak kullanan sektörler, aşırı yenilenebilir kaynak tüketimine sebep olurken, üretim sektörü ise üretim kapasitesini arttırdıkça eşanlı olarak, kaynak stoğu üzerinde azaltıcı bir etki yaratan bir kirlilik yaratmaktadır. Farklı kaynaklardan beslenen bu iki negatif dışsallık eşanlı olarak doğal kaynak mali üzerinde azaltıcı etkiye sahip olacaktır. Bu iki farklı negatif dışsallığın birbirleriyle olan ilişkisi, kapalı ekonomi dengesinin doğasını değiştirmektedir.

Çalışma da ayrıca bu iki etkinin birlikte yer aldığı ekonomi modeli, dış ticarete açılıp ortaya çıkan sonuçlar değerlendirileceği için, bu modelde oluşan durağan durum dengesinin kararlılık analizine önem arz etmektedir. Bir önceki bölümde yapılan analize benzer şekilde üretim ve tüketim dengeleri bulunduktan sonra, durağan durum dengesi tanımlanacak ve son olarak ilgili durağan durum dengesinin kararlı olduğu cebirsel olarak

gösterilecektir. Öte yandan, ilgili makalede yer alan bazı eşitliklerin yanlış olduğu matematiksel olarak kanıtlanacaktır. Bu düzeltmeler, Rus (2016) çalışmasının temel sonuçlarını değiştirmezken, bu sonuçlara bağlı yapılan yorumlar da bazı değişikliklere neden olacaktır.

### 2.3.1. Temel Değişkenler ve Kaynak Stoğu Büyüme Fonksiyonu

Bu modelde de bir önceki modelde olduğu gibi iki farklı üretim faktörü girdisi mevcuttur.<sup>23</sup> Bu faktörlerden ilki emek ( $L$ ), diğeri ise mevcut kaynak stoğu seviyesi ( $S$ )'dir. Model de iki farklı endüstri bulunmaktadır. Doğal kaynak malı endüstrisi, üretim faktörü girdisi olarak emek ( $L$ ) ve kaynak stoğu ( $S$ ) kullandığı için, çevreye daha duyarlı endüstri olarak tanımlanmaktadır. Üretim malı endüstrisi ise üretim faktörü girdisi olarak yalnızca emek ( $L$ ) faktörünü kullanmaktadır. Her iki endüstrinin de ürettiği mallar aşağıdaki gibidir;

- i)  $H$  : doğal kaynak sektörü malı,
- ii)  $M$  : üretim endüstrisinin çıktısı sonucu oluşan mal,

Yenilenebilir kaynak stoğu, zamanın süreklilik arz eden her bir  $t$  anı için  $S(t)$  şeklinde tanımlanacaktır.  $S(t)$  kaynak stoğu seviyesi, üretim sektörünün yarattığı kirliliğin büyüklüğüne ve stoğun kendini yenileme kapasitesine bağlı olarak zaman içerisinde azalma veya artış yönünde eğilim gösterebilmektedir. Yenilenebilir kaynak stoğunun büyüme eşitliği aşağıdaki gibi oluşmaktadır;

$$\frac{dS}{dt} = \dot{S} = G[S(t)] - H(t) - Z(t) \quad (110)$$

- i)  $G[S(t)]$  : yenilenebilir kaynak stoğunun doğal büyümesi
- ii)  $H(t)$  : açık erişim kaynaklı aşırı yenilenebilir kaynak tüketimi
- iii)  $Z(t)$  : üretim sektöründen kaynaklı kirlilik seviyesi

$G[S(t)]$  terimi spesifik bir fonksiyon formunda ifade edilecektir;

$$G[S(t)] = rS\left(1 - \frac{S}{K}\right) \quad (111)$$

---

<sup>23</sup> Modele ilişkin bazı tanımlamalar daha önceden de yapıldığı için fazlasıyla tekrara düşülmek adına özet halinde bilgi verilip, devam edilmiştir.

Bu büyüme fonksiyonu, lojistik (sigmoid) büyüme fonksiyonu gibi davranmaktadır. Lojistik (sigmoid) büyüme fonksiyonlarında, doğal ortamları içerisinde kaynaklar belirli bir dönem boyunca üstel olarak büyürler. Fakat, var olan kaynak kısıtının sınırlamasıyla birlikte büyüme sınırlanır ve düzleşir. Kaynağın taşıma kapasitesine doğru, kaynak stoğu seviyesi yaklaştıkça, nüfusun kişi başına büyüme oranı küçülmektedir.<sup>24</sup>

Literatürde görüleceği üzere, kirlilik ancak çok uç seviyelerde yenilenebilir kaynak stoğu üzerinde yok edici bir etkiye sahiptir. Ama kirlilik seviyesi ne olursa olsun, bu etki, kaynağın kendini yenileme kapasitesini negatif etkileyerek, uzun vadede stok seviyesini azaltmaktadır. Aynı zamanda bazı spesifik örneklerde, üretim sektörü kaynaklı oluşan kirlilik, canlı kaynak stoğunun beslenme ya da besin bulmasını zorlaştırarak, bu türlerin nüfus seviyesi üzerinde olumsuz etki yaratmaktadır. Gerçek hayatta gözlemlenen bu durumları teorik olarak teyit etmek için, kirlilik  $Z(t)$  kaynaklı oluşan dışsallık modelimizde içsel büyüme oranını  $r$ 'nin içine dahil edilebilir;  $r(Z)$  kirliliğin içsel büyüme fonksiyonu içerisinde içselleştirilmiş ifadesi ise,  $\frac{dr(Z)}{dZ} < 0$  negatif olmaktadır. Buna bağlı olarak  $r(Z)$ 'yi açık formda tanımladığımızda;

$$G[S(t)] = r(Z)S \left[ 1 - \frac{S}{K} \right] = pS \left[ 1 - \frac{S}{K} \right] - Z \quad (112)$$

elde ederiz. Bu ifadede yer alan  $p$  değişkeni, kirlilik yok iken gözlemlenen “gerçek içsel büyüme oranıdır”. (112) numaralı eşitlikte  $Z(t)$  kirlilik terimi, içsel büyüme oranı ( $r$ )'nin içinde içselleştirilerek, stok kaynağının doğal büyüme fonksiyonunun  $G[S(t)]$ 'nin bir parçası haline gelmiştir. (112) numaralı ifadeyi düzenlersek;

$$r(Z) = \left[ p - \frac{Z}{S} \left( 1 - \frac{S}{K} \right)^{-1} \right] \quad (113)$$

olmaktadır.

---

<sup>24</sup> Lojistik büyüme fonksiyonu en basit fonksiyonel haliyle şu şekilde tanımlanabilir;

$\frac{dN}{dt} = r_{max} \left[ \frac{K-N}{K} \right] N$ , burada  $r_{max}$ : içsel büyüme oranı,  $K$ : maksimum taşıma kapasitesi ve  $N$ : nüfusun büyüklüğü olarak tanımlanabilir. Kişi başına büyüme oranı;

$\frac{dN}{dt} = r_{max} \left[ \frac{K-N}{K} \right]$ , olarak tanımlanır. Kişi başına büyüme oranı ile nüfus büyüklüğü arasındaki ilişki;

$\left[ \frac{dN}{N} \right] = -\frac{r_{max}}{K} < 0$ , negatif yönlüdür. Kaynak stoğu seviyesi arttıkça, kişi başına büyüme oranı azalmaktadır.

- i) Kirlilik teriminin  $[Z(t) = 0]$  sıfır olduğu durumda,  $r = p$  sonucuna ulaşılmaktadır. Yani, kirlilik terimi, doğal büyüme oranını etkilemezken, içsel büyüme oranı ile gerçek içsel büyüme oranı birbirine eşit olmaktadır.
- ii) Kirlilik teriminin  $[Z(t) > 0]$  sıfırdan büyük olduğu durumda, içsel büyüme oranı, gerçek içsel büyüme oranından ayrılmıştır.  $r$  terimi,  $p$  (gerçek içsel büyüme oranı) parametresinin düzgün bir şekilde kirlilik ile ağırlıklı oranına dönüşmüştür.

### 2.3.2. Arz, Talep Fonksiyonları ve Kısa Dönem Ricardocu Denge

Daha önceden tanımlanan her iki modeldeki üretim tarafına ilişkin benzer fonksiyonlar kullanılacaktır. Yenilenebilir doğal kaynak malı sektörü, üretim girdisi olarak emek ( $L$ ) ve mevcut kaynak stoğu ( $S$ ) faktörünü kullanırken, üretim malı sektörü yalnızca emek ( $L$ ) faktörünü kullanmaktadır.  $H$  malının üretim fonksiyonu (6) numaralı eşitlik ile aynıdır  $H^S = qSL_H$  olmaktadır.  $M$  malının üretim fonksiyonu ise (66) numaralı eşitlik ile aynıdır ve  $M = L_M$  şeklinde tanımlanmaktadır. Kirlilik aktivitesi, üretim malı çıktısı ile eşanlı olarak yaratıldığı için, üretim fonksiyonunun sabit bir çıktısıdır ve (67) numaralı eşitlik ile benzer bir şekilde tanımlandığında  $Z = \gamma L_M = \gamma M$  eşitlik elde ederiz. Bu model de vurgulanması gereken önemli bir nokta,  $t$  anında oluşan kirliliğin  $t + 1$  anına doğru birikmediğidir. Yani kirlilik fonksiyonu birikimli değildir.  $t$  anında oluşan kirlilik yalnızca cari dönemi etkilemektedir.

Sektörlere girişler serbest olduğu için sıfır-kar koşulu geçerlidir. Aynı zamanda, emek piyasası tam rekabetçi olup emek faktörü sektörler arasında herhangi bir maliyete katlanmadan geçiş yapabildiği için, her iki sektöründe aktif olduğu durumda, emeğin her iki sektördeki getirisi de birbirine eşittir.  $M$  üretim malının fiyatı  $p_M$ 'i ölçüm standardı olarak kabul edip 1'e eşitleyip, arz fonksiyonlarını türetirsek;

$\Pi^M = 0 = p_M M - w L_M$  eşitliğinden  $w = 1$  olmaktadır. Aynı şekilde  $\Pi^H = 0 = p_H - w L_H$  eşitliğinden  $w = p_H q S$  olmaktadır.  $H$  Malının fiyatı [ $p_H = p$ ], (10) numaralı eşitlik ile aynı olur ve  $p = \frac{w}{qS} = \frac{1}{qS}$  olarak tanımlanır.

Modelin talep tarafını da daha önceki tanımlanan modellerle aynı şekilde hareket edilecektir. Kısaca hatırlatırsa, temsili tüketici fayda fonksiyonu Cobb-Douglas tipidir ve  $u = h^\beta m^{1-\beta}$  olarak tanımlanır. Açık erişim modeline sahip olduğumuz için, doğal

kaynak malının kiraya verilmesi sonucu elde edilecek ek bir gelir yoktur. Bu durumda temsili tüketicinin tek gelir kaynağı, emeğini satarak elde ettiği ücret  $[w]$  olur. Tüketicinin bütçe kısıtı  $ph + m = w$  şeklindedir. Bu durumda, temsili tüketici  $max_{h,m} u = h^\beta m^{1-\beta}$  problemini,  $w = ph + m$  kısıtı altında çözer ve  $h = \frac{\beta w}{p}$  ile  $m = (1 - \beta)w$  bireysel talep fonksiyonlarını elde edecek olursak, toplam talep fonksiyonları ise (20) numaralı eşitlik ile aynı olur ve;

$$H = \frac{\beta L}{p} \text{ ve } M = (1 - \beta)L \quad (114)$$

şeklinde oluşmaktadır.

Kısa dönem Ricardocu denge, üretici ve tüketici probleminin sabit (veri) bir stok seviyesi altında çözülüp, pazarı temizleyen stok seviyesinin bulunduğu denge noktasıdır. Veri stok seviyesinde, denge üretim miktarları  $H = q\bar{S}L_H$  ve  $M = L_M$  olmaktadır. Tam istihdam koşulu altında;  $L = L_H + L_M$  olduğuna göre, kısa dönem üretim olanakları eğrisi, (25) numaralı eşitlik aynı olup  $H^S = qSL - qSM$  şeklinde tanımlanmaktadır. Bu eğri, doğrusaldır ve Şekil 1 ile benzer şekilde çizilmektedir. Kısa dönem Ricardocu denge üretim miktarları ise arz ve talep piyasasındaki fiyat eşitliğinden türetilmekte olup (26) ve (27) numaralı eşitlikler ile aynı olmaktadır ve açık formu şu şekildedir;  $H^S = q\beta LS$  ve  $M = (1 - \beta)L$ .

Kısa dönem Ricardocu denge için veri olarak alınan kaynak stoğu seviyesi, durağan durum kaynak stoğu ile eşleşmesinin hiçbir garantisi yoktur. Kısa dönem dengesinin sürdürülebilir bir denge olmasının da geçerli hiçbir sebebi bulunmamaktadır.

Bu aşamadan sonra, bu durumu ortadan kaldırmak için, kaynak büyümesinin sıfır olduğu durağan durum stok seviyesini  $[S_{1,2}^A]$  tanımlayarak ve bunu üretim olanakları eğrisine koyarak uzun dönem üretim olanakları eğrisine geçiş yapabiliriz. Uzun dönem üretim olanakları eğrisinin bazı özelliklerini tanımladıktan sonra, bulunan iki farklı denge noktasının kararlılık analizini cebirsel olarak incelemek mümkündür.

### 2.3.3. Durağan Durum Dengesi ve Denge Noktalarının Kararlılık Analizi

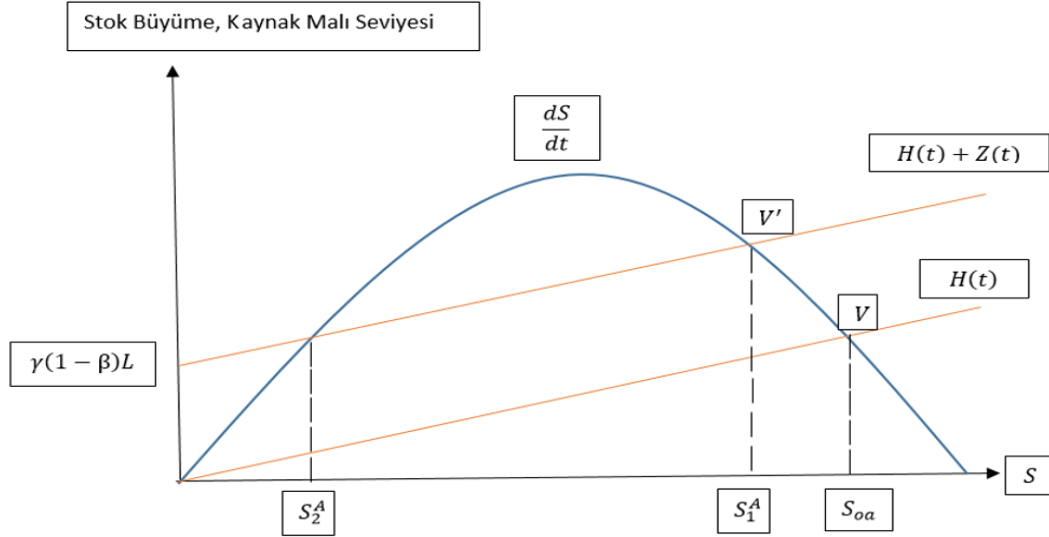
Daha önceki büyüme eşitliklerinde, yalnızca tek bir dışsallık faktörü kaynak stoğu üzerinde azaltıcı etkide bulunurken, artık iki negatif dışsal etki de eşanlı olarak büyüme



eşitliğinde yer almaktadır. (110) numaralı eşitlikten durağan durum dengesini elde etmek için;

$$\frac{dS}{dt} = \dot{S} = G[S(t)] - H(t) - Z(t) = 0 \quad (115)$$

eşitliği açık formda çözülmesi gerekmektedir. Aşağıdaki şekil, ilgili cebirsel eşitliğin geometrik yorumunu göstermektedir;



**Şekil 6:** Kirlilik ve Açık Erişim Dışsallığının Eşanlı Yer Aldığı Kapalı Ekonomi Durağan Durum Dengesi

**Kaynak:** Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Kirlilik  $[Z(t)]$  terimi dengede,  $Z(t) = \gamma M = \gamma(1 - \beta)L$  şeklinde tanımlanmaktadır. Kirlilik  $[Z(t)]$  teriminin pozitif olduğu durumda şekilden de görüldüğü gibi iki farklı durağan durum dengesine sahip oluruz;

$$\frac{dS}{dt} = 0 = rS \left(1 - \frac{S}{K}\right) - q\beta LS - \gamma(1 - \beta)L \quad \longrightarrow \quad rS \left(1 - \frac{S}{K}\right) = q\beta LS + \gamma(1 - \beta)L$$

$$rSK - rS^2 = q\beta LSK + \gamma(1 - \beta)LK \quad \longrightarrow \quad \underbrace{rS^2}_{ax^2} + \underbrace{S[q\beta LK - rK]}_{bx} + \underbrace{\gamma(1 - \beta)LK}_{c} = 0$$

ifade bu forma dönüşmektedir. Burada,  $a = r$ ,  $b = K[q\beta L - r]$  ve  $c = \gamma(1 - \beta)LK$  olmaktadır. Köklerini bulmak için, 2. dereceden denklem çözümünün genel formunu

kullandığımızda,  $S_{1,2}^A = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$  ise;

$$S_{1,2}^A = \frac{-K[q\beta L - r] \pm \sqrt{K^2[q\beta L - r]^2 - 4\gamma(1-\beta)LK\tau}}{2r} = \frac{K[r - q\beta L] \pm \sqrt{K^2[q\beta L - r]^2 - \frac{4\gamma(1-\beta)LrK^2}{K}}}{2r}$$

$$S_{1,2}^A = \frac{K[r - q\beta L] \pm \sqrt{(q\beta L - r)^2 - \frac{4r}{K}\gamma(1-\beta)L}}{2r} \quad (116)$$

olmaktadır. (116) numaralı eşitlikte iki farklı durağan durum stok seviyesine ulaşılmaktadır. Bu köklerin var olabilmesi için  $\Delta = \sqrt{b^2 - 4ac} > 0$  olmalıdır. Eğer  $\Delta = \sqrt{b^2 - 4ac} < 0$  olursa, durağan durum eşitliğinin içsel bir çözümü yoktur. İçsel çözümün olmadığı durum cebirsel olarak;

$$\Delta = (q\beta L - r)^2 - \frac{4r}{K}\gamma(1-\beta)L < 0 \implies \gamma > \frac{K[r - q\beta L]^2}{4r(1-\beta)L} \quad (117)$$

(117) numaralı eşitlik şunu ifade etmektedir. Eğer kaynak stoğunu etkileyen kirlilik yoğunluğu çok yüksek olursa, aşırı kirlilikten ötürü içsel bir çözüme yani gözlemlenebilir bir yenilenebilir kaynak stoğu seviyesine ulaşamamaktadır. Bu durumda kaynak stoğu yok olma tehlikesiyle karşı karşıyadır. Eğer, tam tersine;

$$\gamma < \frac{K[r - q\beta L]^2}{4r(1-\beta)L} \quad (118)$$

Kirlilik parametresi çok yüksek değilse, durağan durum kaynak stoğu seviyesi içsel ve pozitif olmaktadır. Yok olma tehlikesiyle karşı karşıya bulunmayan bir durağan durum kaynak stoğu seviyesinden bahsedilebilir.<sup>25</sup>

Kirlilik teriminin pozitif bir değer almadığı durum için durağan durum dengesini bulduğumuzda, (30) numaralı eşitlik ile aynı sonuca varırız;  $S_{oa} = K(1 - \frac{q\beta L}{r})$ . Bu ifadenin pozitif bir değer alması için;

$$r - q\beta L > 0 \implies L < \frac{r}{q\beta} \quad (119)$$

şartının sağlanması gerekmektedir. Yani,  $Z(t) = 0$  durumunda, durağan durum stok seviyesi için ilave bir koşul olmuştur. Buna benzer şekilde (116) numaralı eşitlikte bulunan, kirliliğin pozitif  $[Z(t) > 0]$  olduğu durumdaki stok seviyesinin de pozitif

<sup>25</sup> Modelin geri kalanını da kirlilik yoğunluğu seviyesi (118) numaralı eşitlikteki gibi yeteri kadar düşük varsayılacaktır. Aynı zamanda, bulduğumuz iki farklı durağan durum kaynak stoğu seviyesinden küçük olan  $S_2^A$ , kararsız bir denge iken,  $S_1^A$  kararlı bir dengedir. Bu durum cebirsel olarak ileride gösterilecektir.

olması için, emek ( $L$ ) üzerinde, (118) numaralı eşitlikte olduğu gibi bir koşul eklemek gerekmektedir. Bu koşul şu şekilde tanımlanacaktır;

$$(q\beta L - r)^2 - \frac{4r}{K}\gamma(1 - \beta)L > 0 \quad \longrightarrow \quad \frac{K(q\beta L - r)^2 - 4r\gamma(1 - \beta)L}{K} > 0$$

$$K(q\beta L - r)^2 - 4r\gamma(1 - \beta)L > 0 \quad \longrightarrow \quad K[q^2\beta^2L^2 - 2q\beta Lr + r^2] - 4r\gamma(1 - \beta)L > 0$$

$$K[q^2\beta^2L^2] - 2q\beta LrK + Kr^2 - 4r\gamma(1 - \beta)L > 0$$

$$\underbrace{Kq^2\beta^2L^2}_{ax^2} - \underbrace{L[K(2q\beta r) + 4r\gamma(1 - \beta)]}_{bx} + \underbrace{Kr^2}_{c} > 0$$

İfade bu forma dönüşmektedir. Burada,  $a = Kq^2\beta^2$ ,  $b = [K(2q\beta r) + 4r\gamma(1 - \beta)]$  ve  $c = Kr^2$  olmaktadır. Köklerini bulmak için, 2.dereceden denklem çözümünün genel formunu kullanabiliriz,  $S_{1,2}^A = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$  ise;

$$L_{1,2} = \frac{=[K(2q\beta r) + 4r\gamma(1 - \beta)] \pm \sqrt{[K(2q\beta r) + 4r\gamma(1 - \beta)]^2 - 4Kq^2\beta^2(Kr^2)}}{2(Kq^2\beta^2)} > 0$$

$$L_{1,2} = \frac{[K(2q\beta r) + 4r\gamma(1 - \beta)]}{2(Kq^2\beta^2)} \pm \frac{\sqrt{K^2 4q^2\beta^2 r^2 + 2K(2q\beta r)(4r\gamma(1 - \beta)) + 16r^2\gamma^2(1 - \beta)^2 - 4K^2q^2\beta^2 r^2}}{2(Kq^2\beta^2)} > 0$$

$$L_{1,2} = \frac{r}{q\beta} + \frac{4r\gamma(1 - \beta)}{2Kq^2\beta^2} \pm \sqrt{\frac{16Kq\beta r^2\gamma(1 - \beta) + 16r^2\gamma^2(1 - \beta)^2}{2Kq^2\beta^2}} > 0$$

$$L_1 = \frac{r}{q\beta} - \frac{1}{2q^2\beta^2} \underbrace{\left[ \sqrt{16r^2 \left[ \frac{\gamma^2(1 - \beta)^2}{K^2} + \frac{q\beta(1 - \beta)\gamma}{K} - \frac{4r\gamma(1 - \beta)}{K} \right]} \right]}_{\varphi} > 0^{26} \quad \longrightarrow \quad L < \frac{r}{q\beta} - \varphi \quad (120)$$

(120) numaralı ifadenin (119) numaralı ifadeden daha güçlü olduğunu söylemek mümkündür. Bu durumda şu sonuca ulaşılmaktadır;

- i) (118) numaralı eşitlik, yani kirlilik yoğunluğunun yeteri derecede düşük olmasını belirten  $\gamma < \frac{K[r - q\beta L]^2}{4r(1 - \beta)L}$  şartı ile,

<sup>26</sup> İfade de yer alan diğer kök emek faktörü ( $L$ )'ye ilişkin yukarı yönlü bir kısıt oluşturduğu için analizi dahil edilmemiştir.

- ii) (120) numaralı eşitlik, yani emek faktörünün dışsal parametrelerin belirli bir oranından yüksek olmayacağını belirten  $L < \frac{r}{q\beta} - \varphi$  emek şartı birlikte sağlanırsa

kirliliğin pozitif değer aldığı kapalı ekonomi durumundaki durağan durum dengeleri, (116) numaralı eşitlikte bulunan sonuçlar gibi olur ve büyük olan kök kararlı durağan durum dengesini ifade eder.

$$S_1^A = \frac{K[r - q\beta L + \sqrt{(q\beta L - r)^2 - \frac{4r}{K}\gamma(1-\beta)L}]}{2r} \quad (121)$$

**Önerme 3:** Kapalı ekonomi durumunda oluşan durağan durum dengelerinden büyük olan

kök  $S_1^A = \frac{K[r - q\beta L + \sqrt{(q\beta L - r)^2 - \frac{4r}{K}\gamma(1-\beta)L}]}{2r}$  yerel olarak kararlı, eşsiz bir durağan durum

dengesini gösteriyor iken, küçük olan kök  $S_2^A = \frac{K[r - q\beta L - \sqrt{(q\beta L - r)^2 - \frac{4r}{K}\gamma(1-\beta)L}]}{2r}$  yerel olarak kararlı olmayan bir dengeyi göstermektedir.

**Kanıt 3:** (115) numaralı eşitlikte tanımlanan yenilenebilir kaynak stoğunun büyüme fonksiyonu  $\frac{dS}{dt} = \dot{S} = G[S(t)] - H(t) - Z(t)$  şeklindeydi. Yenilenebilir kaynak stoğunun doğal büyüme fonksiyonu (111) numaralı eşitlikteki belirtildiği gibi lojistik (sigmoid) formda ve  $G[S(t)] = rS(1 - \frac{S}{K})$  şeklindedir. Eşitliğin sağ tarafında ifade edilen diğer değişkenlerin açık formda ifade edilecek olan fonksiyonel formları, arz=talep denge koşulundan türetilmiştir ve  $H(t) = q\beta LS(t)$  ile  $Z(t) = \gamma(1 - \beta)L$  şeklinde tanımlanmıştır. Bütün bu ifadeler birleştirildiğinde;

$$\frac{dS(t)}{dt} = rS \left(1 - \frac{S}{K}\right) - q\beta LS(t) - \gamma(1 - \beta)L \quad (122)$$

formunda, doğrusal olmayan diferansiyel denklem elde ederiz. Bu ifadeyi düzenlediğimizde;

$$\frac{dS(t)}{dt} + q\beta LS - rS \left(1 - \frac{S}{K}\right) + \gamma(1 - \beta)L = 0 \quad (123)$$

Sonucuna ulaşılmaktadır. Tam türevsel denklem olma koşulunu hatırladığımızda (Ek 4'e bakınız)  $I(x, y)dx + J(x, y)dy = 0$ , ki burada  $\frac{\partial F(x, y)}{\partial x} = I$  ve  $\frac{\partial F(x, y)}{\partial y} = J$  olmaktadır. Young teoremine göre, eğer  $\frac{\partial I(x, y)}{\partial y} = \frac{\partial J(x, y)}{\partial x}$  olursa, eşitlik tam diferansiyel olarak ifade

edilir ve bu şekilde çözülebilir. (123) numaralı eşitliği tam diferansiyel formda yazmak istediğimizde;

$$1dS(t) + \left[ q\beta LS(t) - rS \left( 1 - \frac{S}{K} \right) + \gamma(1 - \beta)L \right] dt = 0 \quad (124)$$

eşitliğine ulaşılmaktadır. Buradaki ifadeleri tam diferansiyel forma benzetmek istediğimizde;

$$i) \quad \frac{\partial F(S,t)}{\partial S} = 1 = T(S, t) \quad (125)$$

$$ii) \quad \frac{\partial F(S,t)}{\partial t} = \left[ q\beta LS(t) - rS \left( 1 - \frac{S}{K} \right) + \gamma(1 - \beta)L \right] = R(S, t) \quad (126)$$

Young teoremine göre, tam diferansiyel koşulunu uygulamak için bu ifadelerin çapraz türevlerinin de birbirine eşit olması gerekmektedir. Bunu kontrol ettiğimizde;

$$\frac{\partial T(S,t)}{\partial t} = 0 \quad \text{ve} \quad \frac{\partial R(S,t)}{\partial S} = \beta Lq + \frac{rS}{K} - r \left( 1 - \frac{S}{K} \right) \quad (127)$$

olmaktadır. (127) numaralı eşitlikten görüldüğü üzere,  $\frac{\partial T(S,t)}{\partial t} \neq \frac{\partial R(S,t)}{\partial S}$  olduğu için, (124) numaralı eşitlik bu aşamada tam diferansiyel formunda çözülemez. İfadeyi tam diferansiyel eşitlik haline getirebilmek için, integral faktörü  $\Upsilon(S)$  kullanalım ve (124) numaralı eşitliği yeniden düzenleyelim;

$$1\Upsilon(S)dS(t) + \left[ q\beta LS(t) - rS \left( 1 - \frac{S}{K} \right) + \gamma(1 - \beta)L \right] \Upsilon(S)dt = 0 \quad (128)$$

(128) numaralı ifadesine tam türevsel çözümünü uygulayabilmek için Young teoremi koşulunun sağlanması gerekmektedir;

$$T(S, t)\Upsilon(S)dS(t) + R(S, t)\Upsilon(S)dt = 0 \quad (129)$$

(129) numaralı ifade, (128) numaralı ifadenin kapalı formudur. Bu eşitlik üzerinden tam diferansiyel olma şartını göstermek istersek;

$$\frac{\partial}{\partial t} [T(S, t)\Upsilon(S)] = \frac{\partial}{\partial S} [R(S, t)\Upsilon(S)] \quad (130)$$

bu eşitlik sağlanmak zorundadır. (130) numaralı eşitliğin sağlanmasına neden olacak  $\Upsilon(S)$  integral faktörünün açık formunu bulmamız gerekmektedir. Bunun için de (130) numaralı eşitliği tekrardan yazalım;

$$i) \quad \frac{\partial}{\partial t} [T(S, t)\Upsilon(S)] = 0 \quad (131)$$

$$\text{ii) } \frac{\partial}{\partial S} [R(S, t)\Pi(S)] = \frac{\partial \Pi(S)}{\partial S} \left[ q\beta LS + \gamma(1 - \beta)L - rS \left( 1 - \frac{S}{K} \right) \right] + [\Pi(S)(q\beta L + 2r \frac{S}{K} - r)] \quad (132)$$

(131) ve (132) numaralı ifadeler birbirlerine eşitlendikleri zaman;

$$\frac{\partial \Pi(S)}{\partial S} \left[ q\beta LS + \gamma(1 - \beta)L - rS \left( 1 - \frac{S}{K} \right) \right] + [\Pi(S) \left( q\beta L + r \frac{S}{K} - r \left( 1 - \frac{S}{K} \right) \right)] = 0 \quad (133)$$

İfadeyi düzenleyip, integral faktörünün  $[\Pi(S)]$  büyüme fonksiyonu haline çevirdiğimizde;

$$\frac{\frac{\partial \Pi(S)}{\partial S}}{\Pi(S)} = - \left[ \frac{\beta Lq + r \frac{S}{K} - r \left( 1 - \frac{S}{K} \right)}{\beta LqS + \gamma(1 - \beta)L - rS \left( 1 - \frac{S}{K} \right)} \right] = \frac{-q\beta L - 2r \frac{S}{K} + r}{\beta LqS + \gamma(1 - \beta)L - rS \left( 1 - \frac{S}{K} \right)} \quad (134)$$

(134) numaralı ifade üzerinde belirli düzenlemeler yapıldıktan sonra;

$$\frac{\frac{\partial \Pi(S)}{\partial S}}{\Pi(S)} = \frac{-\beta LKq + Kr - 2rS}{KL\gamma(1 - \beta) + S(q\beta LK - Kr + rS)} \quad (135)$$

eşitliğin her iki tarafının da integralini alarak, daha önceden de belirttiğimiz integral faktörünün  $[\Pi(S)]$  açık formuna ulaşabiliriz;

$$\text{i) } \int \frac{\frac{\partial \Pi(S)}{\partial S}}{\Pi(S)} dS = \ln \Pi(S) + c_1 \quad (136)$$

$$\text{ii) } \int \frac{-\beta LKq + Kr - 2rS}{KL\gamma(1 - \beta) + S(q\beta LK - Kr + rS)} dS = -\ln[\beta KLqS + KL\gamma(1 - \beta) + rS(S - K)] \quad (137)$$

(136) ve (137) numaralı ifadeler eşitlendiği zaman;

$$\ln \Pi(S) = -\ln[\beta KLqS + KL\gamma(1 - \beta) + rS(S - K)] \quad (138)$$

elde edilir. İfadenin her iki tarafının da  $\ln$  fonksiyonundan kurtarmak için  $e$  üssünü alırsak;

$$e^{\ln \Pi(S)} = e^{-\ln[\beta KLqS + KL\gamma(1 - \beta) + rS(S - K)]} \quad (139)$$

Bu ifadeyi düzenleyerek  $\Pi(S)$  integral faktörünün açık formunu elde ederiz;

$$\Pi(S) = [\beta KLqS + KL\gamma(1 - \beta) + rS(S - K)]^{-1} \quad (140)$$

(140) numaralı ifadeyi, (129) numaralı  $[R(S, t)\Pi(S) + \frac{\partial S(t)}{\partial t}\Pi(S)T(S, t) = 0]$  ifadenin açık formuna koyarsak aşağıdaki eşitliğe ulaşılır;

$$\underbrace{\frac{1}{\beta KLqS + KL\gamma(1-\beta) + rS(S-K)}}_{\Pi(S)} \underbrace{[q\beta LS + \gamma(1-\beta)L - rS(1 - \frac{S}{K})]}_{R(S,t)} + \frac{\partial S(t)}{\partial t} \underbrace{1}_{T(S,t)} \underbrace{\frac{1}{\beta KLqS + KL\gamma(1-\beta) + rS(S-K)}}_{\Pi(S)} = 0$$

İfadenin ilk kısmı şuna eşittir;

$$\frac{1}{\beta KLqS + KL\gamma(1-\beta) + rS(S-K)} [q\beta LS + \gamma(1-\beta)L - rS(1 - \frac{S}{K})] = \frac{1}{K} \quad (141)$$

Bu durumda eşitliği tekrar düzenlersek;

$$\frac{1}{K} + \frac{\partial S(t)}{\partial t} \frac{1}{\beta KLqS + KL\gamma(1-\beta) + rS(S-K)} = 0 \quad (142)$$

(142) numaralı eşitliği daha anlaşılır bir formda yazdığımızda tam türevsel ifadesinin şu şekilde sağladığını gösterebiliriz;

$$\underbrace{dt \left[ \frac{1}{K} \right]}_{P(S,t)} + \underbrace{dS(t) \left[ \frac{1}{KL\gamma(1-\beta) + \beta KLqS(t) + rS(t)[S(t)-K]} \right]}_{Q(S,t)} = 0 \quad (143)$$

Tam türevsel koşulu olan ve Young teoreminden türeyen  $\frac{\partial P(S,t)}{\partial S} = \frac{\partial Q(S,t)}{\partial t} = 0$  eşitliği sağlanmaktadır. Bu durumda, (143) numaralı ifade tam diferansiyel olmuştur ve çözüm bu ifade üzerinden yapılacaktır. Tam türevsel ifadeye göre  $dF(S,t) = \frac{\partial F(S,t)}{\partial t} dt + \frac{\partial F(S,t)}{\partial S} dS = 0$  olduğu için ve  $\frac{\partial F(S,t)}{\partial t} = P(S,t)$ ,  $\frac{\partial F(S,t)}{\partial S} = Q(S,t)$  kabul edileceğinden dolayı,  $F(S,t) = c$  bir sabit olmaktadır. Bu durumda,  $\frac{\partial F(S,t)}{\partial t} = P(S,t) = \frac{1}{K}$  ifadesinin her iki yanından da integralini alarak;

$$\int \frac{\partial F(S,t)}{\partial t} dt = \int \frac{1}{K} dt = F(S,t) = t \left[ \frac{1}{K} \right] + g(S) \quad (144)$$

elde ederiz.  $g(S)$  terimi, integral ifadesinde bulunup  $S$  terimini içeren tüm parametreleri ifade etmektedir.  $t \left[ \frac{1}{K} \right]$  ifadesini açık formda yazdığımızda;

$$\left[ \frac{1}{K} \right] t = \frac{\beta LqSt}{\beta KLqS + KL\gamma(1-\beta) + rS(S-K)} - \frac{rS(1 - \frac{S}{K})t}{\beta KLqS + KL\gamma(1-\beta) + rS(S-K)} + \frac{L\gamma(1-\beta)t}{\beta KLqS + KL\gamma(1-\beta) + rS(S-K)} \quad (145)$$

İfadenin sağ tarafının tamamına  $\Omega(S,t)$  dersek, (144) numaralı ifadeyi şu şekilde tekrar yazabiliriz;

$$F(S,t) = \Omega(S,t) + g(S) \quad (146)$$

Bu noktadan sonraki amacımız  $g(S)$  ifadesinin açık formunu bulmaktır. (146) numaralı ifadenin açık formunun  $S$  değişkenine göre türevini alıp,  $\frac{\partial F(S,t)}{\partial S} = Q(S,t)$  eşitliğini kullanarak,  $g(S)$  ifadesinin açık formuna ulaşabiliriz. Yani;

$$\frac{\partial F(S,t)}{\partial S} = \frac{\partial}{\partial S} \left[ \frac{\beta LqSt}{\beta KLqS + KL\gamma(1-\beta) + rS(S-K)} - \frac{rS\left(1-\frac{S}{K}\right)t}{\beta KLqS + KL\gamma(1-\beta) + rS(S-K)} + \frac{L\gamma(1-\beta)t}{\beta KLqS + KL\gamma(1-\beta) + rS(S-K)} + g(S) \right] \quad (147)$$

İlgili türev ifadesini parça parça yazdığımızda şu sonuca ulaşırız:

$$i) \quad \frac{\partial}{\partial S} \left[ \frac{\beta LqSt}{\beta KLqS + KL\gamma(1-\beta) + rS(S-K)} \right] = \frac{-\beta LqS[\beta KLq + rS + r(S-K)]t}{[\beta KLqS + KL\gamma(1-\beta) + rS(S-K)]^2} + \frac{\beta Lqt}{\beta KLqS + KL\gamma(1-\beta) + rS(S-K)} \quad (148)$$

$$ii) \quad \frac{\partial}{\partial S} \left[ \frac{rS\left(1-\frac{S}{K}\right)t}{\beta KLqS + KL\gamma(1-\beta) + rS(S-K)} \right] = \frac{rS\left(1-\frac{S}{K}\right)[\beta KLq + rS + r(S-K)]t}{[\beta KLqS + KL\gamma(1-\beta) + rS(S-K)]^2} + \frac{rSt}{K[\beta KLqS + KL\gamma(1-\beta) + rS(S-K)]} + \frac{r\left(1-\frac{S}{K}\right)t}{KLqS + KL\gamma(1-\beta) + rS(S-K)} \quad (149)$$

$$iii) \quad \frac{\partial}{\partial S} \left[ \frac{L\gamma(1-\beta)t}{\beta KLqS + KL\gamma(1-\beta) + rS(S-K)} \right] = \frac{L\gamma(1-\beta)[\beta KLq + rS + r(S-K)]t}{[\beta KLqS + KL\gamma(1-\beta) + rS(S-K)]^2} \quad (150)$$

Bu ifadeleri birleştirip, ilave olarak  $\frac{dg(S)}{dS}$  terimini de koyarsak, (147) numaralı ifadenin açık formda türevsel ifadesine ulaşılır;

$$\begin{aligned} \frac{\partial F(S,t)}{\partial S} = Q(S,t) &= \frac{-\beta LqS[\beta KLq + rS + r(S-K)]t}{[\beta KLqS + KL\gamma(1-\beta) + rS(S-K)]^2} + \frac{\beta Lqt}{\beta KLqS + KL\gamma(1-\beta) + rS(S-K)} - \\ &\frac{rS\left(1-\frac{S}{K}\right)[\beta KLq + rS + r(S-K)]t}{[\beta KLqS + KL\gamma(1-\beta) + rS(S-K)]^2} - \frac{rSt}{K[\beta KLqS + KL\gamma(1-\beta) + rS(S-K)]} - \frac{r\left(1-\frac{S}{K}\right)t}{KLqS + KL\gamma(1-\beta) + rS(S-K)} - \\ &\frac{L\gamma(1-\beta)[\beta KLq + rS + r(S-K)]t}{[\beta KLqS + KL\gamma(1-\beta) + rS(S-K)]^2} + \frac{dg(S)}{dS} = \left[ \frac{1}{KL\gamma(1-\beta) + \beta KLqS(t) + rS(t)[S(t)-K]} \right] \end{aligned} \quad (151)$$

Daha önceden de belirttiğimiz gibi, amacımız  $\frac{dg(S)}{dS}$  ifadesinin açık formuna ulaşmaktır. (151) numaralı eşitlikte ilgili düzenlemeleri yaptığımızda;

$$\frac{dg(S)}{dS} = \frac{1}{KL\gamma(1-\beta) + S[\beta KLq - Kr + rS]} \quad (152)$$



türevsel açık formuna ulaşılır. (152) numaralı eşitliğin her iki yanının da integralini alarak  $[\int \frac{dg(S)}{dS} dS = g(S)]$ , ilgili ifadenin en açık formu elde edilir. (Ek 5)

$$\int \frac{dg(S)}{dS} dS = g(S) = \frac{1}{KL\gamma(1-\beta)+S[\beta KLq-Kr+rS]} = \frac{1}{KL\gamma(1-\beta)+\beta KLqS-KrS+rS^2} dS \quad (153)$$

İfadeyi tekrardan düzenlersek;

$$\int \frac{1}{KL\gamma(1-\beta)+S[\beta KLq-Kr]+rS^2} dS \quad (154)$$

payda da yer alan ifade tam kareye tamamlanır. Yani payda ifadesi,  $ax^2 + bx + c$  formuna dönüştürülür. Bu durumda payda,  $[KL\gamma(1-\beta) + S[\beta KLq - Kr] + rS^2]$  şu şekilde yazılır;

$$[\sqrt{r}S + \frac{(\beta KLq - Kr)}{2\sqrt{r}}]^2 - \left[ \frac{(\beta KLq - Kr)^2}{4r} - KL\gamma(1-\beta) \right] = ax^2 + bx + c \quad (155)$$

Bu şekilde düzenlediğimizde, (154) numaralı ifadeyi tekrar şu şekilde yazabiliriz;

$$\int \frac{1}{[\sqrt{r}S + \frac{(\beta KLq - Kr)}{2\sqrt{r}}]^2 - \left[ \frac{(\beta KLq - Kr)^2}{4r} - KL\gamma(1-\beta) \right]} dS \quad (156)$$

Değişken değiştirme metodunu kullanarak ifade, daha basit hale dönüştürülür. Eğer integral içindeki ifadenin bir kısmına  $\Pi = \sqrt{r}S + \frac{(\beta KLq - Kr)}{2\sqrt{r}}$  dersek,  $d\Pi = \sqrt{r}dS$  yani  $dS = \frac{1}{\sqrt{r}}d\Pi$  olmaktadır. Bu durumda (156) numaralı eşitliği yeniden ifade edersek;

$$\int \frac{1}{\Pi^2 - \left[ \frac{(\beta KLq - Kr)^2}{4r} - KL\gamma(1-\beta) \right]} \frac{1}{\sqrt{r}} d\Pi = \frac{1}{\sqrt{r}} \int \frac{1}{\Pi^2 - \left[ \frac{(\beta KLq - Kr)^2}{4r} - KL\gamma(1-\beta) \right]} d\Pi \quad (157)$$

İntegral içindeki ifadenin paydası  $\left[ \frac{(\beta KLq - Kr)^2}{4r} - KL\gamma(1-\beta) \right]$  ortak parantezine alınıp tekrar düzenlenirse;

$$\frac{1}{\sqrt{r}} \int \frac{1}{\left[ \frac{(\beta KLq - Kr)^2}{4r} - KL\gamma(1-\beta) \right] \left[ \frac{4r\Pi^2}{(\beta KLq - Kr)^2 - 4rKL\gamma(1-\beta)} - 1 \right]} d\Pi \quad (158)$$

eşitliğine ulaşırız. (158) numaralı eşitlik daha basit formda ifade edilirse;

$$\frac{1}{\sqrt{r}} \int \frac{1}{\left[ \frac{(\beta KLq - Kr)^2 - 4rKL\gamma(1-\beta)}{4r} \right] \left[ \frac{4r\Pi^2}{(\beta KLq - Kr)^2 - 4rKL\gamma(1-\beta)} - 1 \right]} d\Pi \quad (159)$$

şeklinde neticelenir. Daha basit bir formda ifade edildiğinde;

$$\frac{1}{\sqrt{r}} \int \frac{4r}{[(\beta KLq - Kr)^2 - 4rKL\gamma(1-\beta)] \left[ \frac{4r\Omega^2}{[(\beta KLq - Kr)^2 - 4rKL\gamma(1-\beta)]} - 1 \right]} d\Omega \quad (160)$$

bu eşitliğe ulaşılır. İntegral içindeki ifade de yer alan ve  $\Omega'$ 'ya bağlı olmayan tüm ifadeler integral dışına alınır;

$$\frac{1}{\sqrt{r}} \frac{4r}{[(\beta KLq - Kr)^2 - 4rKL\gamma(1-\beta)]} \int \frac{1}{\left[ \frac{4r\Omega^2}{[(\beta KLq - Kr)^2 - 4rKL\gamma(1-\beta)]} - 1 \right]} d\Omega \quad (161)$$

ilgili eşitlik bulunmaktadır.

Değişken değiştirme adımını tekrar kullanıldığında ve (161) numaralı ifadeyi tekrar düzenlediğimizde; eğer,  $s = \frac{2\sqrt{r}\Omega}{\sqrt{[(\beta KLq - Kr)^2 - 4rKL\gamma(1-\beta)]}}$  olarak tanımlanırsa,  $ds =$

$\frac{2\sqrt{r}}{\sqrt{[(\beta KLq - Kr)^2 - 4rKL\gamma(1-\beta)]}} d\Omega$  şeklinde olmaktadır. Bu değişkenleri kullanarak, integral ifadesi daha basit bir forma dönüştürebiliriz. Dikkat edilmesi gereken husus, (161) numaralı eşitlikte yer alan ve integral dışında konumlanan ifadeleri, integralin içine alarak  $d\Omega$  terimini elde ediyor oluşumuzdur. (161) numaralı eşitliği tekrar yazarsak;

$$\int \frac{2\sqrt{r}}{\sqrt{[(\beta KLq - Kr)^2 - 4rKL\gamma(1-\beta)]}} d\Omega \frac{2}{\sqrt{[(\beta KLq - Kr)^2 - 4rKL\gamma(1-\beta)]}} \frac{1}{[s^2 - 1]} \quad (162)$$

“ $ds$  terimine eşittir.”

(162) numaralı eşitliği şu şekle dönüştürelim;

$$\frac{2\sqrt{r}}{\sqrt{[(\beta KLq - Kr)^2 - 4rKL\gamma(1-\beta)]}} \int \frac{1}{[s^2 - 1]} ds = - \frac{2}{\sqrt{[(\beta KLq - Kr)^2 - 4rKL\gamma(1-\beta)]}} \int \frac{1}{[1 - s^2]} ds \quad (163)$$

Hiperbolik fonksiyonların genel ifadesinden bilindiğine göre,  $-\int \frac{1}{[1 - s^2]} ds = -\tanh^{-1}(s) + c$  olmaktadır. Bu durumda (163) numaralı ifadeye tekrar düzenlerse, integral fonksiyonundan kurtulup şu forma ulaşılır;

$$- \frac{2}{\sqrt{[(\beta KLq - Kr)^2 - 4rKL\gamma(1-\beta)]}} \int \frac{1}{[1 - s^2]} ds = \frac{-2\tanh^{-1}(s)}{\sqrt{[(\beta KLq - Kr)^2 - 4rKL\gamma(1-\beta)]}} + c \quad (164)$$

Bu aşamadan sonra, değişken değiştirme metodunu tersten uygulayarak, ifadeyi daha açık forma dönüştürebiliriz. Biliyoruz ki,  $s = \frac{2\sqrt{r}\Omega}{\sqrt{[(\beta KLq - Kr)^2 - 4rKL\gamma(1-\beta)]}}$  olduğuna göre, (164) numaralı ifadeyi düzenlersek;

$$\frac{-2\tanh^{-1}\left(\frac{2\sqrt{r}\Pi}{\sqrt{[(\beta KLq-Kr)^2-4rKL\gamma(1-\beta)]}}\right)}{\sqrt{[(\beta KLq-Kr)^2-4rKL\gamma(1-\beta)]}} = g(S) \quad (165)$$

(165) numaralı ifadeyi de daha açık forma dönüştürmek için, daha önceden tanımladığımız ve  $\Pi = \sqrt{r}S + \frac{(\beta KLq-Kr)}{2\sqrt{r}}$  şeklinde ifade ettiğimiz değişken dönüşümünü, yerine koyarak tekrar yazalım. Bu durumda;

$$g(S) = \frac{-2\tanh^{-1}\left(\frac{2\sqrt{r}[\sqrt{r}S + \frac{(\beta KLq-Kr)}{2\sqrt{r}}]}{\sqrt{[(\beta KLq-Kr)^2-4rKL\gamma(1-\beta)]}}\right)}{\sqrt{[(\beta KLq-Kr)^2-4rKL\gamma(1-\beta)]}} = \frac{-2\tanh^{-1}\left(\frac{\beta KLq-Kr+2rS}{\sqrt{K}\sqrt{K(r-\beta Lq)^2-4rL\gamma(1-\beta)}}\right)}{\sqrt{K}\sqrt{-4rL\gamma(1-\beta)+K(r-\beta Lq)^2}} \quad (166)$$

açık formda yazılan ifadeye ulaşılır.<sup>27</sup>

(146) numaralı eşitliğin açık formuna ulaşılmak istenmekteydi. Bu durumda hatırlatmak amacıyla, (146) numaralı ifade açık formda tekrar yazılırsa;

$$F(S, t) = g(S) + \frac{\beta LqSt}{\beta KLqS+KL\gamma(1-\beta)+rS(S-K)} - \frac{rS\left(1-\frac{S}{K}\right)t}{\beta KLqS+KL\gamma(1-\beta)+rS(S-K)} + \frac{L\gamma(1-\beta)t}{\beta KLqS+KL\gamma(1-\beta)+rS(S-K)} \quad (167)$$

Tam türevsel diferansiyel koşulundan biliniyor ki,  $dF(S, t) = 0$  eşitliği geçerlidir. Bu durumda,  $F(S, t) = c_1$  gibi bir sabite eşit olduğu varsayılabilir. (167) numaralı ifadeyi açık formda tekrar yazarsak;

$$F(S, t) = c_1 = \frac{-2\tanh^{-1}\left(\frac{\beta KLq-Kr+2rS}{\sqrt{K}\sqrt{K(r-\beta Lq)^2-4rL\gamma(1-\beta)}}\right)}{\sqrt{K}\sqrt{-4rL\gamma(1-\beta)+K(r-\beta Lq)^2}} + \frac{\beta LqSt}{\beta KLqS+KL\gamma(1-\beta)+rS(S-K)} - \frac{rS\left(1-\frac{S}{K}\right)t}{\beta KLqS+KL\gamma(1-\beta)+rS(S-K)} + \frac{L\gamma(1-\beta)t}{\beta KLqS+KL\gamma(1-\beta)+rS(S-K)} \quad (168)$$

(168) numaralı fonksiyonel eşitlikten,  $S(t)$  ifadesini çekerek, en baştan itibaren aradığımız ifadeye ulaşılır.  $S(t)$  ifadesi kararlılık analizini üzerinde uygulayacağımız

<sup>27</sup> Bir not olarak şunu belirtmek gerekmektedir. (166) numaralı eşitliğin paydası yazılırken,  $\sqrt{[(\beta KLq - Kr)^2 - 4rKL\gamma(1 - \beta)]} = \sqrt{K^2(\beta Lq - r)^2 - 4rKL\gamma(1 - \beta)} = \sqrt{K[-4rL\gamma(1 - \beta) + K(\beta Lq - r)^2]}$  şeklinde ifade düzenlenmiştir.

kaynak stoğu seviyesi olarak modelde tanımlanmaktadır. Ara adımlar atlanarak ilgili eşitlikten  $S(t)$  ifadesi yalnız bırakıldığında;

$$\begin{aligned}
S(t) = & \frac{1}{2r} \left[ (\beta^2 L^2 K^{\frac{3}{2}} \tanh \left( \frac{1}{2} \left( -\frac{\beta^2 L^2 K^{\frac{3}{2}} c_1 q^2}{\sqrt{(r-q\beta Lq)^2 K - 4rL\gamma(1-\beta)}} + \frac{\beta^2 L^2 t \sqrt{K} q^2}{\sqrt{(r-q\beta Lq)^2 K - 4rL\gamma(1-\beta)}} - \right. \right. \right. \\
& \frac{2\beta L r t \sqrt{K} q}{\sqrt{(r-q\beta Lq)^2 K - 4rL\gamma(1-\beta)}} + \frac{2\beta L r K^{\frac{3}{2}} c_1 q}{\sqrt{(r-q\beta Lq)^2 K - 4rL\gamma(1-\beta)}} - \frac{r^2 K^{\frac{3}{2}} c_1}{\sqrt{(r-q\beta Lq)^2 K - 4rL\gamma(1-\beta)}} + \\
& \left. \left. \left. \frac{4Lr\sqrt{K}\gamma(1-\beta)c_1}{\sqrt{(r-q\beta Lq)^2 K - 4rL\gamma(1-\beta)}} - \frac{4Lr\gamma(1-\beta)}{\sqrt{K}\sqrt{(r-q\beta Lq)^2 K - 4rL\gamma(1-\beta)}} + \frac{r^2 t \sqrt{K}}{\sqrt{(r-q\beta Lq)^2 K - 4rL\gamma(1-\beta)}} \right) \right) q^2) / \\
& \sqrt{(r-q\beta Lq)^2 K - 4rL\gamma(1-\beta)} - (2\beta L r K^{\frac{3}{2}} \tanh \left( \frac{1}{2} \left( -\frac{\beta^2 L^2 K^{\frac{3}{2}} c_1 q^2}{\sqrt{(r-q\beta Lq)^2 K - 4rL\gamma(1-\beta)}} + \right. \right. \\
& \frac{\beta^2 L^2 t \sqrt{K} q^2}{\sqrt{(r-q\beta Lq)^2 K - 4rL\gamma(1-\beta)}} - \frac{2\beta L r t \sqrt{K} q}{\sqrt{(r-q\beta Lq)^2 K - 4rL\gamma(1-\beta)}} + \frac{2\beta L r K^{\frac{3}{2}} c_1 q}{\sqrt{(r-q\beta Lq)^2 K - 4rL\gamma(1-\beta)}} - \\
& \frac{r^2 K^{\frac{3}{2}} c_1}{\sqrt{(r-q\beta Lq)^2 K - 4rL\gamma(1-\beta)}} + \frac{4Lr\sqrt{K}\gamma(1-\beta)c_1}{\sqrt{(r-q\beta Lq)^2 K - 4rL\gamma(1-\beta)}} - \frac{4Lr\gamma(1-\beta)}{\sqrt{K}\sqrt{(r-q\beta Lq)^2 K - 4rL\gamma(1-\beta)}} + \\
& \left. \left. \left. \frac{r^2 t \sqrt{K}}{\sqrt{(r-q\beta Lq)^2 K - 4rL\gamma(1-\beta)}} \right) \right) q) / \sqrt{(r-q\beta Lq)^2 K - 4rL\gamma(1-\beta)} + (r-\beta Lq)K + \\
& (r^2 K^{\frac{3}{2}} \tanh \left( \frac{1}{2} \left( -\frac{\beta^2 L^2 K^{\frac{3}{2}} c_1 q^2}{\sqrt{(r-q\beta Lq)^2 K - 4rL\gamma(1-\beta)}} + \frac{\beta^2 L^2 t \sqrt{K} q^2}{\sqrt{(r-q\beta Lq)^2 K - 4rL\gamma(1-\beta)}} - \right. \right. \\
& \frac{2\beta L r t \sqrt{K} q}{\sqrt{(r-q\beta Lq)^2 K - 4rL\gamma(1-\beta)}} + \frac{2\beta L r K^{\frac{3}{2}} c_1 q}{\sqrt{(r-q\beta Lq)^2 K - 4rL\gamma(1-\beta)}} - \frac{r^2 K^{\frac{3}{2}} c_1}{\sqrt{(r-q\beta Lq)^2 K - 4rL\gamma(1-\beta)}} + \\
& \left. \left. \left. \frac{4Lr\sqrt{K}\gamma(1-\beta)c_1}{\sqrt{(r-q\beta Lq)^2 K - 4rL\gamma(1-\beta)}} - \frac{4Lr\gamma(1-\beta)}{\sqrt{K}\sqrt{(r-q\beta Lq)^2 K - 4rL\gamma(1-\beta)}} + \frac{r^2 t \sqrt{K}}{\sqrt{(r-q\beta Lq)^2 K - 4rL\gamma(1-\beta)}} \right) \right) \right) / \\
& \sqrt{(r-q\beta Lq)^2 K - 4rL\gamma(1-\beta)} - (4Lr\sqrt{K}\gamma(1-\beta) - \\
& \beta) \tanh \left( \frac{1}{2} \left( -\frac{\beta^2 L^2 K^{\frac{3}{2}} c_1 q^2}{\sqrt{(r-q\beta Lq)^2 K - 4rL\gamma(1-\beta)}} + \frac{\beta^2 L^2 t \sqrt{K} q^2}{\sqrt{(r-q\beta Lq)^2 K - 4rL\gamma(1-\beta)}} - \right. \right. \\
& \left. \left. \frac{2\beta L r t \sqrt{K} q}{\sqrt{(r-q\beta Lq)^2 K - 4rL\gamma(1-\beta)}} + \frac{2\beta L r K^{\frac{3}{2}} c_1 q}{\sqrt{(r-q\beta Lq)^2 K - 4rL\gamma(1-\beta)}} - \frac{r^2 K^{\frac{3}{2}} c_1}{\sqrt{(r-q\beta Lq)^2 K - 4rL\gamma(1-\beta)}} + \right. \right. \\
& \left. \left. \left. \frac{4Lr\sqrt{K}\gamma(1-\beta)c_1}{\sqrt{(r-q\beta Lq)^2 K - 4rL\gamma(1-\beta)}} - \frac{4Lr\gamma(1-\beta)}{\sqrt{K}\sqrt{(r-q\beta Lq)^2 K - 4rL\gamma(1-\beta)}} + \frac{r^2 t \sqrt{K}}{\sqrt{(r-q\beta Lq)^2 K - 4rL\gamma(1-\beta)}} \right) \right) \right) /
\end{aligned}$$

$$\left. \left( \frac{4Lr\sqrt{K}\gamma(1-\beta)c_1}{\sqrt{(r-q\beta Lq)^2K-4rL\gamma(1-\beta)}} - \frac{4Lr\gamma(1-\beta)}{\sqrt{K}\sqrt{(r-q\beta Lq)^2K-4rL\gamma(1-\beta)}} + \frac{r^2t\sqrt{K}}{\sqrt{(r-q\beta Lq)^2K-4rL\gamma(1-\beta)}} \right) \right) / \left. \sqrt{(r-q\beta Lq)^2K-4rL\gamma(1-\beta)} \right] \quad (169)$$

(169) numaralı ifadeyi düzenlemek istediğimizde aşağıdaki formda bir eşitlik elde edilir;

$$S(t) = \frac{1}{2r} \frac{1}{\sqrt{Y}} \left[ \left( \beta^2 L^2 K^{\frac{3}{2}} \tanh\left(\frac{1}{2}(Z)\right) q^2 \right) - \left( 2\beta Lr K^{\frac{3}{2}} \tanh\left(\frac{1}{2}(Z)\right) q \right) + \left( r^2 K^{\frac{3}{2}} \tanh\left(\frac{1}{2}(Z)\right) \right) - \left( 4Lr\sqrt{K}\gamma(1-\beta) \tanh\left(\frac{1}{2}(Z)\right) \right) \right] + \frac{1}{2r} (r - q\beta L)K \quad (170)$$

(170) numaralı eşitlikte yer alan  $Z$  ifadesinin açık formdaki ifadesi aşağıdaki şekilde açıklanabilir;

$$Z = \frac{-\beta^2 L^2 K^{\frac{3}{2}} c_1 q^2}{\sqrt{Y}} + \frac{\beta^2 L^2 t \sqrt{K} q^2}{\sqrt{Y}} - \frac{2\beta Lr\sqrt{K} q t}{\sqrt{Y}} + \frac{2\beta Lr K^{\frac{3}{2}} c_1 q}{\sqrt{Y}} - \frac{r^2 K^{\frac{3}{2}} c_1}{\sqrt{Y}} + \frac{4Lr\sqrt{K}\gamma(1-\beta)c_1}{\sqrt{Y}} - \frac{4Lr\gamma(1-\beta)}{\sqrt{K}\sqrt{Y}} + \frac{r^2 t \sqrt{K}}{\sqrt{Y}} \quad (171)$$

(171) numaralı ifade de yer alan  $Y$  terimi aşağıdaki şekilde gösterilebilir;

$$Y = (r - \beta Lq)^2 K - 4Lr\gamma(1 - \beta) \longrightarrow \sqrt{Y} = \sqrt{(r - \beta Lq)^2 K - 4Lr\gamma(1 - \beta)} \quad (172)$$

Bu adımda, daha fazla ilerlemeden önce, durağan durum dengesi olarak analiz edilen ve (116) numaralı eşitlikte bulunan durağan durum kaynak stok seviyesini,  $Y$  cinsinden nasıl ifade edileceğini gösterebiliriz. Bu durumda;

$$S_1^A = \frac{1}{2r} K \left[ (r - q\beta L) + \sqrt{(q\beta L - r)^2 - \frac{4r}{K} \gamma(1 - \beta)L} \right] = \frac{1}{2r} K \left[ (r - q\beta L) + \frac{1}{\sqrt{K}} \sqrt{(q\beta L - r)^2 K - 4r\gamma(1 - \beta)L} \right]$$

eşitliğin içinde yer alan  $\sqrt{(r - \beta Lq)^2 K - 4Lr\gamma(1 - \beta)}$  ifadesi  $\sqrt{Y}$ 'ye eşit olduğu için;

$$S_1^A = \frac{1}{2r} K \left[ (r - q\beta L) + \frac{1}{\sqrt{K}} \sqrt{Y} \right] \quad (173)$$

(173) numaralı eşitlik elde edilmektedir. Bu ifadelere bağlı olarak, (170) numaralı eşitlik düzenlenip, tekrar yazıldığında;

$$S(t) = \frac{1}{2r} \frac{1}{\sqrt{Y}} \left[ \tanh\left(\frac{1}{2}(Z)\right) \left( \beta^2 L^2 K^{\frac{3}{2}} q^2 - 2\beta L r K^{\frac{3}{2}} q + r^2 K^{\frac{3}{2}} - 4rL\sqrt{K}\gamma(1-\beta) \right) \right] + \frac{1}{2r} (r - q\beta L)K \quad (174)$$

bu eşitliğe ulaşılmaktadır. Köşeli parantez içerisinde yer alan  $\left( \beta^2 L^2 K^{\frac{3}{2}} q^2 - 2\beta L r K^{\frac{3}{2}} q + r^2 K^{\frac{3}{2}} - 4rL\sqrt{K}\gamma(1-\beta) \right)$  ifadenin,  $\tanh\left(\frac{1}{2}(Z)\right)$  fonksiyonunun katsayısı olduğu belirtilmelidir. Katsayı olarak tanımladığımız ifadeyi düzenleyip  $Y$ 'ye bağlı bir fonksiyon haline dönüştürülmek istenirse;

$$\beta^2 L^2 K^{\frac{3}{2}} q^2 - 2\beta L r K^{\frac{3}{2}} q + r^2 K^{\frac{3}{2}} - 4rL\sqrt{K}\gamma(1-\beta) = \sqrt{K} [\beta^2 L^2 K q^2 - 2\beta L r K q + r^2 K - 4Lr\gamma(1-\beta)] = Y\sqrt{K} \quad (175)$$

sonucuna ulaşılmaktadır. (175) numaralı eşitlik bulunurken  $Y = (r - \beta L q)^2 K - 4Lr\gamma(1-\beta) = [\beta^2 L^2 K q^2 - 2\beta L r K q + r^2 K - 4Lr\gamma(1-\beta)]$  eşitliği kullanılmaktadır. Bulunan bu ifadelere bağlı olarak, (174) numaralı zaman içerisinde kaynak stoğunun evrimini gösteren eşitlik daha basit formda yazılırsa;

$$S(t) = \frac{1}{2r} \frac{1}{\sqrt{Y}} \left[ \tanh\left(\frac{1}{2}(Z)\right) (Y\sqrt{K}) \right] + \frac{1}{2r} (r - q\beta L)K \quad (176)$$

eşitliğine ulaşılmaktadır. Bütün bu ifadeleri veri olarak alıp, (171) numaralı eşitlik tekrar düzenlendiğinde;

$$Z \frac{\sqrt{Y}}{\sqrt{Y}} = \frac{-\beta^2 L^2 K^{\frac{3}{2}} c_1 q^2}{\sqrt{Y}} + \frac{\beta^2 L^2 t \sqrt{K} q^2}{\sqrt{Y}} - \frac{2\beta L r \sqrt{K} q t}{\sqrt{Y}} + \frac{2\beta L r K^{\frac{3}{2}} c_1 q}{\sqrt{Y}} - \frac{r^2 K^{\frac{3}{2}} c_1}{\sqrt{Y}} + \frac{4Lr\sqrt{K}\gamma(1-\beta)c_1}{\sqrt{Y}} - \frac{4Lr t \gamma (1-\beta)}{\sqrt{K}\sqrt{Y}} + \frac{r^2 t \sqrt{K}}{\sqrt{Y}} \quad (177)$$

(177) numaralı eşitliğin sadece payına odaklanıp ve pay kısmını iki farklı ifadenin toplamı şeklinde ifade ettiğimizde ve bu durumda,  $Z_{pay} = Z_1 + Z_2$  olacak şekilde tanımlanırsa;

$$\begin{aligned} \text{i) } Z_1 &= -\beta^2 L^2 K^{\frac{3}{2}} c_1 q^2 + 2\beta L r K^{\frac{3}{2}} c_1 q - r^2 K^{\frac{3}{2}} c_1 + 4Lr\sqrt{K}\gamma(1-\beta)c_1 \\ &= -c_1 \left[ \beta^2 L^2 K^{\frac{3}{2}} q^2 - 2\beta L r K^{\frac{3}{2}} q + r^2 K^{\frac{3}{2}} - 4Lr\sqrt{K}\gamma(1-\beta) \right] = -c_1 Y \sqrt{K} \quad (178) \end{aligned}$$

$$\text{ii) } Z_2 = \beta^2 L^2 t \sqrt{K} q^2 - 2\beta L r \sqrt{K} q t - \frac{4Lr t \gamma (1-\beta)}{\sqrt{K}} + r^2 t \sqrt{K}$$

$$= t \left[ r^2 \sqrt{K} - 2\beta L r \sqrt{K} q + \beta^2 L^2 \sqrt{K} q^2 - \frac{4Lr\gamma(1-\beta)}{\sqrt{K}} \right] = t \frac{Y}{\sqrt{K}} \quad (179)$$

ilgili eşitliklerine ulaşılır.  $Z = \frac{Z_1+Z_2}{\sqrt{Y}}$  olduğuna göre;

$$Z = \frac{t \frac{Y}{\sqrt{K}} - c_1 Y \sqrt{K}}{\sqrt{Y}} = \frac{tY\sqrt{K} - c_1 YK}{\sqrt{Y}\sqrt{K}} = \frac{Y\sqrt{K}(t - c_1\sqrt{K})}{\sqrt{K}\sqrt{Y}} = \sqrt{Y}(t - c_1\sqrt{K}) \quad (180)$$

(180) numaralı eşitliği kullanarak, (176) numarada basitleştirilen ifadeyi tekrar yazmak istersek aşağıdaki forma ulaşırız;

$$S(t) = \frac{1}{2r} \frac{1}{\sqrt{Y}} \left[ \tanh \left( \frac{1}{2} (\sqrt{Y}(t - c_1\sqrt{K})) \right) (Y\sqrt{K}) \right] + \frac{1}{2r} (r - q\beta L)K \quad (181)$$

Bu aşamada, köşeli parantez dışında kalan  $\frac{1}{2r} (r - q\beta L)K$  ifadesini, durağan durum denge fonksiyonuna benzetip, durağan durum denge değeri  $S_1 = \frac{1}{2r} K[(r - q\beta L) + \frac{1}{\sqrt{K}} Y]$  olduğunu bilindiğine göre (181) numaralı eşitliğe  $\pm \frac{1}{2r} \sqrt{Y}\sqrt{K}$  terimini ekleyip çıkartırsak, eşitlik şu forma dönüşmektedir,

$$S(t) = \frac{1}{2r} \frac{1}{\sqrt{Y}} \left[ \tanh \left( \frac{1}{2} (\sqrt{Y}(t - c_1\sqrt{K})) \right) (Y\sqrt{K}) \right] + \frac{1}{2r} (r - q\beta L)K + \frac{1}{2r} \sqrt{Y}\sqrt{K} - \frac{1}{2r} \sqrt{Y}\sqrt{K}$$

Yukarıda tanımladığımız ifadeyi düzenlemek istediğimizde;

$$S(t) = \frac{1}{2r} \frac{1}{\sqrt{Y}} \left[ \tanh \left( \frac{1}{2} (\sqrt{Y}(t - c_1\sqrt{K})) \right) (Y\sqrt{K}) \right] + \frac{1}{2r} K \left[ (r - q\beta L) + \frac{1}{\sqrt{K}} Y \right] - \frac{1}{2r} \sqrt{Y}\sqrt{K} \quad (182)$$

$$S(t) = \frac{1}{2r} \frac{1}{\sqrt{Y}} \left[ \tanh \left( \frac{1}{2} (\sqrt{Y}(t - c_1\sqrt{K})) \right) (Y\sqrt{K}) \right] + S_1^A - \frac{1}{2r} \sqrt{Y}\sqrt{K} \quad (183)$$

denkleme ulaşılmaktadır. Çözümün bu kısmında,  $c_1$  ifadesinin açık formda yazılmış değerine ihtiyaç duyulmaktadır. Yani gene bir  $c_1$  sabit değeri, spesifik ve eşsiz bir sabite dönüştürülmektedir. Açık form değeri için, (183) numaralı eşitliği  $t = 0$  anı için çözüldüğü durumda denklem;

$$S(t = 0) = \frac{1}{2r} \frac{1}{\sqrt{Y}} \left[ \tanh \left( \frac{1}{2} (\sqrt{Y}(-c_1\sqrt{K})) \right) (Y\sqrt{K}) \right] + S_A - \frac{1}{2r} \sqrt{Y}\sqrt{K} \quad (184)$$

şeklinde oluşmaktadır. Bu ifadede yer alan  $S_A = S_1^A$  dönüşümü kullanılmaktadır. İfadeyi daha basit formda yazmaya devam edersek;

$$S_0 = \frac{1}{2r} \frac{1}{\sqrt{Y}} \left[ -(Y\sqrt{K}) \tanh \left( \frac{1}{2} (\sqrt{Y} c_1 \sqrt{K}) \right) \right] + S_A - \frac{1}{2r} \sqrt{Y} \sqrt{K} \quad (185)$$

eşitliğine ulaşılır. İfadenin sağ tarafında yer alan  $S_0$  terimi,  $S(t = 0)$  yerine yazılmıştır. Yukarıdaki eşitliğin sağ tarafı düzenlendiğinde;<sup>28</sup>

$$\left[ \left( (S_0 - S_A) + \frac{1}{2r} \sqrt{K} \sqrt{Y} \right) \right] (2r\sqrt{Y}) = -(Y\sqrt{K}) \tanh \left( \frac{1}{2} (\sqrt{Y} c_1 \sqrt{K}) \right) \quad (186)$$

$$\frac{-\left[ (S_0 - S_A) 2r\sqrt{Y} + \sqrt{K} \sqrt{Y} \right]}{Y\sqrt{K}} = \tanh \left( \frac{1}{2} (\sqrt{Y} c_1 \sqrt{K}) \right) \quad (187)$$

(187) numaralı eşitliğin her iki yanının da  $\tanh^{-1}$  fonksiyonuna göre fonksiyonunu alabilirsek, bu durumda  $-\tanh^{-1} \left[ \frac{(S_0 - S_A) 2r\sqrt{Y}}{Y\sqrt{K}} + 1 \right] = \frac{1}{2} \sqrt{Y} \sqrt{K} c_1$  ifadesine ulaşılır. Bu ifadeden  $c_1$  terimi yalnız bırakıldığında;

$$c_1 = A = \frac{2}{\sqrt{Y} \sqrt{K}} \left[ -\tanh^{-1} \left[ \frac{(S_0 - S_A) 2r\sqrt{Y}}{Y\sqrt{K}} + 1 \right] \right] \quad (188)$$

sonucuna ulaşılır. Bu ifadeyi (183) numaralı kaynak stoğunun zaman içerisindeki evrimini gösteren eşitliğin içine koyarsak;

$$S(t) = \frac{1}{2r} \frac{1}{\sqrt{Y}} \left[ \tanh \left( \frac{1}{2} \left( \sqrt{Y} \left( t + \frac{2}{\sqrt{Y} \sqrt{K}} \left[ \tanh^{-1} \left[ \frac{(S_0 - S_A) 2r\sqrt{Y}}{Y\sqrt{K}} + 1 \right] \sqrt{K} \right) \right) \right) (Y\sqrt{K}) \right] + S_1^A - \frac{1}{2r} \sqrt{Y} \sqrt{K} \quad (189)$$

Eşitliği oratay çıkar. Amacımız, bulunduğumuz durağan durum kaynak stoğu seviyesinin, dışsal bir şok karşısında dengeden sapması durumunda, zaman içerisinde tekrardan eski denge noktasına yakınsayabilme yeteneğini ölçmektir. (189) numaralı eşitliğin, zaman ifadesi olan  $t$ 'ye göre yapılacak analizi bunu gösterecektir. Genel bir kural olarak şu belirtilmelidir ki;

$$\lim_{t \rightarrow \infty} \tanh(t) = 1 \quad (190)$$

olmaktadır. Yani, zaman sonsuza ıraksarken, hiperbolik bir tanjant fonksiyonu 1 değerine doğru yakınsayacaktır. (189) numaralı stok evrim fonksiyonunun  $t$  zamanına göre limitini incelersek;

---

<sup>28</sup>  $S_0$  değeri,  $t = 0$  anında ortaya çıkan kaynak stok seviyesidir. Buna bağlı olarak, (185) numaralı eşitlik çözülmüştür.



$$\lim_{t \rightarrow \infty} S(t) = \lim_{t \rightarrow \infty} \frac{1}{2r} \frac{1}{\sqrt{Y}} \left[ \tanh \left( \frac{1}{2} \left( \sqrt{Y} \left( t + \frac{2}{\sqrt{Y}\sqrt{K}} \left[ \tanh^{-1} \left[ \frac{(S_0 - S_A) 2r \sqrt{Y}}{Y\sqrt{K}} + 1 \right] \sqrt{K} \right) \right) \right) \right) (Y\sqrt{K}) \right] + S_1 - \frac{1}{2r} \sqrt{Y}\sqrt{K} \quad (191)$$

eşitliğini elde ederiz. Bu  $\tanh$  fonksiyonu aşağıdaki eşitlikte;

$$\lim_{t \rightarrow \infty} \left[ \tanh \left( \frac{1}{2} \left( \sqrt{Y} \left( t + \frac{2}{\sqrt{Y}\sqrt{K}} \left[ \tanh^{-1} \left[ \frac{(S_0 - S_A) 2r \sqrt{Y}}{Y\sqrt{K}} + 1 \right] \sqrt{K} \right) \right) \right) \right) \right] \cong 1 \quad (192)$$

olduğuna göre

$$\lim_{t \rightarrow \infty} \frac{1}{2r} \frac{1}{\sqrt{Y}} \left[ \tanh \left( \frac{1}{2} \left( \sqrt{Y} \left( t + \frac{2}{\sqrt{Y}\sqrt{K}} \left[ \tanh^{-1} \left[ \frac{(S_0 - S_A) 2r \sqrt{Y}}{Y\sqrt{K}} + 1 \right] \sqrt{K} \right) \right) \right) \right) (Y\sqrt{K}) \right] + S_1 - \frac{1}{2r} \sqrt{Y}\sqrt{K} \cong 1$$

eşitlikte yer alan  $\tanh$  fonksiyonu 1 değerine yakınsamaktadır. Bu durumda yukarıdaki ifade şu forma dönüşmekte ve;

$$S(t) = \frac{1}{2r} \frac{1}{\sqrt{Y}} [Y\sqrt{K}] + S_1^A - \frac{1}{2r} \sqrt{Y}\sqrt{K} \longrightarrow S(t) = S_1^A \quad (193)$$

sonucuna ulaşılmaktadır. Netice de  $S_1^A$  durağan durum denge noktasından herhangi bir sapma olması durumunda, ilgili ekonominin uzun vade de tekrardan eski denge noktasına doğru yakınsayacağı cebirsel olarak kanıtlanmıştır.  $S_1^A$  Durağan durum dengesi, kararlı bir dentedir.

Modelimiz de iki farklı durağan durum dengesi olduğunu ve bunları  $S_{1,2}^A$  şeklinde ifade ettiğimizi göstermiştik. Bu aşamaya kadar,  $S_1^A$  durağan durum dengesinin kararlı bir denge olduğunu cebirsel işlemler vasıtasıyla kanıtladık. Diğer bir durağan durum dengesi olan  $S_2^A = \frac{1}{2r} K[(r - q\beta L) + \frac{1}{\sqrt{K}} \sqrt{Y}]$  eşitliğinin dışsal bir şok karşısında istikrarlı olmadığını, yukarıdaki işlem mantığını kullanarak gösterebiliriz. İlk olarak;

$$S(t) = \frac{1}{2r} \frac{1}{\sqrt{Y}} \left[ \tanh \left( \frac{1}{2} \left( \sqrt{Y} (t - c_1 \sqrt{K}) \right) \right) (Y\sqrt{K}) \right] + \frac{1}{2r} (r - q\beta L) K + \frac{1}{2r} \sqrt{Y}\sqrt{K} - \frac{1}{2r} \sqrt{Y}\sqrt{K}$$

İfadesini tekrardan hatırlayalım ve  $S_2^A = \frac{1}{2r} K[(r - q\beta L) + \frac{1}{\sqrt{K}} \sqrt{Y}]$  eşitliğini yukarıdaki ifadenin içerisine yerleştirdiğimizde;

$$S(t) = \frac{1}{2r} \frac{1}{\sqrt{Y}} \left[ \tanh \left( \frac{1}{2} (\sqrt{Y}(t - c_1 \sqrt{K})) \right) (Y\sqrt{K}) \right] + \frac{1}{2r} K \left[ (r - q\beta L) + \frac{1}{\sqrt{K}} Y \right] + \frac{1}{2r} \sqrt{Y}\sqrt{K} \quad (194)$$

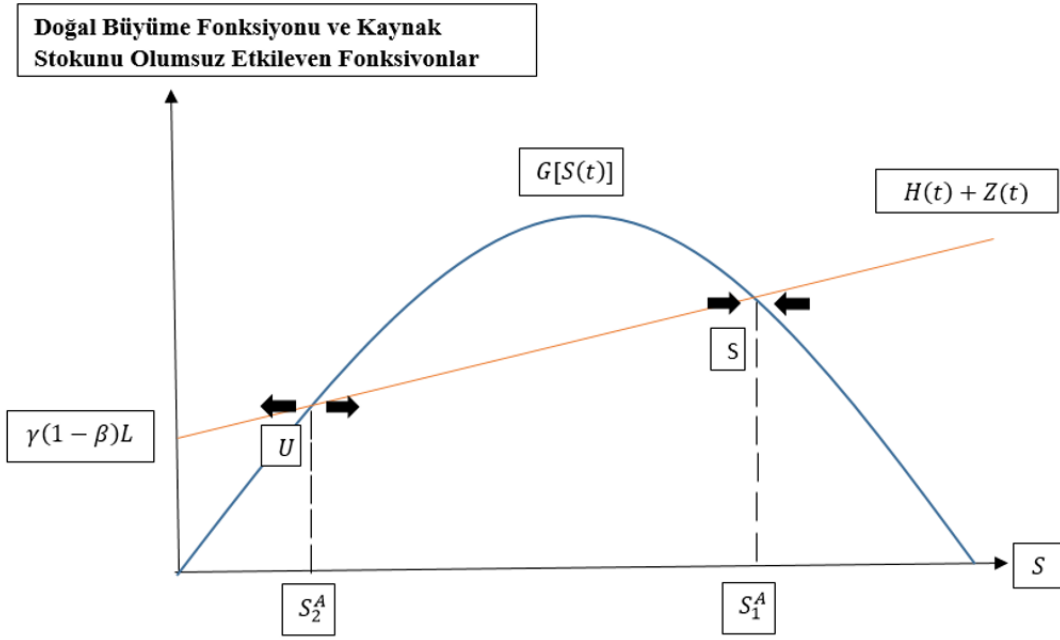
(194) numaralı eşitliği elde ederiz veulave sonuç olarak;

$$S(t) = \frac{1}{2r} \frac{1}{\sqrt{Y}} [Y\sqrt{K}] + S_2^A + \frac{1}{2r} \sqrt{Y}\sqrt{K} \longrightarrow S(t) = S_2^A + \frac{1}{r} \sqrt{Y}\sqrt{K} \quad (195)$$

eşitliğine ulaşılmaktadır. (195) numaralı eşitlik şunu ifade etmektedir ki  $S_2^A$  durağan durum dengesinde bulunan bir ekonomi, dışsal bir şok ile karşılaşır ve ilgili dengeden sapma gösterip uzaklaşırsa, zaman içerisinde eski durağan durum dengesine yakınsamayacaktır. Denge,  $\frac{1}{r} \sqrt{Y}\sqrt{K}$  terimi kadar sapma gösterecektir. Bu durumda,  $S_2^A$  durağan durum dengesi kararlı bir denge değildir.

Önerme de belirtildiği üzere,  $S_1^A$  durağan durum dengesi kararlı bir denge iken,  $S_2^A$  durağan durum dengesi kararlı bir denge özelliği gösterememektedir.

**Kanıt 3 (Alternatif Yaklaşım):** Bu bölümde, yukarıda cebirsel olarak ifade ettiğimiz kararlılık denge analizinin daha basit bir şekilde grafiksel olarak gösterilecektir. Aşağıda 7 numaralı şekil üzerinde kararlı[S] ve kararsız[U] durağan durum denge noktaları gösterilmektedir. Bu durumda şu analiz yapılabilir;



**Şekil 7:** Kapalı Ekonomi Durağan Durum Dengelerinin Kararlılık Analizi

**Kaynak:** Yazar tarafından oluşturulmuştur.

i) Eğer başlangıç kaynak stoğu dengesi  $[S_0]$ , durağan durum denge noktası olan  $S_2^A$ 'den daha düşük olursa  $[S_0 < S_2^A]$ , kaynak stoğunu olumsuz etkileyen fonksiyonların toplamı  $[H(t) + Z(t)]$ , doğal büyüme fonksiyonu olan  $G[S(t)]$ ' den büyük olacağı için  $[H(t) + Z(t) > G[S(t)]]$ , durağan durum kaynak stoğu seviyesi azalarak yok oluş noktası sıfıra doğru yakınsar.

Eğer başlangıç kaynak stoğu dengesi  $[S_0]$ , durağan durum denge noktası olan  $S_2^A$ 'dan daha yüksek olursa  $[S_0 > S_2^A]$ , kaynak stoğunu olumsuz etkileyen fonksiyonların toplamı  $[H(t) + Z(t)]$ , doğal büyüme fonksiyonu olan  $G[S(t)]$ ' den küçük olacağı için  $[H(t) + Z(t) < G[S(t)]]$ , durağan durum kaynak stoğu seviyesi artarak  $S_1^A$  durağan durum kaynak stoğu seviyesine doğru yakınsar.

Sonuç olarak,  $S_2^A$  durağan durum dengesi kararlı bir denge noktası değildir.

ii) Eğer başlangıç kaynak stoğu dengesi  $[S_0]$ , durağan durum denge noktası olan  $S_1^A$ 'dan daha düşük olursa  $[S_0 < S_1^A]$ , kaynak stoğunu olumsuz etkileyen fonksiyonların toplamı  $[H(t) + Z(t)]$ , doğal büyüme fonksiyonu olan  $G[S(t)]$ ' den küçük olacağı için  $[H(t) + Z(t) < G[S(t)]]$ , durağan durum kaynak stoğu seviyesi artarak  $S_1^A$  durağan durum kaynak stoğu seviyesine doğru yakınsar.

Eğer başlangıç kaynak stoğu dengesi  $[S_0]$ , durağan durum denge noktası olan  $S_1^A$ 'dan daha yüksek olursa  $[S_0 > S_1^A]$ , kaynak stoğunu olumsuz etkileyen fonksiyonların toplamı  $[H(t) + Z(t)]$ , doğal büyüme fonksiyonu olan  $G[S(t)]$ ' den büyük olacağı için  $[H(t) + Z(t) > G[S(t)]]$ , durağan durum kaynak stoğu seviyesi azalarak  $S_1^A$  durağan durum kaynak stoğu seviyesine doğru yakınsar.

Sonuç olarak,  $S_1^A$  durağan durum dengesi kararlı bir denge noktasıdır. ■

## BÖLÜM 3: AÇIK EKONOMİ'DE İKİ ÜLKE ARASINDA DIŞ TİCARET MODELİNİN ANALİZİ

Bu bölümde, kaynak stoğu üzerinde hem aşırı mahsul tüketiminin  $[H(t)]$ , hem de üretim faaliyeti kaynaklı kirlilik dışsallığının  $[Z(t)]$  eş anlamlı olarak negatif yönlü etkin olduğu bir ekonominin dış ticarete açıldığında modelin içsel değişkenlerinin ne yönde hareket edeceği incelenecektir. Bir önceki bölümde bulunan kararlılık analizi, başlangıç denge noktası hakkında bize bilgi verecektir. İlk olarak, Rus (2016) makalesini baz alarak kaynak stoğu üzerindeki negatif yönlü baskın etkinin ne olduğunu belirtmek gerekmektedir. Daha sonrasında, baskın etkinin yoğunluğunu belirleyecek etken olan kirlilik yoğunluk katsayısı ( $\gamma$ )'nı farklılaştırarak, iki farklı ülkenin parametreleri tanımlanacaktır. Farklı çevresel duyarlılık seviyelerine sahip bu iki ülke, kendi aralarında ticaret yapmaya başladıkları zaman içsel parametrelerinde yaşanan değişim gösterilerek ve son bölümde de, hükümet müdahalesi altında bu iki ülkenin refah analizi ortaya konulacaktır.

### 3.1. Kaynak Stoğu $[S(t)]$ Üzerinde Negatif Yönlü Baskın Etkinin Belirlenmesi

Kapalı ekonomi durumunda da belirtildiği üzere, kaynak stoğu üzerinde iki farklı, negatif yönlü etki vardır. İlki, kaynak stoğunun aşırı derecede hasat edilmesiyle örneklendirilebilen, “aşırı mahsul tüketimi  $[H(t)]$ ” etkisidir. Bu etki gerçek hayatla ilişkilendirildiğinde, orman işçilerinin aşırı derecede orman kesimi veya balıkçıların av mevsimi dışında balık avı yaparak kaynak stoğunu aşırı derecede azaltması olarak belirtilebilir. Kaynak stoğu üzerindeki diğer olumsuz etki, yenilenebilir kaynağa etki edecek yakınlıkta yer alan üretim faaliyetinin yarattığı “kirlilik dışsallığı  $[Z(t)]$ ” olarak tanımlanmaktadır. Bu etken, balıkçılık yapılan nehir veya bir gölet yakınlarında kurulan bir fabrikanın kimyasal atıklarını ilgili yenilenebilir kaynak stoğunun yaşam alanını ve üreme havzasını kısıtlayacak bir biçimde, nehir veya göl gibi durgun bir suya boşaltması olarak örneklendirilebilir. Bu durumda, yenilenebilir kaynak stoğu olan balık popülasyonu azalacaktır.

Kapalı ekonomi durumunda tanımlanan, (110) numaralı eşitliği tekrar hatırlarsak,  $\frac{dS}{dt} = \dot{S} = G[S(t)] - H(t) - Z(t)$  ifadesi kaynak stoğu üzerinde yer alan etkileri göstermektedir. Bu eşitlikte yer alan  $H(t) = q\beta LS$  şeklinde gösterilirken,  $Z(t) =$

$\gamma(1 - \beta)L$  olarak belirtilmektedir. Mahsul toplama etkinliğinin verimliliğini gösteren ( $q$ ) parametresi ile kirlilik yoğunluğunun şiddetini gösteren ( $\gamma$ ) parametresinin bir fonksiyonu şeklinde gösterilen kapalı ekonomi durağan durum kaynak stok dengesinin ( $S_1^A$ ) büyüklüğü, hangi aktivitenin yenilenebilir durağan durum kaynak stoğu üzerinde daha zararlı olduğunu gösterir ve farklı refah etkilerinin gözlemlenmesine neden olmaktadır. Eğer;

- i) Durağan durum kaynak stoğu üzerinde aşırı mahsul tüketimi, üretim faaliyeti kaynaklı kirlilik yoğunluğuna göre daha zararlı ise,

$$H(t) > Z(t) \implies q\beta LS_1^A > \gamma(1 - \beta)L \implies S_1^A > \frac{\gamma}{q} \text{ olur.}^{29} \quad (196)$$

- ii) Durağan durum kaynak stoğu üzerinde üretim faaliyeti kaynaklı kirlilik yoğunluğu, aşırı mahsul tüketimine göre daha zararlı ise,

$$Z(t) > H(t) \implies \gamma(1 - \beta)L > q\beta LS_1^A \implies S_1^A < \frac{\gamma}{q} \text{ olur.} \quad (197)$$

Sonuç olarak, durağan durumdaki yenilenebilir doğal kaynak malı seviyesi, göreceli kirlilik yoğunluğu etkeninden büyük olursa, aşırı mahsul tüketimi faaliyetini belirten  $H(t)$ , doğal kaynak malı üzerinde daha zararlı olan etkidir. Buna bağlı olarak, aşağıdaki önsav burada ifade edilecek ve bu ön savın ilgili makalelerde yer almayan detaylı kanıtı gösterilecektir.

**Ön sav 1:** Kapalı bir ekonomi durağan durum dengesinden dış ticarete açıldığında ve  $\bar{\gamma} = qK(1 - \frac{qL}{r})$  olarak ifade edildiğinde, eğer kirlilik yoğunluğu parametresi düşük ise [ $\gamma < \bar{\gamma}$ ] aşırı mahsul tüketimi  $H(t)$  durağan durum kaynak stoğu üzerinde daha zararlı etki oluşturur iken, eğer kirlilik yoğunluğu parametresi yüksek ise [ $\gamma > \bar{\gamma}$ ] üretim faaliyeti sonucu oluşan kirlilik  $Z(t)$  durağan durum kaynak stoğu üzerinde daha zararlı etken olmaktadır.

**Kanıt (Ön sav 1):** (121) numaralı eşitlikte belirtildiği üzere kapalı ekonomi durağan

durum kaynak stok seviyesi  $S_1^A = \frac{K[r - q\beta L + \sqrt{(q\beta L - r)^2 - \frac{4r}{K}\gamma(1 - \beta)L}]}{2r}$  olmaktadır. İlgili

<sup>29</sup> Rus (2016) makalesinde olduğu gibi bu ifade sadeleştirilirken  $(1 - \beta) \cong \beta$  eşitliği kabul edilmiştir.

ekonomide aşırı mahsul tüketiminin, yenilenebilir kaynak stoğunu daha azaltıcı faktör olarak tanımlanabilmesi için (196) numaralı koşul sağlanmalıdır bu durumda;

$$\frac{K[r - q\beta L + \sqrt{(q\beta L - r)^2 - \frac{4r}{K}\gamma(1-\beta)L}]}{2r} > \frac{\gamma}{q} \implies \frac{2\gamma r}{qK} - r + q\beta L < \sqrt{(q\beta L - r)^2 - \frac{4r}{K}\gamma(1-\beta)L}$$

olmaktadır. Her iki tarafın karesini alarak ifade düzenlendiği zaman;

$$\left[\frac{2\gamma r}{qK} + (q\beta L - r)\right]^2 < (q\beta L - r)^2 - \frac{4r}{K}\gamma(1-\beta)L \quad (198)$$

$$\left[\frac{2\gamma r}{qK}\right]^2 + 2\left[\frac{2\gamma r}{qK}\right](q\beta L - r) + (q\beta L - r)^2 < (q\beta L - r)^2 - \frac{4r}{K}\gamma(1-\beta)L \quad (199)$$

$$\frac{4r^2\gamma^2}{qK} + \frac{4r\gamma q\beta L}{qK} - \frac{4r^2\gamma}{qK} < -\frac{4r}{K}\gamma(1-\beta)L \quad (200)$$

$$\frac{4r^2\gamma^2}{qK} \left[1 - \frac{\gamma}{qK}\right] > \frac{4r\gamma L}{K} [\underbrace{\beta + (1-\beta)}_{=1}] \implies \gamma < qK \left[1 - \frac{qL}{r}\right] = \bar{\gamma} \quad (201)$$

elde edilir. Sonuç olarak aşağıdaki iki şarta ulaşılmaktadır;

- i)  $\gamma < qK \left[1 - \frac{qL}{r}\right] = \bar{\gamma}$  Durumunda (yani kirlilik yoğunluk parametresi eşik değerinin altında bir değer aldığımda)  $S_1^A > \frac{\gamma}{q}$  ve  $H(t)$  faaliyeti, yenilenebilir kaynak stoğu üzerinde,  $Z(t)$  faaliyetine göre daha zararlı olmaktadır.
- ii)  $\gamma > qK \left[1 - \frac{qL}{r}\right] = \bar{\gamma}$  durumunda (yani kirlilik yoğunluk parametresi eşik değerinin altında bir değer aldığımda)  $S_1^A < \frac{\gamma}{q}$  sonucu ortaya çıkmaktadır ve  $Z(t)$  faaliyeti, yenilenebilir kaynak stoğu üzerinde,  $H(t)$  faaliyetine göre daha zararlı olmaktadır.

### 3.2. İki Ülkeli Uluslararası Dış Ticaret Modelinin Varsayımları

Brander ve Taylor (1998), benzer bir biçimde fiyatın içselleştirildiği ve belirli parametrelerde farklılaşan iki ülke varsayılacaktır. İlgili makalede farklılaşmaya sebep olan etken, girdi fiyatlarının göreceli yoğunluğu olmasına rağmen, burada tanımlanacak olan modelde iki ülkenin birbirlerinden farklılaşmasına neden olacak etken kirlilik yoğunluğu parametresi olacaktır.

Varsayalım ki, modelde iki farklı ülke olsun. Ülkelerden ilki “ana ülke” olarak adlandırılırken, diğer ülke” yabancı ülke” şeklinde adlandırılınsın. Kirlilik yoğunluğu

parametresi ( $\gamma$ ) dışında, geri kalan tüm parametrelerin benzer olduğu bu iki ülke arasında dış ticaret faaliyeti gerçekleşecektir. Ana ülke de yer alan kirlilik parametresi  $\gamma$  ile gösterilirken, yabancı ülkedeki kirlilik parametresi  $\gamma^*$  olarak ifade edilmektedir.<sup>30</sup> Ana ülke de yer alan kirlilik yoğunluk parametresinin, yabancı ülkedeki kirlilik yoğunluk parametresinden büyük olduğu varsayılmaktadır. Buna ek olarak, her iki ülkede de yenilenebilir kaynak stoğu üzerinde daha zararlı olan etkenin aşırı mahsul toplam  $H(t)$  faaliyeti olduğu varsayıldığında aşağıdaki eşitliğe ulaşılır;

$$\bar{\gamma} > \gamma > \gamma^* \quad (202)$$

(202) numaralı eşitlik, modelin dış ticaret tarafında farklılaşmayı yaratan en temel etkendir.

Burada ortaya çıkan soru şudur; durağan durum dengesinden dış ticarete açılan bir ekonominin, kaynak stoğu üzerinde daha zararlı bir etken faktör olarak niçin  $Z(t)$  değil de  $H(t)$  faktörü seçilmiştir? Bu sorunun cevabı Rus (2016) makalesinde dipnot olarak verilmektedir. En kısa ifadesiyle şu söylenebilir; üretim olanakları eğrisinin konveks tarafında yer alan kapalı ekonomi durağan durum dengesi, ilgili ekonomi dış ticarete açıldığında kararlı bir denge özelliği gösterememektedir. Bu sebepten dolayı, kapalı ekonomi durum durağan durum dengesi, üretim olanakları eğrisinin konkav tarafından seçilmektedir ve eğrinin konkav tarafında  $S > \frac{\gamma}{q}$  koşulu geçerli olmaktadır. Yani,  $H(t)$  aşırı mahsul tüketim faaliyeti,  $Z(t)$  üretim kaynaklı kirlilik faaliyetine nazaran, yenilenebilir kaynak stoğu üzerinde daha zararlı olmaktadır. (Ek 6'ya bakınız.)

Modelin geri kalan varsayımları şu şekildedir;

- i) Yenilenebilir kaynak stoğu üzerinde yalnızca o ülkede yerleşik bulunan vatandaşlar erişim hakkına sahiptir. Yani, aşırı mahsul tüketimine sebep olan “açık-erişim problemi” yalnızca ilgili ülkede meskûn bulunan kişiler tarafından içselleştirilebilir.
- ii) Her iki mal da ( $H$  ve  $M$ ) dış ticarete tabidir. Hangi ülkede daha düşük maliyete üretiliyorsa, o ülke ilgili malın ihracatçısı konumunda olacakken, diğer ülke ithalatçısı durumunda olacaktır.

---

<sup>30</sup> Modelin geri kalan tüm kısımların, \* ile üstel şekilde ifade edilen tüm parametreler ve içsel değişkenler yabancı ülkeye ait terimler olarak adlandırılacaktır.



- iii) Üretim faaliyetinin girdisi olarak tanımlanan emek ( $L$ ) faktörü ülke sınırları içerisinde hareketli iken, ülkeler arasında hareketsizdir. Yani, ülkeler arasında emek faktörünün serbest hareketliliğinden söz edilemez.
- iv) Her iki ülkede de kapalı ekonomi durağan durum dengesini pozitif yapan parametreler geçerlidir.  $\gamma, \gamma^* < \frac{K(r-q\beta L)^2}{4r(1-\beta)L}$  Kirlilik yoğunluğunun yeterince küçük olması sağlanmaktadır.

### 3.3. İki Ülkeli Uluslararası Dış Ticaret Modelinin Pozitif Çözümlemesi

Her iki ülkede de dış ticaret sonucunda, her iki malında üretildiği bir dengeye ulaşıldığını varsayalım.<sup>31</sup> Bu denge unsurunu, her iki mal da eşanlı biçimde üretildiği için “çeşitlendirilmiş denge” olarak adlandıralım. Taylor ve Brander (1998) de belirttiği gibi, dış ticaret sonucunda her iki ülkede çeşitlendirilmiş denge noktasında üretim yaparsa, ilgili dış ticaret sürecinin en temel sonucu, durağan durum dengesinde veyahut da durağan durum dengesine geçiş sürecinin herhangi bir aşamasında, her iki ülkede de emeğin elde ettiği gelir ve yenilenebilir kaynak stok seviyesi eşit olmaktadır. Bu durum aşağıdaki önermeler ile gösterilmektedir.

**Önerme 4:** Uluslararası ticaret sonucunda eğer her iki ülke de çeşitlendirilmiş bir üretim faaliyetine sahip olursa, her iki ülkedeki emeğin geliri birbirine ve 1’e eşit olmak zorundadır [ $w = w^* = 1$ ].

**Kanıt 4:** Çeşitlendirilmiş üretim faaliyetinde her iki malında eşanlı olarak üretildiği bilindiğine göre, her iki ülkede de  $M$  malı üretilmekte,  $M$  sektöründeki emeğin geliri, emeğin marjinal ürünün değeri kadar olacağı için;<sup>32</sup>

$$p_M \frac{\partial M}{\partial L_M} = w = 1 \quad (203)$$

olmaktadır. Her iki ülke için de aynı durum geçerli olduğu için, girdi faktörü fiyat eşitliği gerçekleşir ve [ $w = w^* = 1$ ] sonucuna ulaşılır.

<sup>31</sup> Bu dengeye ulaşılması için gerekli olan koşul ilerde gösterilecektir.

<sup>32</sup> Bu işlem yapılırken, daha önceden belirtildiği üzere  $p_M = 1$  ve  $M = L_M$  eşitlikleri kullanılmıştır.

**Önerme 5:** Uluslararası ticaret sonucunda eğer her iki ülke de çeşitlendirilmiş bir üretim faaliyetine sahip olursa, dış ticaret sonucunda her iki ülkede eşit yenilenebilir kaynak stok seviyesine sahip olmak zorundadır [ $S = S^*$ ].

**Kanıt 5:** Bir birim  $H$  malı üretmek için gereken emek seviyesi  $q_{LH} = \frac{L_H}{q_{LHS}} = \frac{1}{q_S}$  olarak tanımlansın. (10) numaralı eşitlikten bildiğimiz üzere fiyat fonksiyonu  $p(q, S) = \frac{w}{q_S}$  olmaktadır. Ticaret sonucunda oluşan üretim faaliyetinde her iki malında eş anlı olarak üretildiğini ve bunun sonucunda emeğin elde ettiği gelirin [ $w = w^* = 1$ ] olduğunu bilinmektedir. Dış ticaret sonucu ortaya çıkacak olan fiyat seviyesi  $p_T$  olarak ifade edilirse;

$$p_T = \frac{w}{q_S} = \frac{w^*}{q_{S^*}} \implies S = S^* \text{ olmaktadır.}^{33} \quad (204)$$

Bu aşamadan sonra, Brander ve Taylor (1998) makalesine benzer bir biçimde dinamik geçiş sürecinin hem grafiksel hem de cebirsel analizi yapılacaktır. İlgili makaleden farklı olarak, burada tanımladığımız modelde, yenilenebilir kaynak stoğu üzerinde etki eden ek bir faktör olarak  $Z(t)$ 'de bulunduğu için, geçiş sürecinin cebirsel analizi doğrudan farklılaşacaktır.

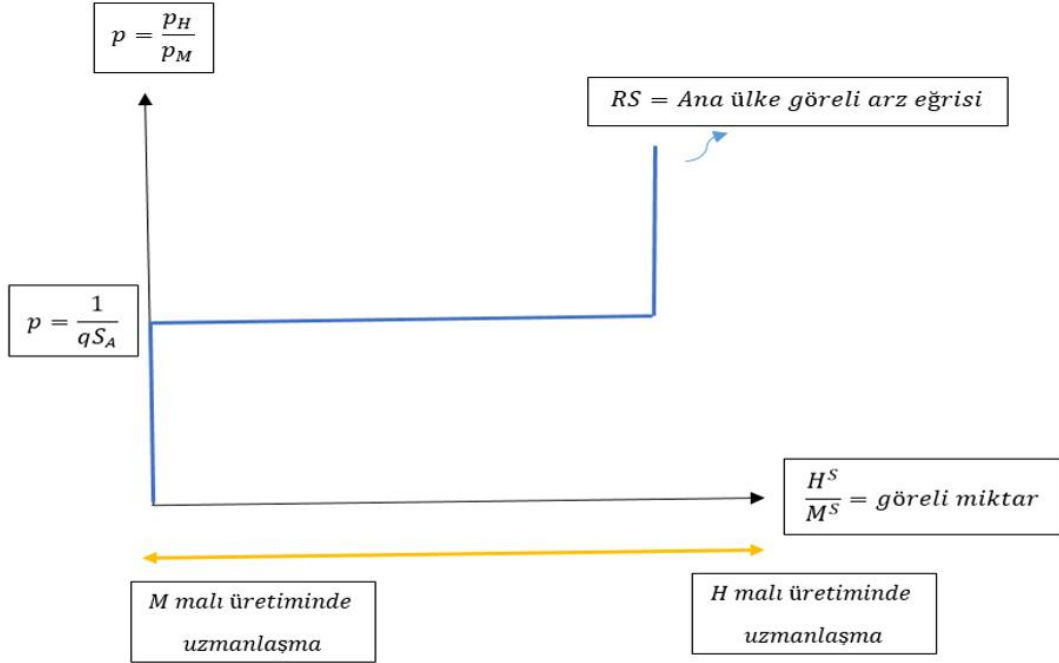
Grafiksel analiz için ilk olarak her iki ülkedeki göreceli arz ve talep eğrileri tanımlanacaktır.  $H$  Malının,  $M$  malına göreceli talep ifadesini  $R^D = \frac{H^D}{M^D}$  olarak tanımlandığı ve (114) numaralı eşitlikten  $H^D = \frac{w\beta L}{p}$  ve  $M^D = w(1 - \beta)L$  olduğuna göre;

$$R^D = \frac{H^D}{M^D} = \frac{w\beta L/p}{w(1-\beta)L} = \frac{\beta}{(1-\beta)p} \quad (205)$$

elde edilmektedir. Her iki ülke içinde ilgili ifadeler eşit olduğu için  $R^D$  aynı zamanda, yabancı ülkenin de göreceli talep eğrisidir. Bu eğri hem durağan durum dengesinde hem de durağan durum dengesine geçiş sürecinin herhangi bir aşamasında geçerlidir. Eğrinin fiyata göre değişimi;  $\frac{\partial R^D}{\partial p} = \frac{\beta}{(1-\beta)} (-1) \frac{1}{p^2} < 0$  olduğu için, ilgili talep doğrusu negatif eğimlidir.

<sup>33</sup> Kirlilik yoğunluğunu ifade  $\gamma$  parametresi dışında, diğer tüm dışsal parametreler eşit olduğu için  $q = q^*$  olduğu kabul edilmiştir.

Göreceli arz eğrisi ise, başlangıç varsayımımız  $\bar{\gamma} > \gamma > \gamma^*$  ifadesinden ötürü her iki ülkede farklılaşmaktadır. İlk olarak göreceli “ana ülke” için göreceli arz eğrisinin nasıl oluştuğunu gösterelim.<sup>34</sup>



**Şekil 8:** Kapalı Ekonomi Durumunda Ana Ülke Göreceli Arz Eğrisi

**Kaynak:** Yazar tarafından oluşturulmuştur.

- i) Veri bir  $S_A$  seviyesinde, eğer göreceli fiyat seviyesi  $p = \frac{p_H}{p_M} < \frac{1}{q_S}$  olursa,  $pq_S = w_H < 1 = w_M$  sonucu ortaya çıkacağı için, emek gücünün tamamı  $M$  malı sektöründe çalışmak isteyecektir.  $H$  malının mutlak ve göreceli arzı sıfır olur.  $[0, p_A = \frac{1}{q_S})$  aralığında bu durum geçerlidir. Grafiğe bakıldığında,  $y$  eksenini üzerinde dikey bir şekilde görülen çizgi bu durumu ifade etmektedir.
- ii) Eğer göreceli fiyat seviyesi  $p = \frac{p_H}{p_M} = \frac{1}{q_S}$  olursa,  $pq_S = w_H = 1 = w_M$  sonucu ortaya çıkmaktadır.  $H$  sektöründeki emeğin marjinal getirisinin değeri ile,  $M$  sektöründeki emeğin marjinal getirisi eşit olmaktadır. Bu durumda, emek her iki sektörde de eşanlı olarak çalışmaktadır. Çeşitlendirilmiş üretim dengesi mevcuttur. Göreceli arz eğrisi

<sup>34</sup> Yabancı ülke için oluşacak olan göreceli arz eğrisi de benzer bir mantıkla ortaya çıktığı için, tek bir ülke üzerinden çözümleme yapmak yeterlidir.

$\frac{H^S}{M^S}$ ,  $(0, \infty)$  arasında değer almaktadır. Grafiğe bakıldığında, x eksenine paralel çizilmiş çizgi bu durumu ifade etmektedir.

- iii) Eğer göreceli fiyat seviyesi  $p = \frac{p_H}{p_M} > \frac{1}{q_S}$  olursa,  $pq_S = w_H > 1 = w_M$  sonucu ortaya çıkacağı için, emek gücünün tamamı  $H$  malı sektöründe çalışmak isteyecektir. Ekonomi,  $H$  malı üretim faaliyetinde uzmanlaşır.  $M$  malının mutlak ve göreceli üretimi sıfır olur.  $(p_A = \frac{1}{q_S}, \infty)$  aralığında bu durum geçerlidir. Grafiğe bakıldığında, y eksenine paralel çizilmiş çizgi bu durumu ifade etmektedir.

Burada önemli bir noktanın belirtilmesi gerekmektedir. Yabancı ülke için de çizilecek olan göreceli arz eğrisi aynı şekilde ifade edilecektir fakat başlangıç koşulu olarak ifade edilen (202) numaralı eşitliğe göre  $[\bar{\gamma} > \gamma > \gamma^*]$ , ana ülkenin kapalı ekonomi durağan durum yenilenebilir kaynak stok seviyesi, yabancı ülke için ifade edilecek aynı değerden daha düşük olacaktır. Özet olarak;

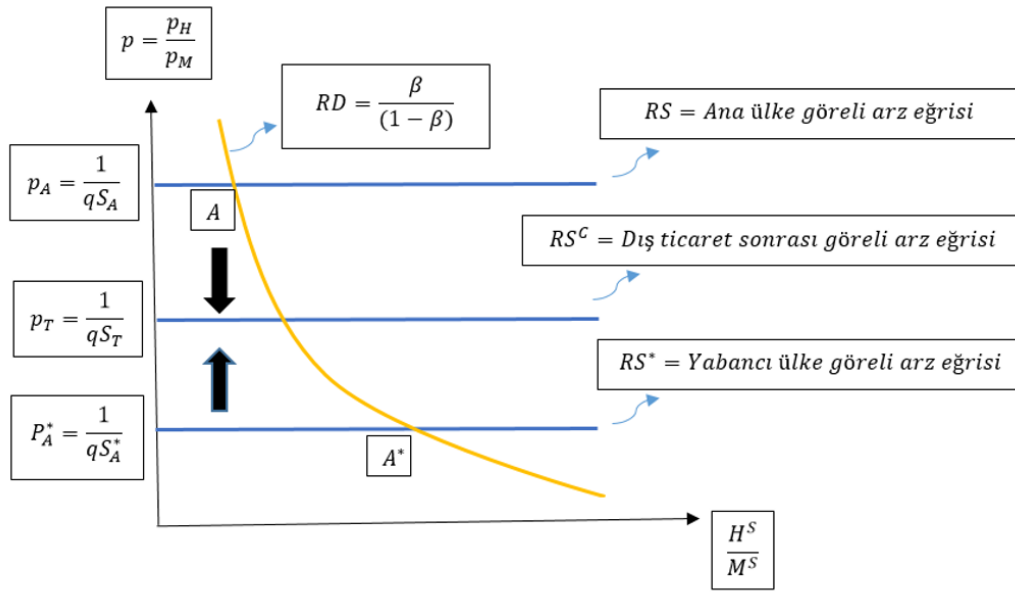
$$S_A = \frac{K[r - q\beta L + \sqrt{(q\beta L - r)^2 - \frac{4r}{K}\gamma(1-\beta)L}]}{2r} < S_A^* = \frac{K[r - q\beta L + \sqrt{(q\beta L - r)^2 - \frac{4r}{K}\gamma^*(1-\beta)L}]}{2r} \quad (206)$$

sonucuna ulaşılır. (206) numaralı eşitliğe bağlı olarak, kapalı ekonomi durağan durum fiyat seviyesi için;

$$p_A^* = \frac{1}{qS_A^*} < p_A = \frac{1}{qS_A} \quad (207)$$

sonucu elde edilir. Modelin başında belirtildiği gibi, ticaret sonrası her iki ülkede, çeşitlendirilmiş üretim yapacağı için (her iki mal da üretilmektedir.), göreceli arz eğrilerinin sadece yatay kısmını göz önünde bulundurarak, göreceli arz ve talep eğrilerini aşağıdaki şekilde birleştirmek mümkündür.

Aşağıda mevcut bulunan şekil üzerinde, hem kapalı ekonomi durumunda geçerli olan göreceli arz ve talep eğrileri, hem de dış ticaret sonrası oluşan göreceli arz ve talep eğrileri bir arada gösterilmektedir.



**Şekil 9:** Kapalı Ekonomi ve Dış Ticaret Sonucu Oluşan Göreceli Arz ve Talep Eğrileri

**Kaynak:** Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Kapalı ekonomi durumunda her iki ülkenin de durağan durum dengesinde olduğunu varsayalım. Bu durumda, ana ülke için ilgili denge,  $A$  noktasında, yabancı ülke için ise  $A^*$  noktasında oluşmaktadır. Bu durumda, ana ülke için durağan durum fiyat seviyesi  $p_A = \frac{1}{q_{S_A}}$  değerinde oluşuyorken, yabancı ülke için durağan durum fiyat seviyesi  $P_A^* = \frac{1}{q_{S_A^*}}$  seviyesinde ortaya çıkar.

Daha sonrasında iki ülke arasında dış ticaretin başladığını varsayalım. Çeşitlendirilmiş üretim dengesinin hem durağan durum hem de durağan duruma geçiş süreci boyunca veri bir koşul olarak gerçekleştiğini biliyoruz. Buna bağlı olarak, durağan durum dengesine geçiş süreci çözümlenecektir.

İki ülke arasında ticarete başlandığı zaman, ana ülke, daha düşük maliyetle yabancı ülkede üretilen  $H$  malına erişebilir duruma geçmektedir. Bunun sonucu olarak, ana ülke, yabancı ülkeden  $H$  malı ithalatı yapar. Yabancı ülke ise  $H$  malındaki göreceli fiyat üstünlüğüne bağlı olarak  $H$  malı ihracatına başlarken, bunun karşılığında ana ülkeden  $M$  malı ithal etmek için talep yaratır. Bu süreç içerisinde her iki ülkede de neler yaşanacağını özetlemek gerekirse;

- i) Ana ülkede, emek ( $L$ ),  $H$  malı sektöründen,  $M$  malı sektörüne doğru geçiş gösterir. Bu durumda ana ülkede  $H$  malı üretimi azalır. [ $\bar{\gamma} > \gamma > \gamma^*$ ] veri koşulu altında, her iki ülke için de stok üzerinde daha zararlı olan üretim faaliyet,  $H$  malı üretimi olduğu için,  $H$  malı üretiminde yaşanan azalış, yenilenebilir kaynak stok seviyesini arttırmaktadır. Buna bağlı olarak  $p_A = \frac{1}{q_{SA}}$  fiyat seviyesi,  $p_T$  seviyesine kadar düşer.  $RS$  Eğrisi aşağı doğru hareket eder.
- ii) Yabancı ülkede, emek ( $L$ ),  $M$  sektöründen,  $H$  malı sektörüne doğru geçiş gösterir. Bu durumda yabancı ülkede  $H$  malı üretimi artar. [ $\bar{\gamma} > \gamma > \gamma^*$ ] veri koşulu altında, her iki ülke için de stok üzerinde daha zararlı olan üretim faaliyeti,  $H$  malı üretimi olduğu için,  $H$  malı üretiminde yaşanan artış, yenilenebilir kaynak stok seviyesini azaltmaktadır. Buna bağlı olarak  $p_A^* = \frac{1}{q_{SA}^*}$  fiyat seviyesi,  $p_T$  seviyesine kadar artar.<sup>35</sup>  $RS^*$  eğrisi yukarı doğru hareket eder.

Bu durum, her iki ülkenin de göreceli arz eğrileri de yeni durağan durum dengesine geçene kadar devam edecektir. Ticaret sonrası oluşan çeşitlendirilmiş üretim dengesinde, Önerme 5'te belirtildiği üzere, her iki ülkenin durağan durum yenilenebilir kaynak stok seviyesi birbirine eşit olmak zorundadır. Bu seviye,  $S_T$  olarak isimlendirilir ve [ $S = S^* = S^T$ ] sonucuna ulaşılır. İlgili yenilenebilir kaynak stok seviyesinde, ortak bir göreceli arz eğrisi oluşur ve  $RS^C$  olarak adlandırılır.  $RS^C$  eğrisi,  $p_T = \frac{1}{q_{ST}}$  seviyesinde, yatay eksene paralel olmaktadır.

Brander ve Taylor (1998)'de belirtildiği üzere, ampirik verilerle daha uyumlu olan çeşitlendirilmiş denge kavramına odaklanılacaktır. Bunun için gerekli olan koşullar daha sonraki önermeler de matematiksel olarak belirtilecektir.

Grafiksel olarak ifade ettiğimiz çeşitlendirilmiş durağan durum dengesine geçiş süreci analizini cebirsel olarak aşağıda ifade edeceğimiz önermeler ile gösterilecektir.

<sup>35</sup> İki ülke arasında ticaret başladığı zaman, yabancı ülke için  $H$  sektöründe başlangıç anı karlılığı oluşur (Brander ve Taylor 1997). Emek, doğal olarak  $H$  sektörüne doğru kayar. Bu durumda, iki farklı netice oluşabilir. İlk olarak, tüm emek  $H$  sektörüne kayarak tam uzmanlaşma oluşabilir. İkinci olarak, tam uzmanlaşma olmasa bile otarşi durumuna göre daha fazla emek  $H$  sektöründe çalışarak, çeşitlendirilmiş denge oluşabilir. Her iki durumda da  $H^*(t)$  seviyesi artacağı için,  $S_A^*$  kaynak stok seviyesi azalır ve  $RS^*$  eğrisi yukarı doğru hareket eder.

**Önerme 6:** Uluslararası ticaret sonucunda her iki ülkenin de çeşitlendirilmiş bir durağan durum dengesinde olduğunda,  $[\bar{\gamma} > \gamma > \gamma^*]$  veri koşulu altında, kirlilik yoğunluğu daha düşük olan ülke (yabancı ülke)  $H$  malı ihraç ederken, kirlilik yoğunluğu daha yüksek olan ülke (ana ülke)  $M$  malı ihraç eder.

**Kanıt 6:** Amacımız dış ticaret sonrası denge noktasında, ana ülke için  $H$  malı talebinin,  $H$  malı arzından yüksek olduğunu belirterek, ana ülkenin  $H$  malı ithal ettiğini (veyahut da yabancı ülkenin  $H$  malı ihraç ettiğini) göstermektir  $[H^D - H^S > 0]$ . Başlangıç koşulumuzun,  $[\bar{\gamma} > \gamma > \gamma^*]$  olduğunu tekrardan belirtelim. Durağan durum dengesinde her iki ülkede oluşan  $H$  malına yönelik talep fonksiyonları (26) numaralı eşitlikten,  $H^D = q\beta LS$  ve  $H^{D*} = q\beta LS^*$  olmaktadır. Önerme 5'ten bilindiği üzere, ticaret sonrası durağan durum dengesinde  $S = S^*$  olduğu için;

$$\frac{H^D}{H^{D*}} = \frac{q\beta LS}{q\beta LS^*} = 1 \quad (208)$$

olmaktadır. Durağan durum denge koşulunda, (110) numaralı eşitlik geçerli olduğu için her iki ülkenin de arz fonksiyonları  $[\frac{dS}{dt} = \frac{dS^*}{dt} = 0]$  ;

$$i) \quad H^S = G[S(t)] - Z(t) \quad \longrightarrow \quad H^S = rS \left[1 - \frac{S}{K}\right] - \gamma(1 - \beta)L \quad (209)$$

$$ii) \quad H^{S*} = G^*[S^*(t)] - Z^*(t) \quad \longrightarrow \quad H^{S*} = rS^* \left[1 - \frac{S^*}{K}\right] - \gamma^*(1 - \beta)L \quad (210)$$

Bu ifadelere bağlı olarak,  $\frac{H^D/H^{D*}}{H^S/H^{S*}}$  ifadesinin açık formunu şu şekilde yazmak mümkündür;

$$\frac{H^D/H^{D*}}{H^S/H^{S*}} = \frac{H^D/H^S}{H^{D*}/H^{S*}} = \frac{1}{[rS[1 - \frac{S}{K}] - \gamma(1 - \beta)L] / [rS^*[1 - \frac{S^*}{K}] - \gamma^*(1 - \beta)L]} > 1 \quad (211)$$

Çünkü  $\gamma > \gamma^*$  koşulu veri iken,  $[rS[1 - \frac{S}{K}] - \gamma(1 - \beta)L] < [rS^*[1 - \frac{S^*}{K}] - \gamma^*(1 - \beta)L]$  sonucuna ulaşılmaktadır.<sup>36</sup> Bu koşullar altında elimizde eş anlı olarak geçerli olan iki eşitlik mevcuttur. Bu eşitlikler;

$$i) \quad \frac{H^D/H^S}{H^{D*}/H^{S*}} > 1 \quad \longrightarrow \quad \frac{H^D}{H^S} > \frac{H^{D*}}{H^{S*}} \quad [durağan durum 1. kısıt] \quad (212)$$

<sup>36</sup> Bu noktada, ticaret sonrası çeşitlendirilmiş durağan durum dengesinde bulunduğumuz varsayıldığı için  $S = S^*$  eşitliği kullanılmıştır.

$$\text{ii) } H^D + H^{D*} = H^S + H^{S*} \quad [\text{durağan durum 2. kısıt}] \quad (213)$$

Durağan durum 2. Kısıt'ı olarak belirtilen eşitlik, piyasa temizleme koşuludur. Yani, herhangi bir mala yönelik “artık arz” veya “talep” bulunmayacağını ifade etmektedir. Bu iki kısıtı beraber değerlendirerek aşağıdaki sonuçlara ulaşılır;

i) Eğer  $H^D = H^S$  varsayılırsa, piyasa temizleme koşulunun geçerli olabilmesi için,  $H^{D*} = H^{S*}$  eşitliği oluşmalıdır. Bu durumda ise, durağan durum 1. kısıt olarak ifade edilen (212) numaralı eşitlik sağlanamamaktadır. Sonuç olarak,  $H^D \neq H^S$  neticesine ulaşılır.

ii) Eğer  $H^D < H^S$  varsayılırsa, piyasa temizleme koşulunun geçerli olabilmesi için,  $H^{D*} > H^{S*}$  eşitliği oluşmalıdır. Bu durumda ise,  $\frac{H^D}{H^S} < 1$  iken,  $\frac{H^{D*}}{H^{S*}} > 1$  sonucuna ulaşılır ve bu ifadeler durağan durum 1.kısıtı olarak ifade edilen (212) numaralı eşitliği sağlamamaktadır.

iii) Eğer  $H^D > H^S$  varsayılırsa, piyasa temizleme koşulunun geçerli olabilmesi için,  $H^{D*} < H^{S*}$  eşitliği oluşmalıdır. Bu durumda ise,  $\frac{H^D}{H^S} > 1$  iken,  $\frac{H^{D*}}{H^{S*}} < 1$  sonucu elde edilir ve bu ifadeler durağan durum 1.kısıtı olarak ifade edilen (212) numaralı eşitliği sağlamaktadır.

Sonuç olarak, (iii) numaralı sonuç geçerlidir. Yani, ticaret sonrası durağan durum dengesinde ana ülkede  $H$  malına yönelik talep,  $H$  malına yönelik arzdan fazla olduğu için ana ülke  $H$  malı ithalatı yaparken, yabancı ülke  $M$  malı ithalatı yapmaktadır. ■

Önerme 6, Şekil 9 üzerinde gösterdiğimiz ok hareketlerinin cebirsel bir açıklamasını sunmaktadır. Kapalı ekonomi durağan durum dengesi,  $[\bar{\gamma} > \gamma > \gamma^*]$  veri koşulu altında, üretim olanakları eğrisinin konkav tarafında bulunulduğu için, kirlilik yoğunluğu parametresinin farklılaşması, ülkelerin kapalı ekonomi göreceli fiyatını ve kaynak stok miktarını ve ticaretin yönünü belirlemektedir. Klasik standart faktör donanım modellerinde, kapalı ekonomi göreceli fiyatı, emek-sermaye yoğunluğundaki değişime bağlı olarak belirlenmekteydi. Burada kurulan model de ise, bu görevi göreceli kirlilik yoğunluğundaki farklılaşma yapmaktadır. Bu duruma ilave olarak, Standart faktör donanımlarından farklı fakat Brander ve Taylor (1998) modellerine benzer biçimde,



ülkeler arası üretimin yeniden dağıtımını yapan mekanizma, ticaret sonrası kaynak stoklarının eşitliğini sağlamaktadır.

Aşağıda tanımlanacak önermeler, ticaret sonrası yenilenebilir kaynak stoğu ve fiyat eşitliğinin matematiksel kanıtı gösterecektir.

**Önerme 7:** Uluslararası ticaret sonucunda her iki ülkenin de çeşitlendirilmiş bir durağan durum dengesinde olduğunda,  $[\bar{\gamma} > \gamma > \gamma^*]$  veri koşulu altında, ticaret sonrası ortak yenilenebilir kaynak stok seviyesi ( $S_T$ ), her iki ülkenin kapalı ekonomi kaynak stok seviyeleri arasında bir değer alır.

**Kanıt 7:** Ticaret sonucu oluşan durağan durum dengesinde, piyasa temizleme koşulunu tekrardan yazalım. Bu koşul geçerli iken, ilk olarak,  $S_T$  değeri bulunacaktır. Piyasa temizleme koşulu (213) numaralı eşitlikte belirtildiği üzere;

$$H^D(S_T) + H^{D^*}(S_T) = H^S(S_T) + H^{S^*}(S_T) \quad (214)$$

şeklinde tanımlanmaktadır. Ticaret sonrası durağan durum kaynak stok seviyesinde ( $S_T$ );

$$i) \quad H^D(S_T) = q\beta LS_T \quad (215)$$

$$ii) \quad H^{D^*}(S_T) = q\beta LS_T \quad (216)$$

$$iii) \quad H^S(S_T) = G[S_T(t)] - Z(t) = rS_T \left(1 - \frac{S_T}{K}\right) - \gamma(1 - \beta)L \quad (217)$$

$$iv) \quad H^{S^*}(S_T) = G^*[S^*(t)] - Z^*(t) = rS_T \left(1 - \frac{S_T}{K}\right) - \gamma^*(1 - \beta)L \quad (218)$$

bu bilgileri kullanarak, (214) numaralı eşitlik açık formda yazıldığında;

$$q\beta LS_T + q\beta LS_T = rS_T \left(1 - \frac{S_T}{K}\right) - \gamma(1 - \beta)L + rS_T \left(1 - \frac{S_T}{K}\right) - \gamma^*(1 - \beta)L \quad (219)$$

$$2q\beta LS_T + (1 - \beta)L[\gamma + \gamma^*] = 2rS_T \left(1 - \frac{S_T}{K}\right)$$

$$2r \frac{(S_T)^2}{K} - 2rS_T + 2q\beta LS_T + (1 - \beta)L[\gamma + \gamma^*] = 0 \quad (220)$$

bu eşitliğin köklerini bulduğumuzda, anlamlı kök olan  $S_T$  ifadesi aşağıdaki şekilde yazılacaktır;

$$S_T = \frac{(r - q\beta L) + \sqrt{(q\beta L - r)^2 - \frac{2r}{K}(1 - \beta)L(\gamma + \gamma^*)}}{\frac{2r}{K}} \quad (221)$$

Kapalı ekonomi durağan durum dengeleri (121) numaralı eşitlikten her iki ülke için de şu

şekilde gösterilir;  $S_A = \frac{K[r - q\beta L + \sqrt{(q\beta L - r)^2 - \frac{4r}{K}\gamma(1-\beta)L}]}{2r}$  ve diğer durağan durum dengesi ise

$$S_A^* = \frac{K[r - q\beta L + \sqrt{(q\beta L - r)^2 - \frac{4r}{K}\gamma^*(1-\beta)L}]}{2r}.$$

Bu durumda, (221) numaralı eşitlik ile yukarıda tanımladığımız kapalı ekonomi durağan durum kaynak stoğu dengesi arasındaki farklılaşmayı yaratan terim, kök içindeki  $\frac{2r}{K}(1-\beta)L(\gamma + \gamma^*)$  ifadesi olmaktadır ki;

- i)  $\frac{2r}{K}(1-\beta)L(\gamma + \gamma^*) < \frac{4r}{K}\gamma(1-\beta)L$  eşitsizliği, (202) numaralı veri koşul gözününe alındığında  $\frac{(\gamma + \gamma^*)}{2} < \gamma$  ifadesine dönüşmektedir. Böylece,  $S_T > S_A$  olmaktadır.
- ii)  $\frac{2r}{K}(1-\beta)L(\gamma + \gamma^*) > \frac{4r}{K}\gamma^*(1-\beta)L$  eşitsizliği, (202) numaralı veri koşul gözününe alındığında  $\frac{(\gamma + \gamma^*)}{2} > \gamma^*$  ifadesine dönüşmektedir. Böylece,  $S_T < S_A^*$  olmaktadır.

Sonuç olarak,  $S_A < S_T < S_A^*$  ifadesine ulaşılır. Önerme 7’de belirttiğimiz üzere, ticaret sonrası oluşan ortak durağan durum kaynak stok seviyesi, kapalı ekonomi durağan durum kaynak seviyelerinin arasında bir değer almaktadır.<sup>37</sup> ■

Bu aşamada şu sonuç açık bir şekilde görülmektedir.  $S_A$  ve  $S_A^*$  değerleri pozitif olduğu için, bu iki değer arasında bir değer alan  $S_T$  değeri de pozitif olmak zorundadır. Cebirsel olarak bu ifadenin kanıtı Ek 7. bölümde bulunmaktadır.

**Önerme 8:** Uluslararası ticaret sonucunda her iki ülkenin de çeşitlendirilmiş bir durağan durum dengesinde olduğunda,  $[\bar{\gamma} > \gamma > \gamma^*]$  veri koşulu altında, ticaret sonrası doğal

<sup>37</sup> Kirlilik yoğunluğu parametre ifadesi, kirlilik parametresinin, ilgili durumdaki kaynak stok seviyesine oranı şeklinde göreceli olarak da ifade edilebilir. Bu durumda, ana ülkenin göreceli kirlilik yoğunluğu parametresi  $\frac{\gamma}{S_A}$  olurken yabancı ülkenin ise  $\frac{\gamma^*}{S_A^*}$  olmaktadır. Bu durumda ticaret sonucu oluşan durağan durum dengesindeki göreceli kirlilik parametresi yoğunluğu  $\frac{(\gamma + \gamma^*)}{S_T}$  olmaktadır. Biliyoruz ki;  $\gamma > \frac{(\gamma + \gamma^*)}{2} > \gamma^*$  ve  $S_A < S_T < S_A^*$  olmaktadır ve bu durum en başta yazdığımız göreceli kirlilik parametrelere için de  $\frac{\gamma}{S_A} > \frac{(\gamma + \gamma^*)}{S_T} > \frac{\gamma^*}{S_A^*}$  gibi bir sonuç doğurmaktadır. Sonuç olarak kirlilik parametrelerinin birbirleriyle olan ilişkilerini, göreceli kirlilik parametrelere üzerinden tanımladığımız durumda bile, bulduğumuz sonuçlar değişmemektedir.

kaynak malının (H) dünya fiyat seviyesi ( $p_T$ ), her iki ülkenin kapalı ekonomi doğal kaynak malı fiyat seviyelerinin arasında bir değer alır. [ $p_A > p_T > p_A^*$ ]

**Kanıt 8:** Her iki malında eş anlı olarak üretildiği kapalı ekonomi yenilenebilir stoğun durağan durum dengesinde, doğal kaynak malının fiyatı ana ülke için,  $p_A = \frac{w}{qS_A}$  ve yabancı ülke için,  $p_A^* = \frac{w^*}{qS_A^*}$  şeklinde yazılmaktadır. Çeşitlendirilmiş durağan durum dengesinde Önerme 4'ten bildiğimiz üzere  $w = w^* = 1$  olmaktadır. Bu durumda kapalı ekonomi göreceli fiyat seviyeleri şu ifadeye dönüşmektedir. Ana ülke için;  $p_A = \frac{1}{qS_A}$  ve yabancı ülke için  $p_A^* = \frac{1}{qS_A^*}$  olarak sonuçlanır.

Ticaret sonrası oluşan durağan durum dengesindeki dünya fiyat seviyesi ise  $p_T = \frac{1}{qS_T}$  olduğu için ve Önerme 7' de gösterildiği üzere  $S_A < S_T < S_A^*$  şartı geçerli olduğundan dolayı;

$$p_A = \frac{1}{qS_A} > p_T = \frac{1}{qS_T} > p_A^* = \frac{1}{qS_A^*} \longrightarrow p_A > p_T > p_A^* \quad (222)$$

sonucuna ulaşılır ve Önerme 8 kanıtlanmış olur. ■

Buraya kadar ifade edilen ve dış ticaret sonrası durağan durum dengesine ilişkin olan önermelerin hepsinin arkasında, ilgili denge koşulunun “çeşitlendirilmiş denge” olması gerektiği varsayımı yatmaktadır. Bundan sonraki önerme de hangi koşul altında durağan durum dengesinin kesinlikle çeşitlendirilmiş bir denge olarak ortaya çıkacağı gösterilecektir. İlgili koşulun matematiksel gösterimine geçmeden önce şunu belirtmek gerekir. Durağan durumda her iki malında üretildiği denge koşulu, her iki ülkedeki göreceli kirlilik yoğunluğu parametrelerinin birbirlerine yakın değer almasına bağlıdır. Yani,  $\bar{\gamma} > \gamma > \gamma^*$  koşulu altında,  $\gamma$  ve  $\gamma^*$  parametreleri birbirlerine yakınsadıkça, ticaret sonrası durağan durum dengesinde her iki malında üretiliyor olma ihtimali artmaktadır.

**Önerme 9:** Uluslararası ticaret sonucunda hiçbir ülke M malı üretiminde tam uzmanlaşma sağlamayabilir.

**Kanıt 9:** Bu önermeye ilişkin kanıt, “çelişki yöntemi ile ispat” metodu ile yapılacaktır. İlk olarak ana ülke için önermenin geçerliliği gösterilecektir. Varsayalım ki, ticaret sonrası durağan durum denge noktasında ana ülke (başlangıç stok seviyesi daha düşük

olan ülke)  $M$  malı üretiminde tam uzmanlaşmaya gitsin. Bu durumda ilgili ülkedeki emeğin geliri, marjinal ürününün değeri kadar olacağı için;

$$p_M \frac{\partial M}{\partial L_M} = p_M = 1 = w \quad (223)$$

sonucuna ulaşılmaktadır. Başlangıç koşulu olarak, kirlilik yoğunluğu parametreleri arasındaki ilişki [ $\bar{\gamma} > \gamma > \gamma^*$ ] olduğunu göre, aşırı mahsül tüketiminin stok seviyesi üzerinde yarattığı negatif dışsallık [ $H(t)$ ], üretim faaliyeti sonucu oluşan negatif dışsallıktan [ $Z(t)$ ] daha büyük olmaktadır. Ana ülke,  $M$  malı üretiminde tam uzmanlaşmaya gittiği için ve  $M$  malı üretimi stok üzerinde daha az zararlı olduğundan, yenilenebilir kaynak stok seviyesi artmaktadır. İlgili kaynak stok seviyesini  $S_M$  diye adlandırırsak,  $S_M$  değeri,  $K$  (maksimum taşıma kapasitesi) değerini yakınsayacaktır. Bu ifadelerle bağlı olarak, ana ülke de  $H$  malı üretmenin örtülü maliyeti (7) numaralı eşitlikte kullanılarak şu şekilde hesaplanmaktadır;

$$\Phi_{L_H}(S_M).w = \frac{L_H}{qL_H S_M} w = \frac{1}{(qS_M)} \quad (224)$$

- i)  $\Phi_{L_H}(S_M)$  : Bir birim  $H$  malı üretmek için gereken emek miktarı
- ii)  $w$  : Emeğe ödenen ücret

Her iki ülkedeki tüketicilerin fayda fonksiyonunda yer alan  $H$  malı talebi bir gereklilik olduğu için, tüketiciler  $H$  malı da tüketmelidir. Buna bağlı olarak, yabancı ülke kesinlikle  $H$  malı üretmelidir. Yabancı ülke,  $H$  malı üretiminde ya tam uzmanlaşmaya gidecektir veyahutta eş anlı olarak her iki üründe de üretim yapacaktır. Bu durumda, yabancı ülkedeki emeğe ödenecek olan ücret  $w^* \geq 1$  şeklinde tanımlanmaktadır.<sup>38</sup> Bilinmektedir ki,  $H$  malı üretimi stok üzerinde daha zararlı olan üretim faaliyetidir. Böylece yabancı ülkedeki stok seviyesi [ $S_T$ ], ana ülkedeki stok seviyesi  $S_M$ 'den düşük olmaktadır. Yabancı ülkede bir birim  $H$  malı üretmenin maliyeti;

$$\Phi_{L_H}(S_T).w^* = \frac{L_H}{qL_H S_T} w^* = \frac{w^*}{(qS_T)} \quad (225)$$

<sup>38</sup>  $M$  malının üretildiği herhangi bir dengede emek için ödenecek olan ücret en az 1 olmaktadır. Eğer yalnızca  $H$  malı üretimi gerçekleşiyorsa ücret  $w^* > 1$  veya her iki üründe eş anlı üretiliyorsa  $w^* = 1$  olmaktadır.

<sup>39</sup> Aynı zamanda,  $H$  malının dünya göreceli fiyatıdır.

Her iki ülke için de  $H$  malı üretmenin maliyetini karşılaştırmak istediğimiz zaman,  $w^* \geq w$  ve  $S_T < S_M$  olduğuna göre;

$$\frac{w^*}{(qS_T)} > \frac{w}{(qS_M)} \quad (226)$$

eşitliğine ulaşılır. Yani,  $H$  malı üretmenin maliyeti, ana ülkede daha düşüktür. Bu durumda, ana ülke kesinlikle  $H$  malı üretmektedir. Bu durum ise, en başta varsaydığımız durumun tersidir.

Yabancı ülke açısından da kanıtı tekrarlayalım. Yabancı ülkenin  $M$  malı üretiminde tam uzmanlaşmaya gittiğini varsayalım. Bu durumda ilgili ülkedeki emeğin geliri, marjinal ürününün değeri kadar olacağı için;

$$p_M \frac{\partial M^*}{\partial L_M^*} = p_M = 1 = w^* \quad (227)$$

olmaktadır.  $M$  malı üretimi, yenilenebilir stok üzerinde daha az zararlı üretim faktörü olduğu için stok seviyesi artmaktadır. Bu stok seviyesini  $S_M^*$  olarak tanımlanmaktadır.  $S_M^*$  stok seviyesi,  $K$  (maksimum taşıma kapasitesi) seviyesine yakınsamaktadır. Buna bağlı olarak, yabancı ülkede  $H$  malı üretmenin örtük maliyeti;

$$\Phi_{L_H}(S_M^*). w^* = \frac{L_H}{qL_H S_M^*} w^* = \frac{1}{(qS_M^*)} \quad (228)$$

şeklinde oluşur. Ana ülkede ise, eş anlı olarak kesinlikle  $H$  malı üretilmektedir. Üretim faaliyetinin  $H$  malında tam uzmanlaşma veya çeşitlendirilmiş üretim olup olmamasına bağlı olarak, ana ülkede emek için ödenecek ücret  $w \geq 1$  olmaktadır.  $H$  malı üretimi, yenilenebilir kaynak stok seviyesi üzerinde daha zararlı üretim faaliyeti olduğu için, stok seviyesi azalır ve  $S_T$  olarak adlandırılır.  $S_T$  stok seviyesi,  $S_M^*$  stok seviyesinden daha düşüktür. Bu durumda, ana ülke için  $H$  malı üretmenin maliyeti;

$$\Phi_{L_H}(S_T). w = \frac{L_H}{qL_H S_T} w = \frac{w}{(qS_T)} \quad (229)$$

Her iki ülke için de  $H$  malı üretmenin maliyetini karşılaştırmak istediğimiz zaman,  $w^* \leq w$  ve  $S_T < S_M^*$  olduğuna göre;

$$\frac{w^*}{(qS_M^*)} < \frac{w}{(qS_T)} \quad (226)$$

eşitliğine ulaşılır. Yani,  $H$  malı üretmenin maliyeti, yabancı ülkede daha düşüktür. Bu durumda, yabancı ülke kesinlikle  $H$  malı üretmektedir. Bu durum ise, en başta varsaydığımız durumun tersidir.<sup>40</sup>

**Önerme 10:** Uluslararası ticaret sonucunda her iki ülkenin de denge noktasında her iki malı da üretilmesi için (çeşitlendirilmiş denge) gereklilik ve yeterlilik koşulu;

$$2[(q\beta L - r)] > 2q(1 - \beta)L \frac{(\gamma + \gamma^*)}{(\gamma^* - \gamma)} + r \frac{(\gamma^* - \gamma)}{qK} \quad (227)$$

**Kanıt 10 (i):** Yabancı ülke için yazılan (227) numaralı eşitliğin sağlandığını göstermeye çalışalım. İlk olarak “gereklilik” koşulunda odaklanılacaktır. Varsayalım ki, yabancı ülke, her iki malın da üretimini yapıyor olsun. Yani, çeşitlendirilmiş üretim kalıbına sahip olsun. Bu varsayım ortaya konularak şunu göstermeye çalışacağız; yabancı ülke de  $H$  malına yönelik emek talebinin  $[L_H^*]$ , yabancı ülkedeki toplam emek miktarından  $[L^*]$  düşük olduğu koşulu ortaya konulacaktır.<sup>41</sup> Bu durumda, toplam emeğin bir kısmı ile de  $M$  malına yönelik üretim yapılacağı gösterilmiş olacaktır.

Yabancı ülke için,  $H$  malına yönelik emek talebini yazalım;

$$L_H^* = H^p \Phi_{LH}^* \quad (228)$$

Bu ifadeyi (221) numaralı dış ticaret sonrası ortak durağan durum dengesine göre yazıldığında;

$$L_H^* = H^p(S_T) \cdot \Phi_{LH}^*(S_T) \quad (229)$$

$$i) \quad H^p(S_T) = G^*[S(t)] - Z^*(t) = rS_T \left(1 - \frac{S_T}{K}\right) - \gamma^*(1 - \beta)L$$

$$ii) \quad \Phi_{LH}^*(S_T) = \frac{L_H^*}{qL_H^*S_T} = \frac{1}{qS_T}$$

Bu iki eşitliği, (229) numaralı eşitlikte yerine koyduğumuzda;

$$L_H^* = [rS_T \left(1 - \frac{S_T}{K}\right) - \gamma^*(1 - \beta)L] \frac{1}{qS_T} \quad (230)$$

<sup>40</sup> Bu kanıtın içsel bir ifadesi olarak şu durum belirtilmelidir;  $[\bar{\gamma} > \gamma > \gamma^*]$  başlangıç koşulu olarak varsayıldığı için, ana ülkenin  $M$  malında tam uzmanlaşmaya gitmesi ( $H$  malı üretimi yenilenebilir stok seviyesi üzerinde daha zararlı olduğu için), durağan durum stok seviyesini artırır. Ticaret sonrası çeşitlendirilmiş üretim dengesi olarak ifade ettiğimiz  $S_T$  stok seviyesine göre,  $S_M$  stok seviyesi yüksek olur. çünkü her iki malın da üretildiği  $S_T$  dengesinde daha zararlı faktör olan  $H$  malı üretimi gerçekleşmektedir. Bu durum, yabancı ülke için de aynı şekilde geçerlidir.

<sup>41</sup> Her iki ülkedeki emek miktarının eşit olduğunu tekrardan belirtebiliriz, yani  $L = L^*$  eşitliği geçerlidir.

denklemini elde edilmektedir. (230) numaralı eşitlik düzenlediğinde;

$$L_H^* = \frac{r}{q} \left(1 - \frac{S_T}{K}\right) - \frac{\gamma^*(1-\beta)L}{qS_T} \quad (231)$$

basit ifadesine ulaşılabacaktır. (221) numaralı eşitlikten de bilindiği üzere dış ticaret sonrası

$$\text{ortak stok seviyesi, } S_T = \frac{(r-q\beta L) + \sqrt{(q\beta L - r)^2 - \frac{2r}{K}(1-\beta)L(\gamma + \gamma^*)}}{\frac{2r}{K}} = \frac{K[(r-q\beta L) + \sqrt{A}]}{2r} \text{ olarak basit}$$

formda yazılabilir. Kök içindeki  $A$  ifadesi,  $A = (q\beta L - r)^2 - \frac{2r}{K}(1-\beta)L(\gamma + \gamma^*)$  şeklinde ifade edilmektedir. Basit formda yazdığımız  $S_T$  ifadesini, (231) numaralı eşitliğe yerleştirdiğimizde;

$$L_H^* = \frac{r}{q} \left(1 - \frac{K[(r-q\beta L) + \sqrt{A}]}{(2r)K}\right) - \frac{\gamma^*(1-\beta)L}{qS_T} = \frac{r}{q} \left(\frac{2r - [(r-q\beta L) + \sqrt{A}]}{2r}\right) - \frac{\gamma^*(1-\beta)L}{qS_T} \quad (232)$$

$$L_H^* = \frac{r}{q} \left(\frac{[(r+q\beta L) - \sqrt{A}]}{(2r)}\right) - \frac{\gamma^*(1-\beta)L}{qS_T} = \frac{1}{q} \left(\frac{[(r+q\beta L) - \sqrt{A}]}{2}\right) - \frac{\gamma^*(1-\beta)L}{qS_T} \quad (233)$$

eşitliğine ulaşmak mümkündür. Bu aşamada,  $H$  malına yönelik talebin, toplam emek talebinden daha yüksek olamayacağına ilişkin koşulu uygularsak;

$$L_H^* = \frac{S_T}{qS_T} \left(\frac{[(r+q\beta L) - \sqrt{A}]}{2}\right) - \frac{2\gamma^*(1-\beta)L}{2qS_T} < L \quad (234)$$

(234) numaralı ifadeyi düzenlersek;

$$\begin{aligned} L_H^* &= S_T [(r + q\beta L) - \sqrt{A}] - 2\gamma^*(1-\beta)L < 2qS_T L \\ &= S_T [(r + q\beta L) - \sqrt{A}] - 2qS_T L < 2\gamma^*(1-\beta)L \\ &= S_T \left[ \left( (r + q\beta L) - \sqrt{A} \right) - 2qL \right] < 2\gamma^*(1-\beta)L \\ &= \frac{K[(r-q\beta L) + \sqrt{A}]}{2r} \left[ \left( (r + q\beta L) - \sqrt{A} \right) - 2qL \right] < 2\gamma^*(1-\beta)L \\ &= [(r - q\beta L) + \sqrt{A}] \left[ \left( (r + q\beta L) - \sqrt{A} \right) - 2qL \right] < \frac{2r}{K} 2\gamma^*(1-\beta)L \end{aligned} \quad (235)$$

(235) numaralı eşitliği daha basit forma çevirmek için düzenlersek;

$$\text{i) } [r^2 - (q\beta L)^2] - r\sqrt{A} + q\beta L\sqrt{A} + r\sqrt{A} + q\beta L\sqrt{A} - A - 2qL[(r - q\beta L) + \sqrt{A}] < \frac{2r}{K} 2\gamma^*(1-\beta)L$$

$$\text{ii) } [r^2 - (q\beta L)^2] + 2q\beta L\sqrt{A} - A - 2qL[(r - q\beta L) + \sqrt{A}] < \frac{2r}{K} 2\gamma^*(1-\beta)L$$

$$\begin{aligned}
\text{iii)} \quad & [r^2 - (q\beta L)^2] + 2q\beta L\sqrt{A} - [(q\beta L - r)^2 - \frac{2r}{K}(1 - \beta)L(\gamma + \gamma^*)] - \\
& 2qL[(r - q\beta L) + \sqrt{A}] < \frac{4r\gamma^*(1-\beta)L}{K} \\
\text{iv)} \quad & [r^2 - (q\beta L)^2] + 2q\beta L\sqrt{A} - (q\beta L)^2 + 2q\beta Lr - r^2 + \frac{2r}{K}(1 - \beta)L(\gamma + \\
& \gamma^*) - 2qL[(r - q\beta L) + \sqrt{A}] < \frac{4r\gamma^*(1-\beta)L}{K} \\
\text{v)} \quad & -2(q\beta L)^2 + 2q\beta L\sqrt{A} + 2q\beta Lr - 2qL[(r - q\beta L) + \sqrt{A}] < \frac{4r\gamma^*(1-\beta)L}{K} - \\
& \frac{2r}{K}(1 - \beta)L(\gamma + \gamma^*)
\end{aligned}$$

Bu ifadenin sağ tarafını dikkate aldığımızda;

$$\frac{2r}{K}(1 - \beta)L[2\gamma^* - (\gamma + \gamma^*)] = \frac{2r}{K}(1 - \beta)L[\gamma^* - \gamma] \quad (236)$$

$< 0$

(236) numaralı eşitliği (v) numaranın içine sağ tarafına yerleştirdiğimizde;

$$-2(q\beta L)^2 + 2q\beta L\sqrt{A} + 2q\beta Lr - 2qL[(r - q\beta L) + \sqrt{A}] < \frac{2r}{K}(1 - \beta)L[\gamma^* - \gamma] \quad (237)$$

sonucuna ulaşılmaktadır. Eşitliğin her iki tarafını da 2 ile bölerek sadeleştirirsek;

$$\begin{aligned}
\text{i)} \quad & -(q\beta L)^2 + q\beta L\sqrt{A} + q\beta Lr - qL[(r - q\beta L) + \sqrt{A}] < \frac{r}{K}(1 - \beta)L[\gamma^* - \gamma] \\
\text{ii)} \quad & [(q\beta Lr) - (q\beta L)^2 + q\beta L\sqrt{A}] \left[1 - \frac{1}{\beta}\right] < \frac{r}{K}(1 - \beta)L[\gamma^* - \gamma] \\
\text{iii)} \quad & [(q\beta Lr) - (q\beta L)^2 + q\beta L\sqrt{A}] \left[\frac{\beta-1}{\beta}\right] < \frac{r}{K}(1 - \beta)L[\gamma^* - \gamma] \\
\text{iv)} \quad & [(q\beta L)^2 - (q\beta Lr) - q\beta L\sqrt{A}] \left[\frac{(1-\beta)}{\beta}\right] < \frac{r}{K}(1 - \beta)L[\gamma^* - \gamma] \\
\text{v)} \quad & [(q\beta L)^2 - (q\beta Lr) - q\beta L\sqrt{A}] < \frac{r}{K}\beta L[\gamma^* - \gamma] \quad (238)
\end{aligned}$$

İfadenin sol tarafını ortak paranteze alıp düzenlersek;

$$q\beta L[(q\beta L) - r - \sqrt{A}] < \frac{r}{K}\beta L[\gamma^* - \gamma] \quad \longrightarrow \quad q[(q\beta L) - r - \sqrt{A}] < \frac{r}{K}[\gamma^* - \gamma] \quad (239)$$

(239) numaralı eşitlikte yer alan  $\sqrt{A}$  ifadesi yerine,

$$\sqrt{(q\beta L - r)^2 - \frac{2r}{K}(1 - \beta)L(\gamma + \gamma^*)} \text{ açık formdaki halini yazarsak;}$$



$$q[(q\beta L) - r - \sqrt{(q\beta L - r)^2 - \frac{2r}{K}(1 - \beta)L(\gamma + \gamma^*)}] < \frac{r}{K}[\gamma^* - \gamma] \quad (240)$$

$$q[(q\beta L) - r] - \frac{r}{K}[\gamma^* - \gamma] < q\sqrt{(q\beta L - r)^2 - \frac{2r}{K}(1 - \beta)L(\gamma + \gamma^*)} \quad (241)$$

$$[(q\beta L) - r] - \frac{r}{qK}[\gamma^* - \gamma] < \sqrt{(q\beta L - r)^2 - \frac{2r}{K}(1 - \beta)L(\gamma + \gamma^*)} \quad (242)$$

Her iki tarafında karesini alarak, ifadenin sağ tarafını kökten kurtarırsak;

$$[(q\beta L) - r]^2 - \frac{2(q\beta L - r)r[\gamma^* - \gamma]}{qK} + \frac{r^2[\gamma^* - \gamma]^2}{(qK)^2} < (q\beta L - r)^2 - \frac{2r}{K}(1 - \beta)L(\gamma + \gamma^*) \quad (243)$$

$$\frac{2r}{K} \left[ \frac{(q\beta L - r)[\gamma^* - \gamma]}{q} - (1 - \beta)L(\gamma + \gamma^*) \right] > \frac{r^2[\gamma^* - \gamma]^2}{(qK)^2} \quad (244)$$

(244) numaralı eşitliği daha basit formda ifade edersek;

$$i) \quad \frac{2r}{qK} [(q\beta L - r)[\gamma^* - \gamma] - q(1 - \beta)L(\gamma + \gamma^*)] > \frac{r^2[\gamma^* - \gamma]^2}{(qK)(qK)}$$

$$ii) \quad 2[(q\beta L - r)[\gamma^* - \gamma] - q(1 - \beta)L(\gamma + \gamma^*)] > \frac{r[\gamma^* - \gamma]^2}{qK}$$

$$iii) \quad 2[(q\beta L - r)[\gamma^* - \gamma]] - \frac{r[\gamma^* - \gamma]^2}{qK} > 2q(1 - \beta)L(\gamma + \gamma^*)$$

$$iv) \quad [\gamma^* - \gamma][2(q\beta L - r) - \frac{r[\gamma^* - \gamma]}{qK}] > 2q(1 - \beta)L(\gamma + \gamma^*)$$

$$v) \quad 2(q\beta L - r) - \frac{r[\gamma^* - \gamma]}{qK} > 2q(1 - \beta)L \frac{(\gamma + \gamma^*)}{[\gamma^* - \gamma]}$$

$$2(q\beta L - r) > 2q(1 - \beta)L \frac{(\gamma + \gamma^*)}{[\gamma^* - \gamma]} + \frac{r[\gamma^* - \gamma]}{qK} \quad (245)$$

sonucuna ulaşılabacaktır. Yeterlilik koşulunu göstermek için ise, yabancı ülkenin  $H$  malı üretiminde tam uzmanlaşmaya gittiğini yani bu durumda tüm emek faktörünün bu malın üretimi için ayrıldığını varsayarak,  $S^* = \frac{(r - qL) + \sqrt{(qL - r)^2}}{2r/K}$  ifadesi bulunmaktadır. Daha sonrasında ise, piyasa temizleme koşulu kullanılarak, (227) numaralı eşitliğin ters yönde hareket ettiği görülmektedir. Sonuç olarak, yabancı ülke için, her iki malın da denge de üretiliyor olması için, (227) numaralı eşitliğin kesinlikle sağlanıyor olması gerekmektedir.

Denge durumunda her iki malında üretilmesi için tanımlanmış olan ifadeler bize şu sonuçları göstermektedir. (242) numaralı eşitliğe odaklanırsak analizimiz daha açık bir

şekilde gözükabilmektedir. Eğer mutlak anlamda  $\gamma^* - \gamma$  terimleri arasındaki fark açılırsa yani bu iki terim birbirlerinden farklılaşır, bu durumda eşitliğin sol tarafı büyümektedir ve eşitliğin ihlal edilme olasılığı artmaktadır. Sonuç olarak, ülkelerin kirlilik parametreleri arasındaki farklılaşmanın çok olmaması gerekmektedir. Ülkeler  $\bar{\gamma} > \gamma > \gamma^*$  şartını sağlayacak şekilde ülkelerin kirlilik parametresi açısından benzerliği yeterli derecede olmalıdır. Bu durumda faktör fiyat eşitliği, dengede stok seviyesinin eş oluşu ve üretimin çeşitlendirilmiş olması gibi önermeler sağlanmış olur. Bu sonuç, Brander ve Taylor (1998) çalışması ile uyumludur.

Temel aldığımız Brander ve Taylor (1998) farklı olarak (227) numaralı koşul bize şunları da göstermektedir.  $(\gamma + \gamma^*)$  terimi ne kadar büyük değer alırsa, yani her iki ülkedeki kirlilik parametresi de eş anlı olarak eşik değerine  $[\bar{\gamma}]$  yakınsarsa, eşitliğin geçerli olma olasılığı artmaktadır. Sebebi şu şekilde ifade edilmektedir;  $\gamma^*$  değerinin küçük değerler alması,  $H^*(t)$  aşırı mahsül toplama eyleminin, verimliliğinde artışa yol açmaktadır ve ilgili ülke  $H$  malı üretiminde tam uzmanlaşmak isteyebilir. Bu durumda (227) numaralı eşitliği ihlal edecek sonuçlara yol açabileceği için,  $\gamma$  ve  $\gamma^*$  kirlilik parametrelerinin yeterli derecede benzer olmaları ve bu benzerliğin eşik değerine  $[\bar{\gamma}]$  yakın noktalarda olması gerekmektedir. Yabancı ülke açısından  $\beta$  terimindeki değişim anlamlı bir sonuç veremez çünkü  $\beta$  terimindeki artış,  $H$  malına yönelik talebi arttırmaktadır ama  $H$  malı üretimi ilgili ülke için stok üzerinde daha zararlı üretim faktörü olduğu için kaynak stoğunu yeterince yok edebilir, bu yüzden de Brander ve Taylor (1998) modelinden farklı olarak yabancı ülke için  $\beta$  terimindeki artış, ilgili artışın derecesine göre bir anlam kazanabilmektedir. Eğer bu artış çok yüksek derecede olursa eşitliğin ihlal edilmesi kaçınılmazdır.

Sonuç olarak, (227) numaralı eşitlik en basit ifadesiyle şu şekilde özetlenebilir; ülkelerin kirlilik parametreleri değeri birbirlerinden yeterli derecede farklı ise ve  $H$  malına yönelik talebi gösteren  $\beta$  terimi yeterince büyük olursa, eşitliklerin ihlal edilme olasılığı artmaktadır. Bu durumda, yabancı ülke  $H$  malı üretiminde tam uzmanlaşmaya giderken, ana ülke her iki malı da üretebileceği bir denge noktasında kendini bulur. Bu sonuçlar, Brander ve Taylor (1998) makalesinin ana fikri ile tam anlamıyla uyumludur.

Bu sonuçlar baz alınarak, ilgili kirlilik parametrelerinin minimum ölçüde farklılaşması gereken ve her iki malında üretilmesini garanti eden eşitliği aşağıdaki önerme ile inceleyebiliriz.

**Önerme 11:** Uluslararası ticaret sonucunda her iki ülkenin de denge noktasında çeşitlendirilmiş üretim kalıbına sahip olabilmesi için kirlilik parametrelerinde gereken maksimum farklılaşma değeri  $(\gamma - \gamma^*) < \frac{qK}{2} \left(1 - \frac{q\beta L}{r}\right)$  kadar olmalıdır.

**Kanıt 11:** Yabancı ülke için (244) numaralı eşitliği hatırlarsak;  $\frac{2r}{K} \left[ \frac{(q\beta L - r)[\gamma^* - \gamma]}{q} - (1 - \beta)L(\gamma + \gamma^*) \right] > \frac{r^2[\gamma^* - \gamma]^2}{(qK)^2}$  şeklinde tanımlanmaktadır. Eşitliğin sağ tarafı, karesel ifadelerden ötürü kesinlikle pozitiftir. Bu durumda eşitliğin sol tarafının da pozitif olması gerekmektedir. Sonuç olarak;

$$\frac{(q\beta L - r)[\gamma^* - \gamma]}{q} - (1 - \beta)L(\gamma + \gamma^*) > 0 \quad (246)$$

olmalıdır. Bu ifade düzenlendiğinde;

$$\frac{(q\beta L - r)[\gamma^* - \gamma]}{q} > (1 - \beta)L(\gamma + \gamma^*) \implies (\gamma + \gamma^*) < \frac{(q\beta L - r)[\gamma^* - \gamma]}{q(1 - \beta)L} \quad (247)$$

Ek (7.3) numaralı eşitlikten bilindiği üzere, dış ticaret sonrası durağan durum dengesinin pozitif olma şartı  $\gamma + \gamma^* < \frac{K(r - q\beta L)^2}{2r(1 - \beta)L}$  eşitliğinde belirtilmiştir. Kirlilik parametreleri arasındaki oluşabilecek en yüksek farklılaşma için bir üst sınır tanımlamaya çalıştığımız için  $\frac{(q\beta L - r)[\gamma^* - \gamma]}{q(1 - \beta)L} < \frac{K(r - q\beta L)^2}{2r(1 - \beta)L}$  eşitsizliğinin var olması gerektiği varsayılmaktadır. Bu durumda;

$$\frac{(q\beta L - r)[\gamma^* - \gamma]}{q(1 - \beta)L} < \frac{K(r - q\beta L)^2}{2r(1 - \beta)L} \implies [\gamma - \gamma^*] < \frac{qK}{2} \left(1 - \frac{q\beta L}{r}\right) \quad (248)$$

sonucu elde edilir. Bu sonuç referans makalemiz ile tam anlamıyla uyumludur (Rus, 2016:376). İlgili çalışmada dış ticarete açılan bir ülkenin uzun dönem üretim olanakları eğrisinin konkav tarafında bulunabilmesi için gerekli koşul  $[\gamma] < \frac{qK}{2} \left(1 - \frac{q\beta L}{r}\right)$  şeklinde olmaktadır. Bu durum, Önerme 10'u destekler niteliktedir. Önerme 10'da yer alan ifadeleri hatırlandığında, ülkelerin kirlilik parametrelerinin birbirlerine yeterli derecede benzer olmaları gerekmektedir. (248) numaralı eşitliğin sağlanması, Önerme 10'nun geçerli olması için yeter bir sonuç olmaktadır. (248) numaralı eşitliğin sağ tarafı, kirlilik parametreleri arasındaki farklılaşmanın üst sınırını bizlere göstermektedir.

(10) ve (11) numaralı önermelerin ortaya koyduğu sonuçları basitçe özetlemek istersek;

- i) Ülkelerin kirlilik yoğunluğu parametrelerinin birbirlerine yeteri derecede benzemesi ve bu değerlerin eşik değer olarak belirtilen  $\bar{\gamma}$  parametresine yakın noktalarda oluşması, ticaret sonucu üretim dengesinin “çeşitlendirilmiş” üretim dengesi olmasına ve buna bağlı olarak girdi fiyat eşitliğine neden olmaktadır.
- ii)  $\bar{\gamma} > \gamma > \gamma^*$  kirlilik yoğunluk parametrelerinde oluşan yeterli düzeydeki bir farklılık, kapalı ekonomi durumundaki göreceli kaynak miktarını değiştirerek, ticaret akımlarının ne yönde meydana geleceğinin güvenilir bir ölçütünü sunmaktadır.
- iii) Eğer, (227) numaralı koşul ihlal edilirse, ticaret sonrası oluşan durağan durum dengesinde faktör fiyat eşitliği gözlemlenemez ve yabancı ülke  $H$  malı üretiminde tam uzmanlaşma yaşarken, ana ülke her iki malı da üretir bir konuma erişmektedir.

Bundan sonraki bölümde ise dış ticaret sonrası refah analizine odaklanılacaktır.

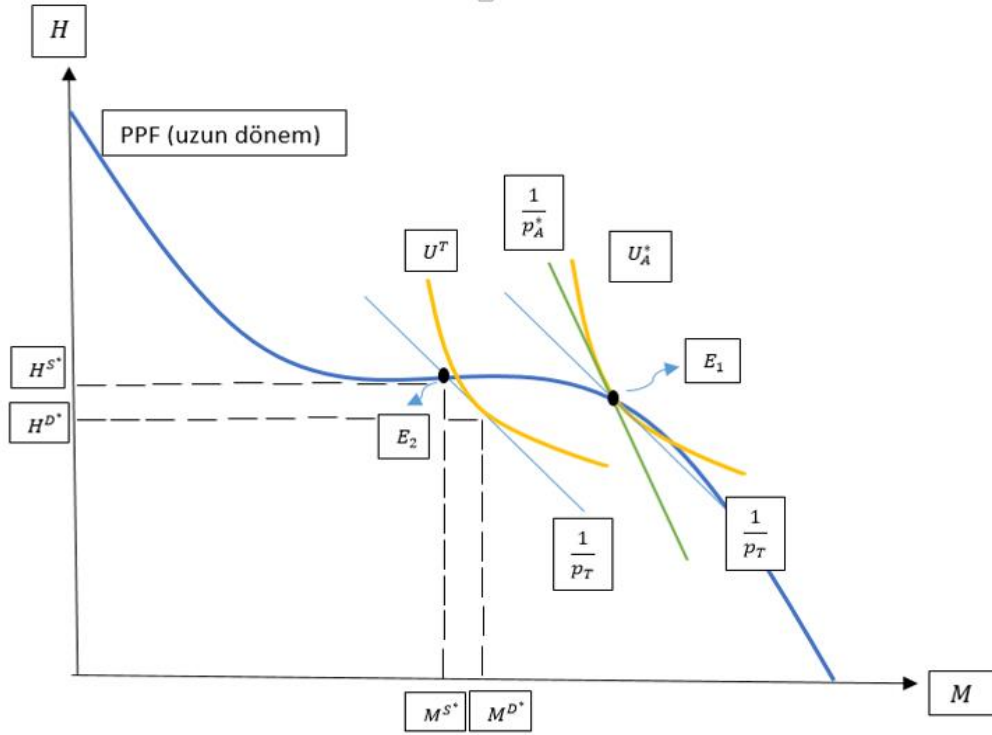
### 3.4. Dış Ticaret Sonrası Refah Analizi

İki ülkeli dış ticaret sonucunda ortaya çıkan sonuçlar, Brander ve Taylor (1998) çalışmasındaki bulgulara benzer sonuçlar elde edilmektedir. Ancak standart faktör donanım modelleri ile burada kurduğumuz kirlilik parametresinin de yer aldığı yenilenebilir kaynak stoğuna ilişkin model arasında benzerlikler olmasına rağmen, göreceli üstünlük teorisi ile normatif anlamda tamamen zıt sonuçlar ortaya çıkmaktadır.

**Önerme 12:** Uluslararası ticaret sonucunda dengede oluşan çeşitlendirilmiş üretim kalıbı ile kapalı ekonomi durağan durum dengesi karşılaştırıldığında;

- i) Dış ticaret, yabancı ülkenin fayda seviyesinde bir azalmaya yol açar ve
- ii) Dış ticaret, ana ülkenin fayda seviyesinde bir artışa neden olur.

**Kanıt 12 (i):** Yabancı ülke için ticaret sonucu oluşan yeni denge durumu aşağıdaki şekil üzerinde analiz edilebilir. Şekil üzerinde ilk olarak kapalı ekonomi durumu durağan durum dengesi gösterilecektir daha sonrasında ise, dış ticaret sonucu oluşan içsel fiyat değişimleri sonucunda yeni durağan durum denge noktası gösterilecektir. Her iki durumdaki refah seviyeleri karşılaştırılarak önerme de belirtilen sonuca ulaşılabacaktır.



**Şekil 10:** Dış Ticaret Sonrası Yabancı Ülkenin Refah Analizi

**Kaynak:** Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Kapalı ekonomi durağan durum dengesinin  $\bar{\gamma} > \gamma > \gamma^*$  başlangıç koşulunun doğal bir sonucu olarak uzun dönem üretim olanakları eğrisinin konkav kısmında olduğu bilinmektedir. Eğrinin bu kısmında, aşırı mahsul tüketiminin yenilenebilir kaynak stoğu üzerinde yarattığı negatif dışsallık, üretim faaliyeti sonucu oluşan kirlilik kaynaklı negatif dışsallıktan daha büyüktür.  $E_1$  noktasının kapalı ekonomi durağan durum dengesi olduğunu varsayalım. Rus (2016) makalesinde de belirtildiği üzere, modeldeki dışsallıklardan dolayı, kapalı ekonomi durağan durum dengesinde, bütçe doğrusunun eğimi, uzun dönem üretim olanakları eğrisinin eğiminden daha yüksek olmaktadır.<sup>42</sup> İki ülke arasında dış ticarete başlandığını varsayalım ve göreceli uluslararası fiyatın  $[p_T]$ , Önerme 8'e göre  $p_T > p_A^*$  seviyesinde oluşacağı bilinmektedir. Kapalı ekonomi bütçe doğrusunun eğimi, göreceli dünya fiyatlarının eğiminden yüksek  $[\frac{1}{p_T} < \frac{1}{p_A^*}]$  olmaktadır. Buna bağlı olarak, yabancı ülke daha fazla  $H$  malı üretmek isteyecektir. Ekonomi, kapalı ekonomi dengesi  $E_1$  noktasından, dış ticaret sonrası denge noktası olan  $E_2$  noktasına

<sup>42</sup> Ek 8. kısmında, denge noktasında mevcut olan eğim farklılaşmaları incelenmektedir.

doğru hareket eder. Uzun dönem üretim olanakları eğrisinin konkav tarafında olduğumuz için ve yenilenebilir stok üzerinde aşırı mahsül tüketimi  $H(t)$ , üretim faaliyeti sonucu oluşan kirlilik dışsallığı  $Z(t)$ 'den daha zararlı bir etken olduğundan dolayı, ticaret sonrası  $H$  malı üretimi arttıkça, yenilenebilir kaynak stok seviyesi azalmaya başlar [ $S_T < S_A^*$ ]. Birim emek başına düşen verimlilik [ $\frac{H(t)}{L} = \frac{q\beta LS}{L} = q\beta S$ ], durağan durum kaynak stok seviyesindeki azalışa bağlı olarak azalmaktadır. Ekonominin verimlilik açısından daha kötü olan  $H$  sektörüne doğru yaptığı geçiş, ulusal çıktının değerini azaltmaktadır (Choi ve Eden, 1984:984).<sup>43</sup> Bu durumda, ilgili ekonominin fayda seviyesinin daha düşük değerler almasına neden olmaktadır [ $U_T < U_A^*$ ].<sup>44</sup> Özet olarak, dış ticaret sonucu oluşan dengenin yabancı ülke için refah arttırıcı olmamasının sebebi, verimliliğin az olduğu  $H$  malı üretiminde karşılaştırmalı üstünlüğe sahip olunmasıdır.<sup>45</sup>

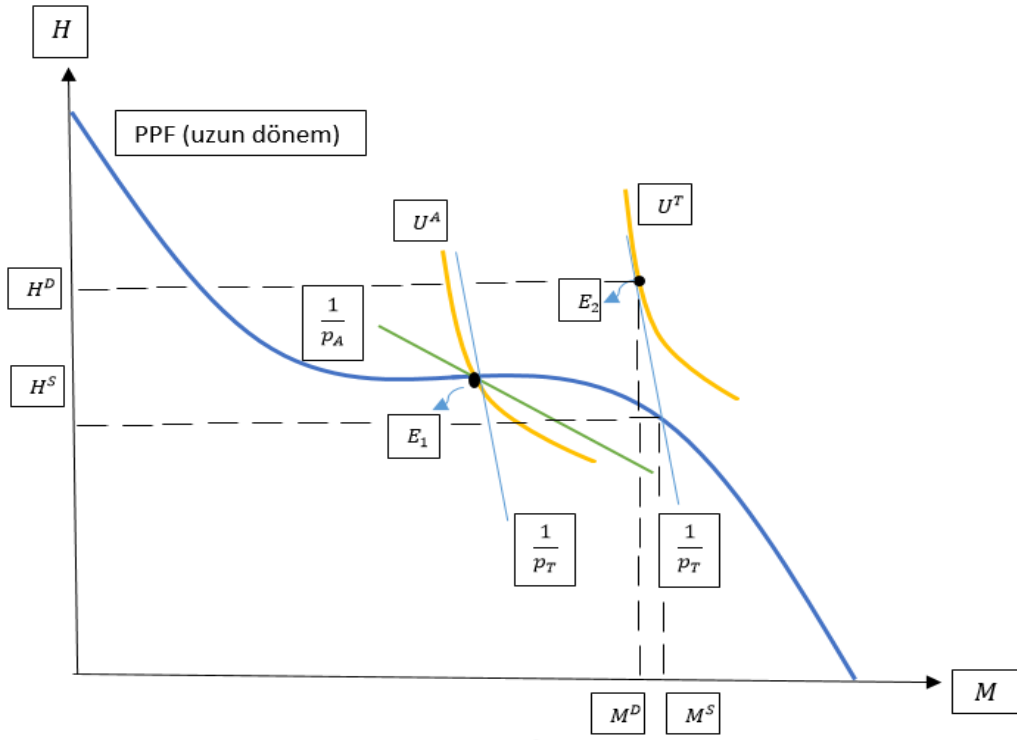
**Kanıt 12 (ii):** Ana ülke için ticaret sonucu oluşan yeni denge durumunu aşağıdaki grafik üzerinden analiz edebiliriz.

---

<sup>43</sup> Ulusal gelirin nasıl değişeceği, işçilerin verimlilik açısından daha iyi bir sektöre geçiş yapıp yapmadıklarıyla ilişkilidir.

<sup>44</sup> Copeland ve Taylor (1999) makalesinden farklı olarak şekil üzerindeki çizimler, tam uzmanlaşma koşullarını göstermemektedir. Uzun dönem analizinde, aynı üretim olanakları eğrisi üzerinde olduğumuz için, ulusal gelirdeki değişim, göreceli fiyat değişimine ve verimliliğe bağlı değerlendirilmektedir. Copeland ve Taylor (1999) modelinde dış ticarete açılan ekonomiler kapalı ekonomi denge fiyatlarından, yani [ $p^* = p_0$ ], dış ticarete başladıkları için, üretim miktarlarındaki değişim, ulusal gelirdeki değer değişimini doğrudan ölçmekteydi.

<sup>45</sup> Copeland ve Taylor (1999) makalesinde işçiler karşılaştırmalı üstünlük sonucunda  $M$  malı sektörden  $H$  malı sektörüne geçiş yaptıklarında, artan sermaye birikimi sonucu verimlilikleri artardı ve küçük açık ekonomi için refah iyileştirici bir sonuç ortaya çıkardı. Ama bu modelde, uzun dönem üretim olanakları eğrisinin konkav tarafında olduğumuz için,  $M$  malı sektörden  $H$  malı sektörüne doğru oluşan bir emek geçişi  $H$  malının marjinal üretim girdi maliyetini arttırarak verimliliği azalttığı için verimliliği ve bunun sonucu olarak ulusal çıktı seviyesini azaltmaktadır.



**Şekil 11:** Dış Ticaret Sonrası Ana Ülkenin Refah Analizi

**Kaynak:** Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Kapalı ekonomi durağan durum dengesinin  $\bar{\gamma} > \gamma > \gamma^*$  başlangıç koşulunun doğal bir neticesi olarak uzun dönem üretim olanakları eğrisinin konkav kısmında olduğu bilinmektedir. Eğrinin bu kısmında, aşırı mahsul tüketiminin yenilenebilir kaynak stoğu üzerinde yarattığı negatif dışsallık, üretim faaliyeti sonucu oluşan kirlilik kaynaklı negatif dışsallıktan daha büyüktür.  $E_1$  noktasının kapalı ekonomi durağan durum dengesi olduğunu varsayalım. Rus (2016) makalesinde de belirtildiği üzere, modeldeki dışsallıklardan dolayı, kapalı ekonomi durağan durum dengesinde, bütçe doğrusunun eğimi, uzun dönem üretim olanakları eğrisinin eğiminden daha yüksek olmaktadır. İki ülke arasında dış ticarete başlandığını varsayalım ve göreceli uluslararası fiyatın  $[p_T]$ , Önerme 8'e göre  $p_T < p_A$  seviyesinde oluşacağı bilinmektedir. Kapalı ekonomi bütçe doğrusunun eğimi, göreceli dünya fiyatlarının eğiminden yüksek  $[\frac{1}{p_T} > \frac{1}{p_A}]$  olmaktadır. Buna bağlı olarak, ana ülke daha fazla  $M$  malı üretmek isteyecektir. Ekonomi, kapalı ekonomi dengesi  $E_1$  noktasından, dış ticaret sonrası denge noktası olan  $E_2$  noktasına doğru hareket eder. Uzun dönem üretim olanakları eğrisinin konkav tarafında olduğumuz için ve yenilenebilir stok üzerinde aşırı mahsul tüketimi  $H(t)$ , üretim faaliyeti sonucu

oluşan kirlilik dışsallığı  $Z(t)$ 'den daha zararlı bir etken olduğundan dolayı, ticaret sonrası  $M$  malı üretimi arttıkça, yenilenebilir kaynak stok seviyesi artmaya başlar [ $S_T > S_A$ ]. Birim emek başına düşen verimlilik [ $\frac{H(t)}{L} = \frac{q\beta LS}{L} = q\beta S$ ], durağan durum kaynak stok seviyesindeki artışa bağlı olarak artmaktadır.  $M$  malı üretimindeki verimlilik ise [ $\frac{M(t)}{L} = \frac{(1-\beta)}{L} = (1 - \beta)$ ] sabittir. Başka bir deyişle, stok seviyesinden bağımsızdır. Ekonominin verimlilik açısından sabit olan  $M$  malı üretimi artarken,  $H$  malı üretimindeki verimlilik artışı, ulusal çıktının değerini arttırmaktadır. Bu durumda, ilgili ekonominin fayda seviyesi artmaktadır [ $U_T > U_A$ ].

Brander ve Taylor (1998)'de belirtildiği üzere, yabancı ülkenin ticaret sonucu durağan durum dengesinde bir kazanç sağlayabilmesi için,  $H$  malı üretiminde tam anlamıyla uzmanlaşmalı veyahut da emek gelirini arttırılmalıdır. Yabancı ülke için,  $p_T > p_A^*$  durumu dış ticaret hadlerinde olumlu bir değişim olarak gözlemlenerek fayda seviyesini arttırması beklenirdi fakat  $H$  malı üretiminin kaynak stok seviyesi üzerinde yarattığı olumsuz dışsallık bu olumlu etkiyi baskılamıştır. Bu sebepten dolayı, dış ticaret hadlerindeki olumlu değişimden fayda sağlanabilmesi için, yabancı ülkenin  $H$  malı üretiminde tam anlamıyla uzmanlaşması ve böylece gelir düzeyini [ $w^* = p_T S_H q > 1$ ] arttırması gerekmektedir. Ama daha önce de belirttiğimiz üzere, denge de tam uzmanlaşmanın oluşabilmesi için, (227) numaralı eşitliğin ihlal edilmesi gerekmektedir. Örnek olarak, bu ihlalin oluşmasının için her iki ülkedeki kirlilik yoğunluk parametrelerinin birbirilerinin yeterli derecede farklı olmaları gerekmektedir.

Modelde yer alan ve aşırı mahsul tüketimine sebep olarak belirtilen “açık erişim durumu” ve üretim faaliyet sonucu oluşan kirlilik, olumsuz iki dışsallıktır ve piyasa başarısızlığı yaratmaktadır. Bu durumda, ticaret üzerine kısıtlamalar koymak gibi herhangi bir piyasa bozukluğunu ortadan kaldıracak politikalar, kesin olarak olumlu bir refah etkisi yaratacağı söylenememektedir (Brander ve Taylor, 1998:200).

### 3.5. Durağan Durum Dengesine Geçiş Sürecinin Refah Açısından Analizi

Bu başlıkta kapalı ekonomi durağan durum dengesinden, dış ticaret sonrası oluşan durağan durum dengesine geçiş sürecinin refah açısından özellikleri analiz edilecektir. Bir önceki bölümde bilindiği üzere, eğer yabancı ülke dış ticaret sonrası durağan durum



dengesine geçiş sürecinin her aşamasında çeşitlendirilmiş bir üretim setine sahip olursa,  $\bar{\gamma} > \gamma > \gamma^*$  varsayımının yarattığı ve kaynak stok seviyesi üzerindeki  $H(t) > Z(t)$  etkisi, geçiş sürecinin her bir  $t$  anında fayda seviyesinin, kapalı ekonomi durağan durum fayda seviyesinden düşük kalmasına sebep olmaktadır. Eğer yabancı ülke  $H$  malı üzerinde tam uzmanlaşmaya gitseydi, sabit bir  $S$  seviyesi için dış ticaretin ilk evresinde fayda seviyesinin daha yüksek olduğu bir nokta ile karşılaşabilirdi (Copeland ve Taylor, 1999:148). Yani, geçiş sürecinin bir aşamasında refah artışı yaşanabilirdi. Bu bilgiler ışığında, yabancı ülkenin çeşitlendirilmiş bir üretim setine hem geçiş süreci boyunca hem de durağan durum dengesinde sahip olmasını sağlayan koşulların ticaret sonrası refah kaybını garantileyeceği belirtilmektedir.

İlk olarak ticaret sonucu kaybın ön koşulu olan çeşitlendirilmiş üretim dengesini tanımlayan koşulu şu şekilde ifade etmek mümkündür. Yabancı ülkenin toplam emek arzı,  $H$  malına yönelik toplam emek talebinden daha büyük olmalıdır. Bu ifade cebirsel olarak ifade edilirse;

$$L^* > \beta(L + L^*) \quad (249)$$

koşulu oluşmaktadır.  $L = L^*$  olduğuna göre;

$$L^* > 2\beta L \quad (250)$$

eşitliğine dönüşmektedir.<sup>46</sup> (250) numaralı ifadeyi düzenlemek için eşitliğin her iki tarafına da  $(1 - \beta)L$  terimi eklersek;

$$L^*(1 - \beta) + L(1 - \beta) > \beta L + L(1 - \beta) \implies (1 - \beta)(L + L^*) > L \quad (251)$$

(250) numaralı eşitlik için tekrardan  $L = L^*$  koşulunu kullanırsak;

$$(1 - \beta)L + (1 - \beta)L > L \implies (1 - \beta)(wL) + (1 - \beta)(w^*L) > L \quad (252)$$

(252)<sup>47</sup> numaralı eşitlik, (249) numaralı koşulun  $M$  malı açısından tanımlanmış şekli olarak düşünülebilir. Eşitliğin solunda yer alan  $(1 - \beta)(wL)$  terimi ana ülkedeki  $M$

<sup>46</sup>  $\beta < \frac{1}{2}$  olduğu, Ek 8.bölüm de gösterilmektedir. Bu şart aynı zamanda çeşitlendirilmiş üretim dengesi için gerekli olan  $\beta$ 'nin yeterince küçük olması şartı ile de uyumludur.

<sup>47</sup> Yabancı ülke geçiş süreci boyunca çeşitlendirilmiş üretim dengesine sahip olacağı için,  $w^* = 1$  olacaktır. Ana ülke de en azından bir miktar  $M$  malı üreteceği için  $w = 1$  olacaktır.

malına yönelik emek talebini, sol tarafta yer alan diğer terim ise  $(1 - \beta)(w^*L)$ , yabancı ülkenin  $M$  malına yönelik emek talebini göstermektedir. Eşitliğin sağ tarafı ise  $M$  malına yönelik ana ülkenin toplam emek arzı olarak tanımlanırsa,  $M$  malına yönelik toplam emek talebinin, ana ülkedeki toplam emek arzından daha büyük olması,  $M$  malına yönelik tüm talebin ana ülke tarafından karşılanamayacağını göstermektedir. Bu durumda, yabancı ülkenin de bir miktar  $M$  malı üretmesi zorunlu hale gelmektedir. Yani, yabancı ülke kesinlikle çeşitlendirilmiş üretim kalıbına sahip olacaktır.

İki ülke arasında ticaretin başladığını varsayalım. Kapalı ekonomi yenilenebilir kaynak stok seviyesinin  $\bar{\gamma} > \gamma > \gamma^*$  koşulu altında, (116) numaralı eşitlikten bilindiği üzere yabancı ülke de ana ülkeye göre daha yüksek olduğu bilinmektedir [ $S_A^* > S_A$ ]. Her iki ülkedeki emek ücreti 1'e eşit olduğu için, kapalı ekonomi durumundaki göreceli fiyat ilişkisi (10) numaralı eşitlik baz alınarak;

$$p_A = \frac{1}{qS_A} > p_A^* = \frac{1}{qS_A^*} \quad (253)$$

şeklinde ifade edilmektedir. (253) numaralı eşitliğe bağlı olarak ana ülke  $H$  malı üretimi yapmayı tercih etmeyecektir. Çünkü dış ticaret sürecinde ilgili malı daha düşük fiyat seviyesinden yabancı ülkeden alabilecektir. Ana ülke, tüm emek gücünü  $M$  malı üretimini aktararak bu malın üretiminde tam uzmanlaşmaya sahip olacaktır. Ana ülke için  $H(t) = 0$  eşitliğinin ortaya çıkmasından dolayı, yenilenebilir kaynak stoğu üzerindeki daha zararlı dışsallık yaratan üretim aktivitesi bulunmayacaktır. Bu durumda stok seviyesi artarak, maksimum stok kapasitesi  $K$ 'ya yakınsamaktadır. Yabancı ülke ise, (249) numaralı koşul altında her iki malı da üretmektedir. Her iki ülkede de bir miktar  $M$  malı üretildiği için, emek için ödenen ücret 1'e eşit olmaktadır [ $w = w^* = 1$ ]. Yabancı ülkedeki stok seviyesi [ $S^*$ ], ana ülkedeki stok seviyesi [ $S$ ] seviyesinden yüksek olduğu sürece, ana ülkedeki aşırı mahsül tüketimi sıfıra eşit olacaktır [ $S^* > S \longrightarrow H(t) = 0$ ].

Ana ülke için  $H(t) = 0$  koşulu altında, zaman içinde stok evrim eşitliği aşağıdaki gibi tanımlanmaktadır;

$$\frac{dS}{dt} = rS \left[ 1 - \frac{S}{K} \right] - \gamma(1 - \beta)L > 0 \quad (254)$$

(254)<sup>48</sup> numaralı eşitliğe göre, ana ülkedeki stok seviyesi artış göstermektedir çünkü yenilenebilir stok seviyesi üzerinde  $H(t)$  faaliyeti daha zararlıdır.  $H(t)$  aşırı mahsul tüketiminin azalıp,  $M$  malı üretiminin artması, stok seviyesi üzerinde olumlu bir etkiye sahip olmaktadır. (254) numaralı eşitliğin benzeri yabancı ülke için yazmak isterse, ilk olarak yabancı ülkedeki aşırı mahsul üretim seviyesini  $[H^*(t)]$  belirlememiz gerekmektedir. Bu seviyeyi belirlemek için ise, aşırı mahsul üretimi için ayrılan emek miktarı belirlenmelidir.  $[w = w^* = 1]$  koşulu altında,  $M$  malına yönelik toplam talebin (252) numaralı eşitlikte ifade ettiğimizde;

$$(1 - \beta)(wL) + (1 - \beta)(w^*L) \longrightarrow (1 - \beta)(L) + (1 - \beta)(L) = 2(1 - \beta)L \quad (255)$$

olmaktadır. Toplam talebin bir bölümü, yalnızca  $M$  malı üretiminde uzmanlaşan ana ülke tarafından karşılanmaktadır ve bu miktar  $L$  olarak ifade edilebilir. Bu durumda, toplam talebin geriye kalan kısmı yabancı ülke tarafından karşılanmalıdır ve bunu ifade eden eşitlik;

$$2(1 - \beta)L - L \longrightarrow L[1 - 2\beta] \quad (256)$$

şeklinde oluşmaktadır. (256) numaralı eşitlik, yabancı ülkenin  $M$  malı üretimi için ayrılan emek miktarını  $[L_M^*]$  göstermektedir. Yabancı ülkenin  $H$  malı üretimi için kullanabileceği emek miktarı  $[L_H^*]$ ;

$$L_H^* = L - (L[1 - 2\beta]) = 2\beta L \text{ 'dır.} \quad (257)$$

Kapalı ekonomi dengesinde  $L_M^* = (1 - \beta)L$  olurken,  $L_H^* = \beta L$  ifadesine eşit olmalıdır. Fakat ticaret sonrasında,  $L_M^* = (1 - 2\beta)L$  ve  $L_H^* = 2\beta L$  eşitliklerine dönüşmektedir.  $\beta < \frac{1}{2}$  olduğuna göre, dış ticaret sonucunda  $L_M^*$  seviyesi azalırken,  $L_H^*$  seviyesi artmaktadır. Bu bilgileri kullanarak  $[H^*(t)]$  seviyesini şu şekilde ifade edebiliriz;

$$H^*(t) = q(2\beta L)S^* \quad (258)$$

Yabancı ülke için dış ticaret sonrasındaki zaman içinde stok evrimini belirten eşitlik  $[S^* > S]$ ;

---

<sup>48</sup> Kapalı ekonomi durumunda ilgili eşitliğin  $\frac{dS}{dt} = rS \left[1 - \frac{S}{K}\right] - q\beta LS - \gamma(1 - \beta)L$  olduğunu daha önceden belirtmiştik.

$$\frac{dS^*}{dt} = rS^* \left(1 - \frac{S^*}{K}\right) - q(2\beta L)S^* - \gamma^*(1 - 2\beta)L \quad (259)$$

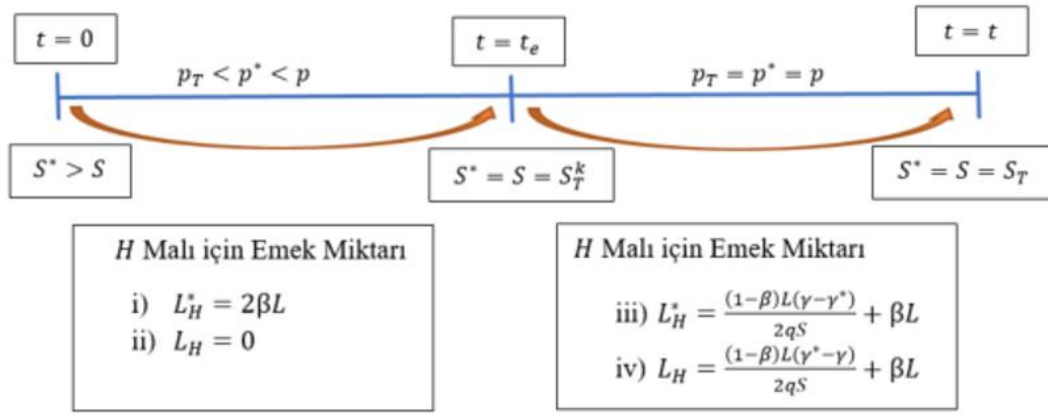
şeklinde oluşmaktadır. Yenilenebilir kaynak stok seviyesi üzerinde aşırı mahsul tüketiminin, üretim faaliyetine göre daha zararlı olduğu bilindiğine göre ve dış ticaret sonrasında  $H^*(t)$  seviyesi arttığı için, stok evrim denklemi negatif yönlü işaret alacaktır. (267) numaralı eşitlik sıfırdan küçük olmaktadır. Ticaret sonucunda,  $S^*$  seviyesi yabancı ülke için azalmaktadır. Sonuç olarak, (254) ve (259) eşitliklerin gösterdiği üzere, iki ülke arasında ticarete başlandığı andan itibaren, ana ülkenin stok seviyesi  $[S]$  artarken, yabancı ülkenin stok seviyesi  $[S^*]$  azalmaktadır. Zamanın herhangi bir anında  $[t_e]$ , her iki ülkedeki stok seviyeleri birbirlerine eşitlenecektir  $[S = S^*]$ . Bu aşamadan sonra ise, stok evrim denklemleri olan (254) ve (259) numaralı eşitlikler, yenilenebilir kaynak stoğunun hareket yönünü belirleyen eşitlikler olmaktan çıkacaktır. Bu durumun en basit haliyle sebebi şudur; (254) numaralı ana ülkenin  $M$  malında tam uzmanlaştığı durum için yazılmıştır. Bu durumda  $H(t) = 0$  çünkü  $\beta = 0$  olmaktadır. Ticaret sonrası  $S = S^* = S_T$  fiyat eşitliği sağlandığı için çeşitlendirilmiş üretim dengesi ortaya çıkar. Bu yüzden de stok evrim denklemi farklılaşmaktadır. Kaynak stok seviyelerinin birbirlerine eşitlendiği  $t_e$  anından itibaren, göreceli fiyat seviyeleri de birbirlerine eşitlenmektedir ve  $p_T = p = p^*$  sonucu ortaya çıkmaktadır.

Geçiş süreci boyunca yabancı ülkenin fayda seviyesinin düşeceğini (249) numaralı eşitlik garanti etmektedir. Yabancı ülke geçiş süreci boyunca çeşitlendirilmiş üretim kalıbına sahip olduğu için, emek ücreti  $w^* = 1$  olarak devam etmektedir ve toplam gelir düzeyi  $L$  olmaktadır.  $H$  malı üretimi yalnızca yabancı ülke tarafından yapıldığı için,  $H$  malının göreceli fiyatı ilgili ülkenin arz miktarı tarafından belirlenmektedir. Dış ticaret sonucunda yabancı ülkenin stok seviyesi azaldığı için,  $H$  malının göreceli fiyatı artmaktadır. Yabancı ülkenin ulusal geliri çeşitlendirilmiş üretim dengesinden ötürü sabit iken, tüketim sepetindeki  $H$  malının fiyatı arttığı için, ilgili ülkedeki tüketim sepetinin reel maliyeti artmaktadır. Bu durumda ise, daha az mal tüketileceği için,  $S = S^* = S_T^k$  eşitliğinin sağlandığı  $t_e$  noktasına kadar yabancı ülkenin fayda seviyesi azalmaktadır.

Aşağıda geçiş sürecinin bir diyagram üzerindeki özeti gösterilmektedir. Kapalı ekonomi başlangıç durumundan,  $t_e$  anına kadar  $L^* > \beta(L + L^*)$  koşulu altında çözüm yaptık ve ana ülkenin durağan durum dengesinin dış ticaret sonrasında artacağını, yabancı ülkenin

durağan durum dengesinin ise azalacağını belirttik.  $S = S^* = S_T^k$  olduğu  $t_e$  anından sonra ise her iki ülke de çeşitlendirilmiş üretim dengesine geçecektir ve eşanlı olarak hareket etmeye başlayacaklardır. Varsayalım ki, ana ülkenin durağan durum stok seviyesi, yabancı ülkenin durağan durum stok seviyesinden dışsal bir şok yardımıyla saptırılsın ve bunun sonucunda denge bozulsun [ $S > S^*$ ]. Bu durumda  $H$  malının her iki ülkedeki fiyat seviyesi de farklılaşacaktır ve  $p = \frac{1}{qS} < \frac{1}{qS^*} = p^*$  olacaktır.

Ana ülke  $H$  malı üretiminde maliyet avantajını ele geçireceği için, ilgili ülkedeki emek  $H$  malı üreten sektöre doğru kayacaktır.  $H$  malı üretimi stok üzerinde daha zararlı üretiminin



**Şekil 12:** Dış Ticaret Sonrası Durağan Durum Geçiş Sürecinin Analizi

**Kaynak:** Yazar tarafından oluşturulmuştur.

olduğu için [ $\bar{\gamma} > \gamma > \gamma^*$ ] başlangıç koşulundan dolayı], ana ülkedeki stok seviyesi azalmaya başlayacaktır ve doğal olarak göreceli fiyat seviyesi yükselerek eski denge noktasına geri dönecektir.<sup>49</sup>

Geçici stok eşitliğinin yaşandığı  $t_e$  anından sonra yaşanan stok evrim sürecini incelemek gerekmektedir.  $t_e$  anından sonra, stok evrim denklemleri eşanlı olarak  $S_T$  denge

<sup>49</sup> Brander ve Taylor (1998) makalesinde belirtilen bir durum burada da aynı şekilde geçerlidir. Denge noktasından herhangi bir sapma olduğu zaman, üretim aktivitesi vasıtasıyla denge noktasına geri dönüş süreci (düzeltmeler) bir anda ve hızlı bir şekilde olmaktadır fakat stok ayarlaması daha yavaş gerçekleşmektedir. Buna bağlı olarak, üretim aktivitesindeki değişimin “anlılık” olarak meydana gelmesinden ötürü, stok seviyesinin değişimi bir süreç içinde gerçekleşmeden, aniden olup bitmektedir. Yani, stok ayarlaması başlamadan biter.

noktasına doğru hareket edeceklerdir. Göreceli fiyat seviyeleri  $p = p^* = p_T$  olduğu için, herhangi bir ülke iki üründen birinde maliyet avantajına sahip olamamaktadır. Bu sebepten dolayı, her iki ülke de çeşitlendirilmiş üretim setine sahip olur. Her iki malında üretildiği durumda emek için ödenen ücret  $w = w^* = 1$  şeklinde tanımlanmaktadır. (257) numaralı çeşitlendirilmiş üretim koşulunu sağlayan eşitlikten,  $L > 2\beta L$  olmaktadır. Aynı şekilde (263) numaralı eşitlikten,  $M$  malı üretimi için ayrılan toplam emek miktarı,  $M^D + M^{D^*} = (1 - \beta)(wL) + (1 - \beta)(w^*L) = 2(1 - \beta)L$  eşitliği ile ifade edilmektedir. Toplam emek miktarı,  $L + L^* = 2L$  olduğu için,  $H$  malı üretimi için ayrılan toplam emek miktarı;

$$L_H + L_H^* = 2L - 2(1 - \beta)L = 2\beta L \quad (260)$$

$t_e$  anından sonra  $[S = S^* = S_T^k]$ , eş anlı hareket eden kaynak stok evriminin dinamik hareketi şu şekilde tanımlanmaktadır;

$$\frac{dS}{dt} = rS \left(1 - \frac{S}{K}\right) - qL_H S - \gamma(1 - \beta)L = \frac{dS^*}{dt} = rS^* \left(1 - \frac{S^*}{K}\right) - qL_H^* S^* - \gamma^*(1 - \beta)L \quad (261)$$

(261) numaralı eşitlik, piyasa temizleme koşulu olarak adlandırılmaktadır. (260) numaralı eşitliği düzenlersek,  $L_H = 2\beta L - L_H^*$  ifadesini elde ederiz. Bu ifadeyi, (261) numaralı eşitliğe koyup çözdüğümüz zaman,  $t_e$  anından sonraki geçiş süreci boyunca yabancı ülkenin  $H$  malı üretimine yönelik emek miktarını  $[L_H^*]$  bulunmaktadır. İlgili işlem yapıldığında  $[S = S^*]$ ;

- i)  $rS \left(1 - \frac{S}{K}\right) - q[2\beta L - L_H^*]S - \gamma(1 - \beta)L = rS^* \left(1 - \frac{S^*}{K}\right) - qL_H^* S^* - \gamma^*(1 - \beta)L$
- ii)  $2qS[L_H^* - \beta L] = (1 - \beta)L[\gamma - \gamma^*]$ ,

Bu ifadeden  $L_H^*$  terimi türetildiğinde;

$$L_H^* = \frac{(1 - \beta)L(\gamma - \gamma^*)}{2qS} + \beta L \quad (262)$$

eşitliği elde edilmektedir.  $\gamma - \gamma^* > 0$  olduğu için,  $L_H^* = \frac{(1 - \beta)L(\gamma - \gamma^*)}{2qS} + \beta L > \beta L$  sonucuna ulaşılmaktadır. Benzer işlem adımlarını izleyerek  $t_e$  anından sonraki geçiş süreci boyunca ana ülkenin  $H$  malı üretimine yönelik emek miktarını  $[L_H]$  bulunabilir. Bu durumda ise, (261) numaralı eşitliğe,  $L_H^* = 2\beta L - L_H$  ifadesi konular ve,

- i)  $rS \left(1 - \frac{S}{K}\right) - qL_H S - \gamma(1 - \beta)L = rS^* \left(1 - \frac{S^*}{K}\right) - q[2\beta L - L_H]S^* - \gamma^*(1 - \beta)L$

$$\text{ii) } 2qS[L_H - \beta L] = (1 - \beta)L[\gamma^* - \gamma],$$

Bu ifadeden  $L_H$  terimi türetildiğinde;

$$L_H = \frac{(1-\beta)L(\gamma^*-\gamma)}{2qS} + \beta L \quad (263)$$

ifadesi elde edilmektedir.  $\gamma^* - \gamma < 0$  olduğu için,  $L_H = \frac{(1-\beta)L(\gamma-\gamma^*)}{2qS} + \beta L < \beta L$  sonucuna ulaşılmaktadır.

Kapalı ekonomi durağan durum dengesinde her iki ülkenin  $H$  malı üretmek için ayırdığı emek miktarı,  $L_H = L_H^* = \beta L$  ile gösterilmektedir.  $t_e$  anından sonraki geçiş sürecinde (270) numaralı eşitlikte de belirttiğimiz üzere  $L_H^* = \frac{(1-\beta)L(\gamma-\gamma^*)}{2qS} + \beta L > \beta L$  olduğu için, yabancı ülkede  $H$  malı üretimi için gereken emek miktarı artmaktadır. Aynı şekilde (263) numaralı eşitlikte belirtildiği üzere  $L_H = \frac{(1-\beta)L(\gamma-\gamma^*)}{2qS} + \beta L < \beta L$  olduğu için, ana ülkedeki  $H$  malı üretimi için gereken emek miktarı azalmaktadır. Sonuç olarak kapalı ekonomi durumuna göre yabancı ülkede  $H$  malı üretimi artarken, ana ülkede  $M$  malı üretimi artmaktadır.  $\bar{\gamma} > \gamma > \gamma^*$  Başlangıç koşulu altında, her iki ülkede de yenilenebilir kaynak stoğu üzerinde negatif anlamda baskın etki  $H$  malı üretimi olduğu için, yabancı ülkenin dış ticaret sonrası stok seviyesi kapalı ekonomi durağan durum dengesine göre azalırken, ana ülkenin dış ticaret sonrası stok seviyesi kapalı ekonomi durağan durum dengesine göre artış gösterir.

(271) numaralı eşitliği, (261) numaralı piyasa temizleme koşuluna koyup düzenlediğimiz zaman,  $\frac{dS}{dt} = rS \left(1 - \frac{S}{K}\right) - q \left[ \frac{(1-\beta)L(\gamma^*-\gamma)}{2qS} + \beta L \right] S - \gamma(1 - \beta)L$  eşitliği elde edilmektedir.

Bu ifade düzenlendiğinde,  $\frac{dS}{dt} = rS \left(1 - \frac{S}{K}\right) - q\beta LS - \gamma(1 - \beta)L - \frac{(1-\beta)L(\gamma^*-\gamma)}{2}$  olur ve bu ifade sıfırdan büyüktür. Yani,  $\frac{dS}{dt} > 0$  olmaktadır. Ana ülkenin yenilenebilir kaynak stok seviyesi, monoton olarak dış ticaret sonrası ortak stok seviyesine  $[S_T]$  artarak yakınsamaktadır.

(262) numaralı eşitliği, (261) numaralı piyasa temizleme koşuluna koyup düzenlediğimiz zaman,  $\frac{dS^*}{dt} = rS^* \left(1 - \frac{S^*}{K}\right) - q \left[ \frac{(1-\beta)L(\gamma-\gamma^*)}{2qS} + \beta L \right] S^* - \gamma^*(1 - \beta)L$  eşitliği elde edilmektedir. Bu ifade düzenlendiğinde,  $\frac{dS^*}{dt} = rS^* \left(1 - \frac{S^*}{K}\right) - q\beta LS^* - \gamma^*(1 - \beta)L -$

$\frac{(1-\beta)L(\gamma-\gamma^*)}{2}$  olur ve bu ifade sıfırdan küçüktür. Yani,  $\frac{dS^*}{dt} < 0$  olmaktadır. Yabancı ülkenin yenilenebilir kaynak stok seviyesi, monoton olarak dış ticaret sonrası ortak stok seviyesine  $[S_T]$  azalarak yakınsamaktadır.

Geçiş sürecinin ilk kısmında  $[t < t_e]$ , yabancı ülkenin fayda seviyesinin azaldığı yukarıda belirtilmektedir. Geçiş sürecinin geri kalan kısmında ise  $[t > t_e]$  ne olacağını inceleyelim. Yabancı ülkenin stok seviyesi, geçiş sürecinin tamamı boyunca kapalı ekonomi durumu stok seviyesinden daha düşük olacağı bilinmektedir  $[S^* < S^A]$ . Bu durumda,  $H$  malının göreceli dünya fiyatı  $[p_T = \frac{1}{qS^*}]$ , geçiş sürecinin her noktasında kapalı ekonomi durumu göreceli fiyat düzeyinden  $[p^* = \frac{1}{qS^A}]$  yüksek olmaktadır.  $p_M^* = 1$  olduğu için, yabancı ülkenin toplam gelir seviyesi  $w^*L^* = L^*$  olup sabittir ve geçiş süreci boyunca değişmemektedir. Bu nominal gelir seviyesini baz alarak, ülkenin satın alma gücünü ölçmek istediğimizde;

- i)  $M$  malı için reel satın alma gücü paritesi;  $\frac{w^*L^*}{p_M^*}$  ifadesinden sabit olmaktadır.
- ii)  $H$  malı için reel satın alma gücü paritesi;  $\frac{w^*L^*}{p_T}$  ifadesinden, gelir seviyesi sabit iken  $p_T$  ifadesi arttığı için azalmaktadır.

Sonuç olarak, geçiş sürecinin her aşamasında, yabancı ülkenin fayda seviyesi (veya refah düzeyi), kapalı ekonomi durumu fayda seviyesine göre daha düşük olmaktadır.

Bu sürecin benzerini ana ülke için düşündüğümüzde geçiş süreci boyunca nominal gelir seviyesinin  $wL = L$  sabit olduğu bilinmektedir.  $M$  malının göreceli fiyatı  $p_M = 1$  iken,  $H$  malının göreceli fiyat seviyesi  $p_T = \frac{1}{qS}$  geçiş sürecinin her aşamasında  $S > S^A$  olduğu için, ana ülke için azalmaktadır. Bu nominal gelir seviyesini baz alarak, ülkenin satın alma gücünü ölçmek istediğimizde;

- i)  $M$  malı için reel satın alma gücü paritesi;  $\frac{wL}{p_M}$  ifadesinden sabit olmaktadır.
- ii)  $H$  malı için reel satın alma gücü paritesi;  $\frac{wL}{p_T}$  ifadesinden, gelir seviyesi sabit iken  $p_T$  ifadesi azaldığı için artmaktadır.



Sonuç olarak, geçiş sürecinin her aşamasında, ana ülkenin fayda seviyesi (veya refah düzeyi), kapalı ekonomi durumu fayda seviyesine göre daha yüksek olmaktadır. Bu durum aşağıdaki önerme ile ifade edilebilmektedir.

**Önerme 13:**  $\bar{\gamma} > \gamma > \gamma^*$  başlangıç koşulu altında, (249) numaralı eşitlik  $L^* > \beta(L + L^*)$  sağlanırsa, kapalı ekonomi durumundan dış ticaret sonrası dengeye geçiş sürecinin her bir noktasında yabancı ülkenin fayda seviyesi, kapalı ekonomi durağan durum dengesi fayda seviyesinden daha düşük olmaktadır. Bu sonucun tam tersi olarak, kapalı ekonomi durumundan dış ticaret sonrası dengeye geçiş sürecinin her bir noktasında ana ülkenin fayda seviyesi, kapalı ekonomi durağan durum dengesi fayda seviyesinden daha yüksek olmaktadır.

(249) numaralı koşulun sağladığı çeşitlendirilmiş üretim kalıbı önerme 13'te ifade ettiğimiz sonuçların temelini oluşturmaktadır. (249) numaralı eşitliğin sağlanmadığı durumlarda, yabancı ülkenin fayda seviyesinin ticaret sonucunda kazanç sağlayabileceği Brander ve Taylor (1998) makalesinde detaylı olarak tartışılmaktadır. Sonuçlar benzer olduğu için, ilgili analiz burada tekrar incelenmeyecektir.

### 3.6. Ticaret Politikaları

Dışsallıkların olduğu ekonomik modellerde, politika yapıcıların olası müdahaleleri öngörülebilir. Bu müdahalelerin gayesi, dışsallıkları içselleştirerek, toplumsal açıdan daha optimal sonuçlar elde etmektir. Bu aşamaya kadar tanımladığımız ekonomik modelimiz, iki tür dışsallık içermektedir. Bu dışsallıklardan ilki, ilgili yenilenebilir kaynak stoğuna “açık erişimin” yarattığı aşırı mahsul tüketimi problemidir. Modelde yer alan diğer negatif yönlü dışsallık ise, üretim aktivitesi sonucu oluşan kirlilik dışsallığıdır. Başlangıç koşulu olarak veri aldığımız,  $\bar{\gamma} > \gamma > \gamma^*$  her iki lkeledeki kirlilik parametreleri arasındaki ilişki, daha önceden de belirtildiği üzere, marjın de aşırı mahsul tüketimi etkisinin  $H(t)$ , üretim aktivitesi kaynaklı kirlilik dışsallık etkisinden  $Z(t)$  daha büyük olduğunu göstermektedir. İlgili dışsallıklar sonucu oluşan piyasa başarısızlıklarını zmenin en doğru politik müdahalesi, düzgün ve açık bir şekilde tanımlanmış mülkiyet hakları sistemi kurmak veyahut da ilgili dışsallıkları içselleştirmeyi sağlayacak “aşırı mahsul tüketimi vergisi” ve “retim kaynaklı kirlilik vergisi” uygulamaktır. Fakat, Brander ve Taylor (1998) makalesinde de belirtildiği üzere varsayım olarak bu politik enstrümanları doğru bir biçimde kullanmak imknsız veya çok yüksek maliyetlere neden

olmaktadır. Modellerin varsayımları basitleştikçe, girdi-çıkıtı kontrolleri, kullanıcı haklarının bireysel bazda daha düzgün tanımlanması veya Pigou tipi vergilendirme etkin gözükebilmektedir. Fakat modeller buradaki gibi daha karmaşık ve detaylı kurgulandığında, gerçek hayat örneklerini modele aktarmak ve buna bağılı sonuçlar elde etmek çok zorlaşmaktadır (Flaaten vd., 1995; Wilen, 2000; Hansen vd., 2006). Özellikle, balıkçılık endüstrisi gibi alanlarda kayıt dışı aktiviteleri kontrol etmek çok zor olmaktadır. Wallis ve Flaaten (2000) ile Flaaten ve Schulz (2010) çalışmalarında da belirtildiği üzere, gelişmekte olan ülkelerde ilgili dışsallıkları ortadan kaldırmak için düşünülen ve birinci dereceden çözüm nosyonu olan kaynak üzerindeki yönetim ve kontrol faaliyetinin arttırılması maliyet ve etkinlik açısından makul olmamaktadır. Bu çözüm ifadesi yerine, belirli noktalardan yapılan ihracat ve ithalat aktivitesinin vergilendirilmesi hem daha basit hem de daha kolay şekilde uygulanabilir. Bu durumda, dış ticaret politikalarının geleneksel araçları devreye girmektedir.  $H$  malı ithal eden ana ülkenin, ithal ettiği ürüne yönelik bir ithalat vergisi uygulaması, kaynak yönetimi kaynaklı dışsallık problemlerine verilebilecek alternatif çözümlerden ilki olabilmektedir. Bu politik aygıtı benzer biçimde, ihracat yapan ülkelerin marjinal derecede küçük bir ihracat vergisi uygulaması da diğere bir politik alternatiftir.

Bu bölümün geri kalan kısmında, bu iki politik enstrümanın her iki ülke de yarattığı refah etkileri analiz edilecektir. Bu analizde takip edilecek yöntem Brander ve Taylor (1998) makalesi ile benzer olacaktır. İlgili politik aksiyonların analizi, çeşitlendirilmiş üretim kalıbı veri iken, karşılaştırmalı durağan durum dengeleri üzerinden yapılacaktır. Karşılaştırmalı durağan durum analizinden kastedilen, ilk olarak hiçbir gümrük vergisinin uygulanmadığı durum ele alınacak, daha sonrasında ise marjinal derecede küçük, pozitif bir gümrük vergisinin yarattığı yeni durağan durum dengesi, ilk durum karşılaştırılacaktır. Bu analiz de geçiş sürecine odaklanılmayacaktır. Yalnızca denge noktaları birbirleriyle karşılaştırılacak ve buna bağılı içsel değişkenlerdeki değişimler analiz edilecektir.

İlgili politik enstrümanlar uygulandıktan sonra içsel değişkenlerdeki değişimleri ayırt edebilmek için kullanılacak temel semboller şu şekilde özetlenebilir;

- i)  $S$ , ticaret sonrası ana ülkedeki durağan durum kaynak stok seviyesi
- ii)  $S^*$ , ticaret sonrası yabancı ülkedeki durağan durum kaynak stok seviyesi
- iii)  $p$ , ticaret sonrası ana ülkedeki göreceli durağan durum fiyat seviyesi

- iv)  $p^*$ , ticaret sonrası yabancı ülkedeki göreceli durağan durum fiyat seviyesi
- v)  $\tau$ , ithalat gümrük vergisi
- vi)  $\tau^*$ , ihracat gümrük vergisi

### 3.6.1. İthalat Gümrük Vergisi

İlk olarak, ana ülke tarafından  $H$  malı üzerinde uygulanacak olan ithalat gümrük vergisinin, stok seviyelerini, doğal kaynak malı tüketim seviyelerini ve son olarak refah seviyelerini ne yönde değiştireceği analiz edilecektir. Daha önceden de belirtildiği üzere, karşılaştırmalı durağan denge analizinin doğal bir uzantısı olarak başlangıçta ithalat gümrük vergisinin olmadığı durum [ $\tau = 0$ ] varsayılacak, daha sonrasında marjinal derecede küçük ve pozitif bir ithalat gümrük vergisi [ $\tau > 0$ ] modele dahil edilecektir. Karşılaştırmalı analizi gözlemleyebilmek için, piyasaya girişi çıkışların serbest olduğu durumda kar maksimizasyonu için gerekli denge şartlarını sağlanırken, aynı zamanda durağan durum piyasa denge şartı devam ettirilirken, içsel değişkenlerin, dışsal bir değişken karşısında nasıl değiştiği incelenecektir. Bu ifade bize iki farklı cebirsel eşitlik sağlayacaktır. Bu cebirsel eşitliklerden ilki, tam rekabet koşulları altında, ana ülke göreceli fiyat seviyesi ile yabancı ülke göreceli fiyat seviyesi arasındaki değişimin yalnızca, uygulanacak gümrük vergisi kadar olacağını belirtir ve  $p = p^* + \tau$  şeklinde ifade edilir.

Diğer cebirsel eşitlik ise, durağan durum dengesinde sağlanması gereken arz-talep eşitliğinden türemektedir. Biliyoruz ki, durağan durum dengesinde mal dengesi  $H^S + H^{S^*} = H^D + H^{D^*}$  olmalıdır. Durağan durum dengesinde, her bir ülkenin  $H$  malı arz seviyesi (115) numaralı eşitlikten,

$$i) H^S = rS \left(1 - \frac{S}{K}\right) - \gamma(1 - \beta)L$$

$$ii) H^{S^*} = rS^* \left(1 - \frac{S^*}{K}\right) - \gamma^*(1 - \beta)L^*$$

olarak ifade edilmektedir. İthalat gümrük vergisinin olmadığı durumda [ $\tau = 0$ ], ana ülkenin toplam ulusal geliri  $wL = L$  olmaktadır. Marjinal derecede küçük ve spesifik bir gümrük vergisi modele dahil edildiğinde [ $\tau > 0$ ] ise, toplam ulusal gelir değişmektedir. Varsayalım ki, ana ülke “ $N$ ” kadar  $H$  malı ithalatı yapıyor olsun. Bu durumda, ana ülkenin

toplam ulusal geliri  $wL + \tau Q = L + \tau N = \mathbb{T}$  şeklinde tanımlanır.<sup>50</sup> (20) numaralı eşitlik kullanılarak, pozitif bir ithalat gümrük vergisinin var olduğu durum için, ana ülkenin  $H$  malı talebi [ $H^D$ ] yazılmak istendiğinde;

$$H^D = \frac{\beta \mathbb{T}}{p} = \frac{\beta [L + \tau N]}{p} \quad (264)$$

Yabancı ülkenin  $H$  malına yönelik talep ifadesi [ $H^{D*}$ ], ithalat gümrük vergisinin olmadığı durumda [ $\tau = 0$ ], ana ülkenin toplam ulusal geliri  $wL^* = L^* = L$  olmaktadır. Marjinal derecede küçük ve spesifik bir gümrük vergisi modele dahil edildiğinde [ $\tau > 0$ ] ise, toplam ulusal gelir değişmemektedir. Bu durumda;

$$H^{D*} = \frac{\beta L^*}{p^*} \quad (265)$$

olmaktadır.  $H^D + H^{D*} = H^S + H^{S*}$  ifadesini açık formda yazarak, durağan durum denge noktasında arz-talep eşitliği koşulu tanımlandığında;

$$\frac{\beta [L + \tau N]}{p} + \frac{\beta L^*}{p^*} = \left[ rS \left( 1 - \frac{S}{K} \right) - \gamma (1 - \beta) L \right] + rS^* \left( 1 - \frac{S^*}{K} \right) - \gamma^* (1 - \beta) L^* \quad (266)$$

şeklinde ifade edilmektedir. Üretim her iki ülkede de her iki malın eş anlı olarak üretildiği şekilde tanımlandığı için (yani herhangi bir ürün üzerinde tam uzmanlaşma yoktur), ana ülke göreceli fiyat seviyesi  $p = \frac{1}{qS}$  ve yabancı ülke göreceli fiyat seviyesi  $p^* = \frac{1}{q^*S^*}$  olmaktadır ve bu eşitlikler  $p = p^* + \tau$  koşuluna yerleştirildiğinde;

$$p = p^* + \tau \quad \longrightarrow \quad \frac{1}{qS} = \frac{1}{q^*S^*} + \tau \quad (267)$$

olmaktadır. (266) ve (267) numaralı eşitlikler düzenlenip tekrar yazıldığında, elimizde eş anlı olarak hareket eden iki farklı eşitlik sistemi mevcut olacaktır. (267) numaralı göreceli fiyat ifadelerini, (266) numaralı eşitliğe yazıp tekrar tanımladığımızda;

$$A(S, S^*; \tau) = \beta [L + \tau N] (qS) + \beta L^* (q^*S^*) - \left[ rS \left( 1 - \frac{S}{K} \right) - \gamma (1 - \beta) L \right] - \left[ rS^* \left( 1 - \frac{S^*}{K} \right) - \gamma^* (1 - \beta) L^* \right] = 0 \quad (268)$$

$$B(S, S^*; \tau) = \frac{1}{qS} - \frac{1}{q^*S^*} - \tau = 0 \quad (269)$$

<sup>50</sup> Hükümetin ithalat gümrük vergisi sonucunda elde ettiği  $\tau N$  kadarlık geliri, bireylere dağıttığı varsayılmaktadır.

Modeldeki temel amaç, pozitif bir gümrük vergisindeki değişimin, dış ticaret sonrası durağan durum yenilenebilir kaynak stok seviyesi üzerindeki etkilerini ölçmektir. Yani,  $\frac{dS}{d\tau}$  ve  $\frac{dS^*}{d\tau}$  türev ifadelerinin nasıl hareket edeceğini anlamaya çalışacağız. (268) ve (269) numaralı eşitlikler sistemini tam türevsellik formunda yazıp, Cramer kuralı ile çözersek  $\frac{dS}{d\tau}$  ve  $\frac{dS^*}{d\tau}$  ifadelerinin açık formuna ulaşırız. Bu durumda, ilk adım olarak tam türevsel koşulları türetelim;

$$i) \quad \frac{\partial A}{\partial S} dS + \frac{\partial A}{\partial S^*} dS^* + \frac{\partial A}{\partial \tau} d\tau = 0 \quad \longrightarrow \quad \frac{\partial A}{\partial S} dS + \frac{\partial A}{\partial S^*} dS^* = -\frac{\partial A}{\partial \tau} d\tau$$

İfadenin her iki tarafını da  $d\tau$  ile bölersek;

$$\frac{\partial A}{\partial S} \frac{dS}{d\tau} + \frac{\partial A}{\partial S^*} \frac{dS^*}{d\tau} = -\frac{\partial A}{\partial \tau} \quad [\text{I. toplam türevsel koşulu}] \quad (270)$$

$$ii) \quad \frac{\partial B}{\partial S} dS + \frac{\partial B}{\partial S^*} dS^* + \frac{\partial B}{\partial \tau} d\tau = 0 \quad \longrightarrow \quad \frac{\partial B}{\partial S} dS + \frac{\partial B}{\partial S^*} dS^* = -\frac{\partial B}{\partial \tau} d\tau$$

İfadenin her iki tarafını da  $d\tau$  ile bölersek;

$$\frac{\partial B}{\partial S} \frac{dS}{d\tau} + \frac{\partial B}{\partial S^*} \frac{dS^*}{d\tau} = -\frac{\partial B}{\partial \tau} \quad [\text{II. toplam türevsel koşulu}] \quad (271)$$

Cramer kuralını uygulayabilmek için (270) ve (271) numaralı eşitlikleri kullanarak ifadeleri matris formunda ifade edelim. Bu durumda;

$$\begin{bmatrix} \frac{\partial A}{\partial S} & \frac{\partial A}{\partial S^*} \\ \frac{\partial B}{\partial S} & \frac{\partial B}{\partial S^*} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \frac{dS}{d\tau} \\ \frac{dS^*}{d\tau} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -\frac{\partial A}{\partial \tau} \\ -\frac{\partial B}{\partial \tau} \end{bmatrix} \quad (272)$$

matrisine ulaşırız.  $\frac{dS}{d\tau}$  ve  $\frac{dS^*}{d\tau}$  ifadelerini bulmak için, Cramer kuralını uygularsak;

$$i) \quad \frac{dS}{d\tau} = \frac{\begin{bmatrix} -\frac{\partial A}{\partial \tau} & \frac{\partial A}{\partial S^*} \\ -\frac{\partial B}{\partial \tau} & \frac{\partial B}{\partial S^*} \end{bmatrix}}{\begin{bmatrix} \frac{\partial A}{\partial S} & \frac{\partial A}{\partial S^*} \\ \frac{\partial B}{\partial S} & \frac{\partial B}{\partial S^*} \end{bmatrix}} \quad \longrightarrow \quad \frac{dS}{d\tau} = \frac{-A_{\tau}B_{S^*} + A_{S^*}B_{\tau}}{A_S B_{S^*} - A_{S^*} B_S} \quad (273)$$

$$ii) \quad \frac{dS^*}{d\tau} = \frac{\begin{bmatrix} \frac{\partial A}{\partial S} & -\frac{\partial A}{\partial \tau} \\ \frac{\partial B}{\partial S} & -\frac{\partial B}{\partial \tau} \end{bmatrix}}{\begin{bmatrix} \frac{\partial A}{\partial S} & \frac{\partial A}{\partial S^*} \\ \frac{\partial B}{\partial S} & \frac{\partial B}{\partial S^*} \end{bmatrix}} \quad \longrightarrow \quad \frac{dS^*}{d\tau} = \frac{-A_S B_{\tau} + A_{\tau} B_S}{A_S B_{S^*} - A_{S^*} B_S} \quad (274)$$

Her iki eşitlikte de alt indis şeklinde sembolleştirilen terimler kısmi türevleri göstermek için kullanılmaktadır. (272) ve (273) numaralı eşitliğin paydasında yer alan ifade,  $D = A_S B_{S^*} - A_{S^*} B_S$  şeklinde tanımlandığında, aşağıdaki önermeye ulaşabiliriz.

**Önerme 14:**  $\bar{\gamma} > \gamma > \gamma^*$  başlangıç koşulu altında ithalat gümrük vergisinin uygulanmadığı  $[\tau = 0]$  bir durumdan ticarete başlandığı zaman, kirlilik yoğunluğu parametresi daha yüksek olan ana ülke tarafından ithal ettiği H malı üzerine marjinal derecede küçük pozitif bir gümrük vergisi uyguladığında aşağıdaki etkiler ortaya çıkar;

- i) Ana ülkenin durağan durum kaynak stok seviyesi azalırken, yabancı ülkenin durağan durum kaynak stok seviyesi artar  $[\frac{dS}{d\tau} < 0$  ve  $\frac{dS^*}{d\tau} > 0]$ .
- ii) Ana ülkenin durağan durum göreceli H malı fiyatı artarken, yabancı ülkenin durağan durum göreceli H malı fiyatı azalmaktadır  $[\frac{dp}{d\tau} > 0$  ve  $\frac{dp^*}{d\tau} < 0]$ .
- iii) Yabancı ülkenin durağan durum fayda seviyesi artarken, ana ülkenin durağan durum fayda seviyesi belirsizlik gösterir (artış veya azalış gösterebilir).

**Kanıt 14 (i):** (273) ve (274) numaralı eşitlikler de yazdığımız kısmi türevlerin açık formunu ifade edelim. Biliyoruz ki;

$$A(S, S^*; \tau) = \beta[L + \tau N](qS) + \beta L^*(q^* S^*) - \left[ rS \left( 1 - \frac{S}{K} \right) - \gamma(1 - \beta)L \right] - \left[ rS^* \left( 1 - \frac{S^*}{K} \right) - \gamma^*(1 - \beta)L^* \right] = 0$$

$$B(S, S^*; \tau) = \frac{1}{qS} - \frac{1}{q^* S^*} - \tau = 0$$

olarak daha önceden tanımlanmıştı. Bu iki eşitlik sistemine bağlı olarak kısmi türevler yazıldığında;

$$\text{i) } \frac{\partial A}{\partial S} = A_S = \beta[L + \tau N]q - r \left( 1 - \frac{2S}{K} \right), \tau=0 \text{ durumunda bu ifade şu şekilde ifade edilmektedir. } \frac{\partial A}{\partial S} = \beta[L]q - r \left( 1 - \frac{2S}{K} \right) \quad (275)$$

$$\text{ii) } \frac{\partial A}{\partial S^*} = A_{S^*} = \beta L q^* - r \left( 1 - \frac{2S^*}{K} \right)^{51} \quad (276)$$

$$\text{iii) } \frac{\partial A}{\partial \tau} = A_\tau = \beta q S N \quad (277)$$

<sup>51</sup>  $L = L^*$  eşitliği kullanılarak dönüşüm yapılmıştır.

$$\text{iv)} \quad \frac{\partial B}{\partial S} = B_S = -\frac{1}{qS^2} \quad (278)$$

$$\text{v)} \quad \frac{\partial B}{\partial S^*} = B_{S^*} = \frac{1}{q^*(S^*)^2} \quad (279)$$

$$\text{vi)} \quad \frac{\partial B}{\partial \tau} = B_\tau = -1 \quad (280)$$

şeklinde bulunmaktadır.  $\frac{dS}{d\tau}$  ve  $\frac{dS^*}{d\tau}$  ifadelerinin paydasında ortak olarak bulunan  $D = A_S B_{S^*} - A_{S^*} B_S$  eşitliğinin pozitif olup olmama durumunu analiz ederek başlayabiliriz. Yukarıda tanımlanan kısmi türevleri  $D$  eşitliğine koyarsak;

$$D = \left[ (\beta L q - r \left(1 - \frac{2S}{K}\right)) \left(\frac{1}{q^*(S^*)^2}\right) + \left[ (\beta L q^* - r \left(1 - \frac{2S^*}{K}\right)) \right] \left(\frac{1}{qS^2}\right) \right] \quad (281)$$

elde ederiz. İthalat gümrük vergisinin olmadığı başlangıç durumunda  $[\tau = 0]$ , dış ticaret sonrası dengede  $S = S^*$  olduğu bilinmektedir. Bu durumu göz önünde bulundurarak, (281) numaralı eşitliği düzenlediğimizde;

$$D = \left[ \beta L q - r + \frac{rS}{K} + \frac{rS}{K} \right] \left(\frac{1}{q^*(S^*)^2}\right) + \left[ \beta L q^* - r + \frac{rS^*}{K} + \frac{rS^*}{K} \right] \left(\frac{1}{qS^2}\right)$$

$$D = \left[ \beta L q - r \left(1 - \frac{S}{K}\right) \right] \left(\frac{1}{q^*(S^*)^2}\right) + \left[ \beta L q^* - r \left(1 - \frac{S^*}{K}\right) \right] \left(\frac{1}{qS^2}\right) + \frac{r}{KS} \left[\frac{1}{q^*} + \frac{1}{q}\right]^{52}$$

$$D = \frac{1}{S^2} \left[ \frac{\beta L q}{q^*} - \frac{r}{q^*} \left(1 - \frac{S}{K}\right) \right] + \left[ \frac{\beta L q^*}{q} - \frac{r}{q} \left(1 - \frac{S}{K}\right) \right] + \frac{r}{KS} \left[\frac{q+q^*}{qq^*}\right] \quad (282)$$

$$D = \frac{1}{S^2} \left[ \frac{\beta L q^2 K + \beta L (q^*)^2 K - r q K - r q^* K + r S q + r S q^*}{qq^* K} \right] + \frac{r}{KS} \left[\frac{q+q^*}{qq^*}\right] \quad (283)$$

$$D = \frac{1}{S^2} \frac{1}{qq^* K} \left[ \underbrace{\beta L K (q^2 + (q^*)^2) - r(q + q^*)(K - 2S)}_{\mathfrak{X}} \right] + \frac{r}{KS} \left[\frac{q+q^*}{qq^*}\right] > 0 \quad (284)$$

$D$  eşitliğinin işaretini belirleyen kısım, köşeli parantez içindeki  $\mathfrak{X} = [\beta L K (q^2 + (q^*)^2) - r(q + q^*)(K - 2S)]$  ifadenin işareti olacaktır. Bu ifadenin işaretini analiz etmek için,  $\tau = 0$  ithalat gümrük vergisinin olmadığı durumda, dış ticaret sonrası durağan durum stok değerinin ne şekilde ifade edildiğini hatırlayalım. Yukarıda belirtilen (221) numaralı

eşitlikten bilindiği üzere,  $S_T = \frac{(r - q\beta L) + \sqrt{(q\beta L - r)^2 - \frac{2r}{K}(1 - \beta)L(\gamma + \gamma^*)}}{\frac{2r}{K}}$  ifadesi dış ticaret

<sup>52</sup>  $\tau = 0$  durumunda  $S = S^*$  eşitliğinden faydalanılmaktadır.

sonrası ortak durağan durum yenilenebilir stok değerini vermektedir. Bu ifadeyi düzenlediğimizde;

$$S_T = \frac{K}{2} + \frac{K}{2r} \left[ \sqrt{(q\beta L - r)^2 - \frac{2r}{K}(1 - \beta)L(\gamma + \gamma^*)} - q\beta L \right] \quad (285)$$

olmaktadır. Köşeli parantez içindeki ifade,  $L < \frac{r}{q\beta} - \Psi$  koşulunun geçerli olmasından dolayı sıfırdan büyük olmaktadır.<sup>53</sup> Bu durumda;

$$S_T = \frac{K}{2} + \frac{K}{2r} \left[ \sqrt{(q\beta L - r)^2 - \frac{2r}{K}(1 - \beta)L(\gamma + \gamma^*)} - q\beta L \right] \quad (286)$$

$\epsilon > 0$

ifadesi gözlemlendiği için,  $S_T = \frac{K}{2} + \frac{K}{2r}(\epsilon) > \frac{K}{2}$  sonucuna ulaşılmaktadır.<sup>54</sup>  $\tau = 0$  ithalat gümrük vergisinin olmadığı durumda, dış ticaret sonrası durağan durum stok değeri  $S = S^* = S_T > \frac{K}{2}$  olmaktadır. Bu bilgiler veri olarak alındığında, (284) numaralı eşitlikte belirtilen ve eşitliğin işaretini belirleyecek olan  $[\beta L K(q^2 + (q^*)^2) - r(q + q^*)(K - 2S)]$  ifade,  $S_T > \frac{K}{2}$  koşulu altında;

$$\underbrace{[\beta L K(q^2 + (q^*)^2)]}_{> 0} - \underbrace{r(q + q^*)(K - 2S)}_{> 0} > 0 \quad (287)$$

şeklinde pozitif olduğu kanıtlanmaktadır. Sonuç olarak,  $\bar{\gamma} > \gamma > \gamma^*$  başlangıç koşulu altında,  $\frac{dS}{d\tau}$  ve  $\frac{dS^*}{d\tau}$  türevlerinin paydasında ortak olarak bulunan  $D = A_S B_{S^*} - A_{S^*} B_S$  eşitliği pozitif bir değer almaktadır. Bu durumun doğal sonucu olarak, ithalat gümrük vergisinin pozitif bir değer aldığı durumda yenilenebilir kaynak stoğu üzerindeki etkisinin ne şekilde meydana geldiğini anlamak için (281) ve (282) numaralı eşitliklerin pay kısmında yer alan ifadeleri dikkate almak gerekir.

$\frac{dS}{d\tau}$  ifadesinin pay kısmını  $J$  olarak ifade edersek,  $J = -A_\tau B_{S^*} + A_{S^*} B_\tau$  olmaktadır.  $J$  ifadesi açık formda ifade etmek edilirse;

<sup>53</sup>  $L < \frac{r}{q\beta} - \Psi$  ifadesinin nasıl elde edildiği, Ek 9. bölümde detaylıca incelenmektedir.

<sup>54</sup> Şekil 5'te gösterildiği üzere, kapalı ekonomi kaynak stok seviyesi  $K/2$  değerinin sağ tarafında yer almaktadır. Bu durum, dış ticaret sonrası durağan durum dengesi için de aynı mantıkla geçerli olmaktadır.



$$\begin{aligned}
J &= \left[ \beta L q^* - r \left( 1 - \frac{2S^*}{K} \right) \right] (-1) - (\beta q S N) \left( \frac{1}{q^*(S^*)^2} \right) \\
&= - \left[ \beta L q^* - r \left( 1 - \frac{S^*}{K} \right) + \frac{r S^*}{K} \right] - \frac{\beta q S N}{q^*(S^*)^2}
\end{aligned} \tag{288}$$

Bu bölüme kadar tanımladığımız iki ifadeyi tekrar hatırlamak gerekirse<sup>55</sup>;

- i) Dış ticaret sonrası durağan durum stok seviyesi  $S = S^*$
- ii)  $N = (\text{Yabancı ülkedeki durağan durum } H \text{ malı üretim miktarı}) - (\text{Yabancı ülkedeki durağan durum } H \text{ malı tüketim miktarı}) = H^{P^*}(S^*) - H^{D^*}(S^*)$

Durağan durum dengesinde  $\left[ \frac{dS}{d\tau} = 0 \right]$ ,  $H^{P^*}(S^*) = G^*[S^*] - Z^* = r S^* \left[ 1 - \frac{S^*}{K} \right] - \gamma^*(1 - \beta)L$  olarak tanımlarken,  $H^{D^*}(S^*) = q^* \beta L S^*$  eşitliğine ulaşılmaktadır. Bu iki eşitliği kullanarak, durağan durum dengesinde  $N$  eşitliği açık formda yazıldığında;

$$N = r S^* \left[ 1 - \frac{S^*}{K} \right] - \gamma^*(1 - \beta)L - q^* \beta L S^* \tag{289}$$

(289) numaralı eşitliği  $\tau = 0$  ve  $S = S^* = S_T$  veri koşulu altında, (288) numaralı eşitliğe konulduğu zaman;

$$J = - \left[ \beta L q^* - r \left( 1 - \frac{S^*}{K} \right) + \frac{r S^*}{K} \right] - \frac{\beta}{S^*} \left[ r S^* \left[ 1 - \frac{S^*}{K} \right] - \gamma^*(1 - \beta)L - q^* \beta L S^* \right] \tag{290}$$

$$J = -[\beta L q^*] + r \left[ 1 - \frac{2S^*}{K} \right] - \beta r \left( 1 - \frac{S^*}{K} \right) + \frac{\beta}{S^*} \gamma^*(1 - \beta)L + \beta^2 q^* L \tag{291}$$

$$J = \beta L q^* (-1 + \beta) + r \left[ 1 - \frac{2S^*}{K} \right] - \beta r \left( 1 - \frac{S^*}{K} \right) + \frac{\beta}{S^*} \gamma^*(1 - \beta)L \tag{292}$$

şeklindeki açık form ifadesine ulaşılmaktadır. (292) numaralı eşitliğin ilk kısmında yer alan  $\beta L q^* (-1 + \beta)$  ifade  $\beta < 1$  olduğu için kesinlikle negatif bir değer almaktadır. Bu durumda,  $N$  eşitliğin işaretini belirleyebilmek için, eşitliğin geri kalan kısmını oluşturan,  $r \left[ 1 - \frac{2S^*}{K} \right] - \beta r \left( 1 - \frac{S^*}{K} \right) + \frac{\beta}{S^*} \gamma^*(1 - \beta)L$  ifadesi incelenmelidir. İlk olarak şu gözlemler de bulunulmalıdır;

- i) Daha önceden kanıtlandığı üzere dış ticaret sonrası oluşan durağan durum denge noktasındaki kaynak stok seviyesi  $S > \frac{K}{2}$  olduğu için,  $r \left[ 1 - \frac{2S^*}{K} \right]$  ifadesi kesinlikle negatiftir.

<sup>55</sup>  $q = q^*$  olduğu için, ara adım olarak bu eşitlik kullanılmaktadır.

ii)  $\beta r \left(1 - \frac{S^*}{K}\right)$  İfadesi de  $S = S^* < K$  olduğu için kesinlikle pozitiftir. Bu durumda;

$$\theta(\beta) = r \left[ \underbrace{1 - \frac{2S^*}{K}}_{< 0} \right] - \underbrace{\beta r \left(1 - \frac{S^*}{K}\right)}_{< 0} + \frac{\beta}{S^*} \gamma^* (1 - \beta) L \quad (293)$$

(293) numaralı ifadenin işaretinin nasıl olduğu üç farklı aşamada incelenecektir. İlk olarak,  $\beta$  teriminin  $[0,1]$  arasında değer aldığı için uç noktalarda  $\theta(\beta)$  fonksiyonunun işaretini belirtelim;

1.  $\beta = 0$  Olduğunda,  $\theta(\beta = 0) = r \left[1 - \frac{2S^*}{K}\right] < 0$  olmaktadır ve negatif bir işaret almaktadır.
2.  $\beta = 1$  Olduğunda,  $\theta(\beta = 1) = r \left[1 - \frac{2S^*}{K}\right] - r \left(1 - \frac{S^*}{K}\right) < 0$  olmaktadır ve negatif bir işaret almaktadır.

Yani, aralığın her iki ucunda da  $N$  fonksiyonu negatif bir değer alır. Bu noktada eksik kalan kısım,  $\beta \in (0,1)$  aralığında  $\theta(\beta)$  fonksiyonunun işaretinin ne yönde hareket edeceğinin incelenmesidir. Varsayalım ki,  $\theta(\beta)$  fonksiyonu  $\beta \in (0,1)$  aralığında pozitif olsun  $[\theta(\beta) > 0]$ .  $\theta(\beta)$  Fonksiyonunun türevi,  $\theta'(\beta) = -r \left[1 - \frac{S^*}{K}\right] + \frac{\gamma^*(1-\beta)L}{S^*}$  olmaktadır.  $\beta \in (0,1)$  aralığında  $\theta(\beta) > 0$  olabilmesi için;

$$\theta(\beta) = r \left[1 - \frac{2S^*}{K}\right] - \beta r \left(1 - \frac{S^*}{K}\right) + \frac{\beta}{S^*} \gamma^* (1 - \beta) L > 0$$

şartı sağlanmalıdır. Bu durumda aşağıdaki eşitlik ilişkisi oluşmaktadır.

$$\frac{\beta}{S^*} \gamma^* (1 - \beta) L > -r \left[1 - \frac{2S^*}{K}\right] + \beta r \left(1 - \frac{S^*}{K}\right)$$

Bu ifadeyi düzenlemek istediğimizde;

$$\underbrace{\frac{1}{S^*} \gamma^* (1 - \beta) L}_{> 0} > \underbrace{\frac{-r}{\beta} \left[1 - \frac{2S^*}{K}\right]}_{> 0} + \underbrace{r \left(1 - \frac{S^*}{K}\right)}_{> 0} \quad (294)$$

denkleminde ulaşılmaktadır. Bu eşitlik ilişkisinden doğan doğal bir sonuç;

$$\frac{1}{S^*} \gamma^* (1 - \beta) L > r \left(1 - \frac{S^*}{K}\right) \quad (295)$$

büyük olmasıdır. Bu aşamada  $\theta'(\beta)$  türev ifadesine dönersek, (295) numaralı eşitlik veri iken;

$$\theta'(\beta) = -r \left[ 1 - \frac{S^*}{K} \right] + \frac{\gamma^*(1-\beta)L}{S^*} > 0 \quad (296)$$

sonucu elde edilmektedir. Bu durum ise bir “çelişki” yaratmaktadır. Çünkü herhangi bir  $\beta \in (0,1)$  aralık değerinde  $\theta(\beta) > 0$  varsayımı altında, kesinlikle  $\theta'(\beta) > 0$  olduğundan dolayı, asla ve asla  $\theta(\beta = 1)$  uç değeri negatif bir değer alamamaktadır. Bu durum ise en başta gösterdiğimiz (2.numaralı) türev ilişkisinin tersidir. Sonuç olarak,  $\frac{dS}{d\tau}$  ifadesinin pay kısmı olan  $J = -A_\tau B_{S^*} + A_{S^*} B_\tau$  eşitliği negatif değer almaktadır ve  $\frac{dS}{d\tau} < 0$  olmaktadır.  $\tau = 0$  ve  $S = S^* = S_T$  noktasından başlayarak, marjinal derecede pozitif bir ithalat gümrük vergisinin varlığında [ $\tau > 0$ ], ana ülkenin kaynak stok seviyesi azalmaktadır.

Yabancı ülke için pozitif bir ithalat gümrük vergisinin, durağan durum kaynak stok seviyesi üzerindeki etkisini incelendiğinde, [ $\tau = 0$  ve  $S = S^* = S_T$  noktasından başlanarak, karşılaştırmalı denge analizi uygulanacaktır].  $\frac{dS^*}{d\tau} = \frac{-A_S B_\tau + A_\tau B_S}{D}$  ifadesinin paydasında yer alan  $D = A_S B_{S^*} - A_{S^*} B_S$  ifade, daha önceden de gösterildiği üzere pozitif olduğundan dolayı, pay kısmında yer alan  $J^* = -A_S B_\tau + A_\tau B_S$  eşitliğinin işareti,  $\frac{dS^*}{d\tau}$  türevinin işaretinin yönünü de belirleyecektir. Yukarıda belirtilen kısmi türev ifadelerine bağlı olarak, alan  $J^* = -A_S B_\tau + A_\tau B_S$  eşitliği açık formda tanımlandığında,  $N$

$$\begin{aligned} J^* &= -A_S B_\tau + A_\tau B_S = \beta q S N \left[ \frac{-1}{q S^2} \right] - \left[ \beta L q - r \left( 1 - \frac{2S}{K} \right) \right] (-1) \\ &= -\beta q S N \left[ \frac{1}{q S^2} \right] + \left[ \beta L q - r \left( 1 - \frac{2S}{K} \right) \right] = -\beta \frac{N}{S} + \beta L q - r \left( 1 - \frac{2S}{K} \right) \end{aligned} \quad (297)$$

Bu aşamada,  $N$  ifadesinin açık formunu ifade ederek, (297) numaralı eşitlik üzerinden daha basit bir eşitliğe geçiş yapılabilir.  $N$ , ana ülkenin durağan durum kaynak stok seviyesinde  $H$  malı ithalatının miktarını göstermektedir. Bu durumda;

$N = (\text{Ana ülkenin durağan durum denge stok seviyesinde } H \text{ malı talebi}) - (\text{Ana ülkenin durağan durum denge stok seviyesinde } H \text{ malı arzı})$

olarak ifade edilirse, cebirsel ifadelerle ilgili eşitlik belirtildiğinde;

$$N = \beta LqS - \left[ rS \left( 1 - \frac{S}{K} \right) - \gamma(1 - \beta)L \right] \quad (298)$$

$$\frac{N}{S} = \beta Lq - r \left( 1 - \frac{S}{K} \right) + \frac{\gamma}{S}(1 - \beta)L \quad (299)$$

ilgili eşitliğe ulaşılmaktadır.<sup>56</sup> (299) numaralı eşitliği, (297) numaralı  $J^*$  ifadesinin içerisine koyup, ilgili fonksiyon daha açık formda tekrar yazılmadan önce,  $J^*$  ifadesi daha basit formda ifade edilirse;

$$J^* = -\beta \frac{N}{S} + \left[ \frac{N}{S} - \frac{\gamma}{S}(1 - \beta)L \right] + r \frac{S}{K}$$

$$J^* = \frac{N}{S}(1 - \beta) + r \frac{S}{K} - \frac{\gamma}{S}(1 - \beta)L \quad (300)$$

eşitliğine ulaşılmaktadır. (300) numaralı ifadenin, işareti incelenecektir. (298) numaralı ifade veri iken, (300) numaralı eşitliği tekrar düzenlersek;

$$J^* = \frac{(1-\beta)}{S} [N - \gamma L] + r \frac{S}{K}$$

$$= \frac{(1-\beta)}{S} \left[ \beta LqS - rS \left( 1 - \frac{S}{K} \right) + \gamma(1 - \beta)L - \gamma L \right] + r \frac{S}{K} \quad (301)$$

ifadesine ulaşılır.  $\tau = 0$  iken dış ticaret sonrası ortak durağan durum dengesinin  $S = S^* = S_T$  olduğu daha önceden belirtilmiştir. Bu bilgi seti altında, durağan durum kaynak stok denge noktasında,  $\beta LqS - rS \left( 1 - \frac{S}{K} \right) = -\gamma(1 - \beta)L$  olduğuna göre;

$$J^* = \frac{(1-\beta)}{S} [-\gamma L] + r \frac{S}{K} \quad (302)$$

sonucuna ulaşılmaktadır. (302) numaralı ifadenin işareti,  $\frac{dS^*}{d\tau}$  türevinin işaretinin yönünü belirleyecektir.  $J^*$  eşitliğinin pozitif olabilmesi için,  $r \frac{S}{K} - \frac{(1-\beta)}{S} [\gamma L] > 0$  olmalıdır. Bu ifade daha basit bir formda yazıldığında,  $\frac{rS^2}{K(1-\beta)L} > \gamma$  şartı,  $J^* > 0$  için kesinlikle sağlanmalıdır. Kapalı ekonomi pozitif durağan durum denge koşulundan bilindiği üzere, ana ülke kirlilik parametresinin değeri,  $\gamma < \frac{K(r-q\beta L)^2}{4r(1-\beta)L}$  şartını içsel olarak sağlamak zorundadır. Bu ifadelere göre, eğer  $\frac{rS^2}{K(1-\beta)L} > \frac{K(r-q\beta L)^2}{4r(1-\beta)L}$  olduğunu gösterirsek,  $\gamma$  kirlilik parametresinin de  $\frac{rS^2}{K(1-\beta)L}$  değerinden küçük olduğunu kanıtlamış oluruz ve  $J^* > 0$

<sup>56</sup> Durağan durum dengesinde,  $H^S = G[S(t)] - Z(t)$  olmaktadır.

sonucuna ulaşabiliriz. Varsayalım ki, tam tersi durum geçerli olan, yani  $\frac{K(r-q\beta L)^2}{4r(1-\beta)L} > \frac{rS^2}{K(1-\beta)L}$  geçerli olsun. Bu durumda,  $K^2(r-q\beta L)^2 > 4r^2S^2$  olmalıdır. Bu ifade düzenlendiğinde ise,  $\frac{K}{2}(r-q\beta L) > rS$  olmaktadır. Fakat biliyoruz ki, dış ticaret sonrası oluşan durağan durum kaynak stok seviyesi için  $S > \frac{K}{2}$  olmak zorundadır. Aynı şekilde,  $r > (r-q\beta L)$  olduğuna göre,  $\frac{K(r-q\beta L)^2}{4r(1-\beta)L} > \frac{rS^2}{K(1-\beta)L}$  varsayımı yanlış olmaktadır ve aralarındaki ilişki ters yönlüdür. Sonuç olarak,  $\frac{rS^2}{K(1-\beta)L} > \frac{K(r-q\beta L)^2}{4r(1-\beta)L}$  sonucuna ulaşılır ve daha önceden de belirtildiği üzere, bu eşitliğin ortaya koyduğu ilişki,  $\frac{rS^2}{K(1-\beta)L} > \gamma$  şartının sağlanmasıdır. Bu durumda ise;

$$J^* = \frac{(1-\beta)}{S} [-\gamma L] + r \frac{S}{K} > 0 \quad (303)$$

büyüklik ilişkisi kesinlikle sağlanmaktadır.  $J^*$  ifadesi,  $\frac{dS^*}{d\tau}$  türevinin pay ifadesi olup, işaretinin yönünü belirlediği için,  $\frac{dS^*}{d\tau} > 0$  neticesine ulaşılmaktadır. Özet olarak,  $\tau = 0$  ve  $S = S^*$  noktasından başlamak üzere, marjinal derecede küçük ve pozitif bir ithalat gümrük vergisinin varlığında [ $\tau > 0$ ], yabancı ülkenin durağan durum stok seviyesi artmaktadır. ■

İthalat gümrük vergisinin pozitif olduğu durumlarda ana ülke ve yabancı ülke durağan durum kaynak stok seviyeleri üzerinde nasıl etki yaptığını ilişkin elde ettiğimiz bilgiler kullanılarak, ilgili önermenin ikinci kısmı aşağıda detaylı şekilde gösterildiği üzere kanıtlanmaktadır.

**Kanıt 14 (i):** Her iki ülkede de her iki malın üretildiği durağan durum denge noktası analiz edildiği için, aşağıdaki göreceli fiyat seviyeleri şu şekilde tanımlanabilir;

$$1. \quad p(S) = \frac{1}{qS} \quad \longrightarrow \quad \frac{dp}{d\tau} = \frac{dp}{dS} \frac{dS}{d\tau}$$

Bilindiği üzere,  $\frac{dp}{dS} = -1 \left[ \frac{1}{qS} \right]^2 < 0$  olarak ifade edilebilirken, Önerme 14 (i)'de gösterildiği gibi  $\frac{dS}{d\tau} < 0$  olmaktadır. Bu durumda,  $\frac{dp}{d\tau} = \frac{dp}{dS} \frac{dS}{d\tau} > 0$  pozitif bir işarete sahip olur. Sonuç olarak, pozitif ithalat gümrük vergisinin varlığında [ $\tau > 0$ ], ana ülke durağan durum doğal kaynak malı göreceli fiyat seviyesi artmaktadır.

$$2. \quad p^*(S^*) = \frac{1}{qS^*} \longrightarrow \frac{dp^*}{d\tau} = \frac{dp^*}{dS^*} \frac{dS^*}{d\tau}$$

Biliyoruz ki,  $\frac{dp^*}{d\tau} = -1 \left[ \frac{1}{qS^*} \right]^2 < 0$  olarak ifade edilebilirken, Önerme 14 (i)'de gösterildiği gibi  $\frac{dS^*}{d\tau} > 0$  olmaktadır. Bu durumda,  $\frac{dp^*}{d\tau} = \frac{dp^*}{dS^*} \frac{dS^*}{d\tau} < 0$  negatif bir işarete sahip olur. Sonuç olarak, pozitif ithalat gümrük vergisinin varlığında [ $\tau > 0$ ], ana ülke durağan durum doğal kaynak malı göreceli fiyat seviyesi artmaktadır. Pozitif ithalat gümrük vergisinin varlığında [ $\tau > 0$ ], yabancı ülke durağan durum doğal kaynak malı göreceli fiyat seviyesi ise azalmaktadır. ■

**Kanıt 14 (iii):** Ekonomi de yer alan tüm bireyler eş (benzer) oldukları için, temsili bir tüketiciyi ekonominin tüm varlığı (geliri) ile donanmış bir biçimde düşünerek model basitleştirilebilir. Bu şekilde ilgili refah etkileri analiz edilecektir. Çeşitlendirilmiş mal üretiminin yapıldığı durağan durum dengesinde, yabancı ülkedeki temsili bir tüketicinin geliri  $w^* = 1$  olmaktadır. Ekonominin toplam geliri (donanımı)  $w^*L = L$  olarak tanımlanabilir. Yabancı ülke temsili tüketici fayda fonksiyonu (11) numaralı eşitlikte ifade edildiğinde;

$$u^* = (h^*)^\beta (m^*)^{1-\beta}$$

şeklinde tekrar yazılabilir. (20) numaralı eşitlikte baz alınarak her iki mala yönelik talep eşitlikleri şu şekilde tanımlanabilmektedir.

$$h^* = \frac{(w^*L)\beta}{p^*} = \frac{\beta L}{p^*} \quad \text{Ve} \quad m^* = w^*(1 - \beta)L = (1 - \beta)L \quad (304)$$

(304) numaralı eşitlikte yer alan talep ifadeleri, fayda fonksiyonu içine koyarsak;

$$u^* = \left( \frac{\beta L}{p^*} \right)^\beta [(1 - \beta)L]^{1-\beta} \longrightarrow u^* = \beta^\beta (1 - \beta)^{(1-\beta)} L (p^*)^{-\beta} \quad (305)$$

ifadesine ulaşılır. (275) numaralı eşitlikten bilindiği üzere;  $p = p^* + \tau$  olmaktadır ve bu ifade düzenlendiğinde  $p^* = p - \tau$  ilişkisi elde edilir. Önerme 14 (iii)'de belirtildiği üzere, amacımız yabancı ülke için pozitif bir ithalat gümrük vergisinin varlığında, fayda seviyesinin nasıl hareket edeceğini ölçmektir. Yani,  $\frac{du^*}{d\tau}$  değişiminin işaretinin yönü belirlenmeye çalışılacaktır. İlk olarak, zincir kuralı uygulanarak ilgili türev ifadesi yazılırsa,  $\frac{du^*}{d\tau} = \frac{du^*}{dp^*} \frac{dp^*}{d\tau}$  ifadesi elde edilmektedir. (305) numaralı eşitlikten çıkarsama yapılarak;

$$\frac{du^*}{dp^*} = \beta^\beta (1 - \beta)^{(1-\beta)} L(-\beta) (p^*)^{-\beta-1} \quad (306)$$

türev ifadesi elde edilmektedir.  $\frac{du^*}{d\tau} = \frac{du^*}{dp^*} \frac{dp^*}{d\tau}$  Eşitlik, (306) numaralı ifade yerine konularak tekrar yazıldığında;

$$\frac{du^*}{d\tau} = [\beta^\beta (1 - \beta)^{(1-\beta)} L(-\beta) (p^*)^{-\beta-1}] \frac{dp^*}{d\tau} \quad (307)$$

açık form türevseline ulaşılmaktadır.  $\mu = \beta^\beta (1 - \beta)^{(1-\beta)}$  şeklinde bir simge kısaltması yapıлып ve (307) numaralı eşitlik tekrardan daha basit formda tanımlanırsa;

$$\frac{du^*}{d\tau} = \mu \frac{L}{p^*} (p^*)^{-\beta} \frac{dp^*}{d\tau} (-\beta) \quad (308)$$

ifadesi karşımıza çıkmaktadır. Önerme 14 (ii) numaralı kısımdan bilindiği üzere,  $\frac{dp^*}{d\tau} < 0$  ilişkisi veri koşul olarak alınabilmektedir. Bu durumda;

$$\frac{du^*}{d\tau} = \underbrace{(-\beta)\mu}_{< 0} \frac{L}{p^*} (p^*)^{-\beta} \underbrace{\frac{dp^*}{d\tau}}_{< 0} > 0 \quad (309)$$

elde edilmektedir. Sonuç olarak, pozitif bir ithalat gümrük vergisinin varlığında  $[\tau > 0]$ , durağan durum çeşitlendirilmiş üretim denge noktası veri iken, uygulanan vergi politikası, yabancı ülkenin faydasını ve refah seviyesini arttırmaktadır.

Aynı mantıkla ana ülke refah seviyesinin, ithalat gümrük vergisi karşısında nasıl hareket ettiği de analiz edilebilir. Ana ülke fayda fonksiyonunu açık formda yazmak için ilk olarak, ana ülke toplam gelir ifadesini tanımlamak gerekmektedir. Ana ülke tarafından uygulanan gümrük vergisi, toplam gelir seviyesini arttırmaktadır. Kapalı ekonomi durumunda,  $wL = L$  olarak tanımlanan toplam gelir seviyesi, ithalat gümrük vergisinin uygulandığı senaryoda,  $wL + \tau N$  olarak ifade edilmektedir.<sup>57</sup> Bu bilgiler veri koşul olarak göz önüne alındığında, ilk olarak ana ülke fayda fonksiyonu (11) numaralı eşitlikte tanımlandığı şekilde  $[u = h^\beta m^{(1-\beta)}]$  tanımlanmaktadır.  $H$  malına yönelik talep fonksiyonu  $h = \frac{(wL + \tau N)^\beta}{p} = (L + \tau N) \frac{\beta}{p}$  olurken,  $M$  malına yönelik talep fonksiyonu ise  $m = (1 - \beta)(wL + \tau N) = (1 - \beta)(L + \tau N)$  şeklinde ifade edilebilir. Bu durumda;

<sup>57</sup>  $wL$ , hanehalkının eline geçen gelir seviyesini gösterirken,  $\tau N$  ithalat gümrük vergisi kanalıyla elde edilen gelir seviyesini tanımlamaktadır. Daha önceden de vurgulandığı gibi, devlet topladığı tüm vergiyi herhangi bir maliyete katlanmadan hane halkına dağıtmaktadır şeklinde bir içsel varsayım burada geçerlidir.

$$\begin{aligned}
u &= \left[ (L + \tau N) \frac{\beta}{p} \right]^\beta [(1 - \beta)(L + \tau N)]^{(1-\beta)} \\
&= \beta^\beta (1 - \beta)^{(1-\beta)} (L + \tau N) p^{-\beta} = \mu(L + \tau N) p^{-\beta} \tag{310}
\end{aligned}$$

şekline bürünmektedir. Önerme 14 (iii)'de belirtildiği üzere, amacımız ana ülke için pozitif bir ithalat gümrük vergisinin varlığında, fayda seviyesinin nasıl hareket edeceğini ölçmektir. Yani,  $\frac{du}{d\tau}$  değişiminin işaretinin yönü belirlenmeye çalışılacaktır. (310) numaralı fonksiyonunun türevi alınırken hem çarpımın türevi hem de zincir kuralı uygulanacaktır. Bu bilgiler ışığında,  $u = \mu(L + \tau N) p^{-\beta} = \mu L p^{-\beta} + \mu(\tau N) p^{-\beta}$  ifadesinin türevi;

$$\frac{du}{d\tau} = \frac{d(\mu L p^{-\beta})}{d\tau} + \frac{d(\mu \tau N p^{-\beta})}{d\tau} \tag{311}$$

şeklinde tanımlanmaktadır. (311) numaralı eşitliğin sağ tarafında yer alan kapalı form türev ifadelerini aşağıda tanımlarsak;

$$\text{i) } \frac{d(\mu L p^{-\beta})}{d\tau} = -\beta \mu L p^{-\beta-1} \frac{dp}{d\tau} \tag{312}$$

$$\begin{aligned}
\text{ii) } \frac{d(\mu \tau N p^{-\beta})}{d\tau} &= \mu N p^{-\beta} \frac{d\tau}{d\tau} + (-\beta) \mu \tau N p^{-\beta-1} \frac{dp}{d\tau} = \mu N p^{-\beta} - \beta \mu \tau N p^{-\beta-1} \frac{dp}{d\tau} \\
&\tag{313}
\end{aligned}$$

açık form türev ifadeleri elde edilir. Bu iki ifadeyi (311) numaralı eşitliğin içine koyarsak;

$$\begin{aligned}
\frac{du}{d\tau} &= \mu N p^{-\beta} - \beta \mu \tau N p^{-\beta-1} \frac{dp}{d\tau} - \beta \mu L p^{-\beta-1} \frac{dp}{d\tau} \\
&= \mu N p^{-\beta} - \frac{\beta \mu p^{-\beta}}{p} [L + \tau N] \frac{dp}{d\tau} \tag{314}
\end{aligned}$$

Daha önceden de belirtildiği üzere,  $L + \tau N = \Upsilon$  olduğu için,

$$\frac{du}{d\tau} = \mu p^{-\beta} \left[ N - \beta \frac{\Upsilon}{p} \frac{dp}{d\tau} \right] \tag{315}$$

(315) numaralı eşitliğe ulaşılır. Köşeli parantez içinde yer alan  $\left[ N - \beta \frac{\Upsilon}{p} \frac{dp}{d\tau} \right]$  ifade,  $\frac{du}{d\tau}$  türevinin hareket yönünü belirlemektedir. Önerme 14 (ii) numaralı kısımdan bilindiği üzere,  $\frac{dp}{d\tau} > 0$  ilişkisi veri koşul olarak alınabilmektedir. Fakat ifade incelendiğinde, ana ülkenin koyduğu ithalat gümrük vergisinin ters yönlü iki farklı etkiye sahip olduğu görülmektedir. İlk olarak, ana ülkenin ithalat miktarını gösteren  $N$  ifadesi, ana ülkenin



gelir miktarını arttırarak, ülkenin fayda ve refah düzeyini arttırmaktadır. Ters yönlü etken ise, pozitif bir ithalat gümrük vergisinin olması [ $\tau > 0$ ], durağan durum yenilenebilir kaynak stok seviyesini azaltarak, dengede göreceli fiyat seviyesini arttırmaktadır. Bu durum, refahı olumsuz etkilemektedir. Sonuç olarak, dışsal parametrelerin model içerisinde aldığı değerlere bağlı olarak, ana ülkenin refah seviyesi  $\left[\frac{du}{d\tau}\right]$  artış veya azalış gösterebilir.

Bulunan sonuçlar için kısa bir özet yapılabilir. Dış ticarete açılan iki ekonomiden, yabancı ülke  $H$  malı ihracatı yapmaktadır. İthalat gümrük vergisinin pozitif bir değer aldığı durumda,  $H$  malının göreceli fiyatı düşmektedir  $\left[\frac{dp^*}{d\tau} < 0\right]$ . Bu durumun sebebi ise basitçe şu şekilde açıklamak mümkündür. Başlangıç koşulu olarak  $\bar{\gamma} > \gamma > \gamma^*$  alındığında, yenilenebilir kaynak stoğu üzerindeki daha zararlı etkenin aşırı mahsül tüketimi [ $H(t)$ ] olduğu daha önceden de belirtilmişti. Yabancı ülke için kaynak stok seviyesi, ithalat gümrük vergisinin etkin olduğu durumda [ $\tau > 0$ ], Önerme 14 (i)'nin de belirttiği gibi artmaktadır. Artan stok seviyesi,  $H$  malı göreceli fiyatını ilgili ülke için azaltmaktadır. Bu durumda,  $H$  malı üretimi daha az cazip olmaktadır ve yabancı ülke  $M$  malı üretimini arttırmaktadır. Kaynak stok seviyesi üzerinde daha az zararlı olan dışsallık faktörü,  $M$  malı üretimi ile ilişkili olduğu için,  $M$  malı üretiminde yaşanan artış, kaynak stok seviyesini tekrardan arttırır ve bu durum kendi kendini besleyen bir süreç yaratmaktadır.  $H$  malındaki göreceli fiyat düşüşü, yabancı ülkenin dış ticaret hadlerini üzerinde olumsuz bir etki yaratsa bile, durağan durum kaynak stok seviyesinde yaşanan artış, üretim olanakları eğrisini yukarı kaydırarak, yabancı ülkenin tüketim setini genişletmektedir. Bu durumun doğal bir sonucu olarak, yabancı ülke fayda ve refah seviyesi artmaktadır. Ana ülke için ise şunlar söylenebilir. Başlangıçta ana ülke,  $H$  malı ithalatı yapmaktadır. İthalat gümrük vergisi ana ülke açısından,  $H$  malı göreceli fiyatı üzerinde artış etkisi yaratmaktadır  $\left[\frac{dp}{d\tau} > 0\right]$ . Bu durumun direkt bir sonucu olarak, ana ülke daha fazla  $H$  malı üretmek isteyecektir. Biliniyor ki,  $\bar{\gamma} > \gamma > \gamma^*$  koşulu alındığında,  $H$  malı üretiminde yaşanan bir artış, durağan durum kaynak stok seviyesini azaltmaktadır. Bu durum da kendi kendini besleyen bir süreç yaratır ve denge oluşana kadar devam eder. Ana ülke, ithalat gümrük vergisi kanalıyla [ $\tau N$ ] kadar ek bir gelir yaratmasına rağmen, durağan durum kaynak stok seviyesindeki azalış, üretim olanakları eğrisini aşağı yönlü hareket ettirmek isteyecektir. Bu iki etki birbirlerine zıt yönlü çalışmaktadır. Baskın etkinin

hangisi olduğuna bağlı olarak, ana ülke dış ticaret sonucunda daha yüksek bir fayda seviyesine ulaşabilir veyahut da bir refah kaybı ile karşılaşabilir. Bu sebepten dolayı, dış ticaret sonucu ulaşılabilecek denge seviyesinin analizi, refah açısından belirsizdir. Brander ve Taylor (1998) makalesinde de belirtildiği gibi, dışsal parametreler model içerisinde doğru bir şekilde kurgulandığında, dış ticaret sonucu her iki ülkede fayda ve refah seviyelerini arttırabilir. Bu durumda, ithalat gümrük vergisi, Pareto iyileştirici olarak tanımlanabilir.

### 3.6.2. İhracat Gümrük Vergisi

Bu bölümde, yabancı ülkenin ihraç ettiği  $H$  malı üzerine koyduğu gümrük vergisinin neden olduğu etkiler analiz edilecektir. Sembollerin büyük bir kısmı, bir önceki bölüm ile aynı olduğu için tekrar edilmeyecektir. Yabancı ülke tarafından uygulanan ihracat gümrük vergisini  $\tau^*$  ile sembolleştirebiliriz. Bir önceki bölümde olduğu gibi, durağan durum göreceli fiyat seviyeleri, ilgili gümrük vergisi kadar farklılaşacaktır. Bu durumda,  $p = p^* + \tau^*$  eşitliği cebirsel olarak bu farklılığı ifade etmek için tanımlanmaktadır.

Daha önce de açıklandığı gibi, durağan durum dengesinde mal dengesi  $H^S + H^{S^*} = H^D + H^{D^*}$  olmalıdır. Durağan durum dengesinde, her bir ülkenin  $H$  malı arz seviyesi (115) numaralı eşitlik kullanılarak bir önceki bölüm ile aynı şekilde oluşmaktadır. Bir önceki bölümden farklı olarak, gümrük vergi geliri yabancı ülke tarafından toplanmaktadır. Bu sebepten dolayı da ana ülkenin gelir seviyesi  $w.L = L$  olurken, yabancı ülkenin toplam gelir eşitliği  $\Upsilon^* = w^*L^* + \tau^*N = L + \tau^*N$  şeklinde ifade edilmektedir. Bu durumda, her iki ülkenin  $H$  malı talebi;

$$H^D = wL \frac{\beta}{p} = L \frac{\beta}{p} \quad \text{ve} \quad [H^D]^* = [w^*L^* + \tau^*N] \frac{\beta}{p^*} = [L + \tau^*N] \frac{\beta}{p^*} \quad (316)$$

şeklinde olmaktadır. Bu bilgiler ışığında durağan durum mal dengesi  $[H^S + H^{S^*} = H^D + H^{D^*}]$  aşağıdaki şekilde tanımlanabilir;

$$\frac{\beta L}{p} + [L + \tau^*N] \frac{\beta}{p^*} = \left[ rS \left( 1 - \frac{S}{K} \right) - \gamma(1 - \beta)L \right] + rS^* \left( 1 - \frac{S^*}{K} \right) - \gamma^*(1 - \beta)L^* \quad (317)$$

Her iki ülkede de çeşitlendirilmiş üretim dengesi geçerli olduğu için, fiyat ilişkisi (275) numaralı eşitlik ile aynı olmaktadır. Bu durumda değişkenlerin eşanlı olarak hareket ettiği iki farklı eşitlik sistemine sahip olunur. Durağan durum dengesinde, bu eşitliklerin eş anlı olarak sürdürülebilir olması gerekmektedir. Amacımız, durağan durum dengesinde

ihracat gümrük vergisinin [ $\tau^* > 0$ ], kaynak stok seviyesi, göreceli fiyat seviyesi ve refah üzerindeki etkilerini incelemektir. İlgili eşitlikler sistemi aşağıdaki gibi yazılarak bu etkiler incelenecektir.

$$A(S, S^*; \tau^*) = \beta[L](qS) + \beta[L + \tau^*N](q^*S^*) - \left[ rS \left( 1 - \frac{S}{K} \right) - \gamma(1 - \beta)L \right] - \left[ rS^* \left( 1 - \frac{S^*}{K} \right) - \gamma^*(1 - \beta)L \right] \quad (318)$$

$$B(S, S^*; \tau^*) = \frac{1}{qS} - \frac{1}{q^*S^*} - \tau^* = 0 \quad (319)$$

Eşitlik sistemi ifade edilmektedir. (318) ve (319) numaralı eşitlikler sistemini tam türevsel formunda yazıp, Cramer kuralı ile çözersek  $\frac{dS}{d\tau^*}$  ve  $\frac{dS^*}{d\tau^*}$  ifadelerinin açık formuna ulaşırız. Bu durumda, ilk adım olarak tam türevsel koşulları türetilim;

$$i) \quad \frac{\partial A}{\partial S} dS + \frac{\partial A}{\partial S^*} dS^* + \frac{\partial A}{\partial \tau^*} d\tau^* = 0 \quad \longrightarrow \quad \frac{\partial A}{\partial S} dS + \frac{\partial A}{\partial S^*} dS^* = -\frac{\partial A}{\partial \tau^*} d\tau^*$$

İfadenin her iki tarafını da  $d\tau^*$  ile bölersek;

$$\frac{\partial A}{\partial S} \frac{dS}{d\tau^*} + \frac{\partial A}{\partial S^*} \frac{dS^*}{d\tau^*} = -\frac{\partial A}{\partial \tau^*} \quad [\text{I. toplam türevsel koşulu}] \quad (320)$$

$$ii) \quad \frac{\partial B}{\partial S} dS + \frac{\partial B}{\partial S^*} dS^* + \frac{\partial B}{\partial \tau^*} d\tau^* = 0 \quad \longrightarrow \quad \frac{\partial B}{\partial S} dS + \frac{\partial B}{\partial S^*} dS^* = -\frac{\partial B}{\partial \tau^*} d\tau^*$$

İfadenin her iki tarafını da  $d\tau$  ile bölersek;

$$\frac{\partial B}{\partial S} \frac{dS}{d\tau^*} + \frac{\partial B}{\partial S^*} \frac{dS^*}{d\tau^*} = -\frac{\partial B}{\partial \tau^*} \quad [\text{II. toplam türevsel koşulu}] \quad (321)$$

Cramer kuralını uygulayabilmek için (320) ve (321) numaralı eşitlikleri kullanarak ifadeleri matris formunda ifade edelim. Bu durumda;

$$\begin{bmatrix} \frac{\partial A}{\partial S} & \frac{\partial A}{\partial S^*} \\ \frac{\partial B}{\partial S} & \frac{\partial B}{\partial S^*} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \frac{dS}{d\tau^*} \\ \frac{dS^*}{d\tau^*} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -\frac{\partial A}{\partial \tau^*} \\ -\frac{\partial B}{\partial \tau^*} \end{bmatrix} \quad (322)$$

Matrisine ulaşırız.  $\frac{dS}{d\tau^*}$  ve  $\frac{dS^*}{d\tau^*}$  ifadelerini bulmak için, Cramer kuralını uygularsak;

$$iii) \quad \frac{dS}{d\tau^*} = \frac{\begin{bmatrix} -\frac{\partial A}{\partial \tau^*} & \frac{\partial A}{\partial S^*} \\ -\frac{\partial B}{\partial \tau^*} & \frac{\partial B}{\partial S^*} \end{bmatrix}}{\begin{bmatrix} \frac{\partial A}{\partial S} & \frac{\partial A}{\partial S^*} \\ \frac{\partial B}{\partial S} & \frac{\partial B}{\partial S^*} \end{bmatrix}} \quad \longrightarrow \quad \frac{dS}{d\tau^*} = \frac{-A_{\tau^*}B_{S^*} + A_{S^*}B_{\tau^*}}{A_S B_{S^*} - A_{S^*} B_S} \quad (323)$$

$$\text{iv)} \quad \frac{dS^*}{d\tau^*} = \frac{\begin{bmatrix} \frac{\partial A}{\partial S} & -\frac{\partial A}{\partial \tau^*} \\ \frac{\partial B}{\partial S} & -\frac{\partial B}{\partial \tau^*} \end{bmatrix}}{\begin{bmatrix} \frac{\partial A}{\partial S} & \frac{\partial A}{\partial S^*} \\ \frac{\partial B}{\partial S} & \frac{\partial B}{\partial S^*} \end{bmatrix}} \longrightarrow \frac{dS^*}{d\tau^*} = \frac{-A_S B_{\tau^*} + A_{\tau^*} B_S}{A_S B_{S^*} - A_{S^*} B_S} \quad (324)$$

Her iki eşitlikte de alt indis şeklinde sembolleştirilen terimler kısmi türevleri göstermek için kullanılmaktadır. (320) ve (321) numaralı eşitliğin paydasında yer alan ifade,  $D = A_S B_{S^*} - A_{S^*} B_S$  şeklinde tanımlandığında, aşağıdaki önermeye ulaşabiliriz.

**Önerme 15:**  $\bar{\gamma} > \gamma > \gamma^*$  başlangıç koşulu altında ithalat gümrük vergisinin uygulanmadığı [ $\tau^* = 0$ ] bir durumdan ticarete başlandığı zaman, kirlilik yoğunluğu parametresi daha düşük olan yabancı ülke tarafından, ihraç ettiği H malı üzerine marjinal derecede küçük pozitif bir gümrük vergisi uyguladığında aşağıdaki etkiler ortaya çıkar;

- i) Ana ülkenin durağan durum kaynak stok seviyesi azalırken, yabancı ülkenin durağan durum kaynak stok seviyesi artar [ $\frac{dS}{d\tau^*} < 0$  ve  $\frac{dS^*}{d\tau^*} > 0$ ].
- ii) Ana ülkenin durağan durum göreceli H malı fiyatı artarken, yabancı ülkenin durağan durum göreceli H malı fiyatı azalmaktadır [ $\frac{dp}{d\tau^*} > 0$  ve  $\frac{dp^*}{d\tau^*} < 0$ ].
- iii) Yabancı ülkenin durağan durum fayda seviyesi artarken, ana ülkenin durağan durum fayda seviyesi azalmaktadır.

**Kanıt 15 (i):** 14 (i) kanıtı ile neredeyse aynı olduğu için burada tekrar edilmeyecektir.

**Kanıt 15 (ii):** 14 (ii) kanıtı ile neredeyse aynı olduğu için burada tekrar edilmeyecektir.

**Kanıt 15 (iii):** Ekonomi de yer alan tüm bireyler eş (benzer) oldukları için, temsili bir tüketiciyi ekonominin tüm varlığı (geliri) ile donanmış bir biçimde düşünerek modeli basitleştirebiliriz. Bu şekilde ilgili refah etkileri analiz edilecektir. Çeşitlendirilmiş mal üretiminin yapıldığı durağan durum dengesinde, ana ülkedeki temsili bir tüketicinin geliri  $w = 1$  olmaktadır. Ekonominin toplam geliri (donanımı)  $wL = L$  olarak tanımlanabilir. Ana ülke temsili tüketici fayda fonksiyonu (11) numaralı eşitlikte belirtildiği üzere;

$$u = (h)^\beta (m)^{1-\beta}$$

olarak tekrar yazılabilir. (20) numaralı eşitlikte baz alınarak her iki mala yönelik talep eşitlikleri şu şekilde tanımlanabilmektedir.

$$h = \frac{(wL)\beta}{p} = \frac{\beta L}{p} \quad \text{Ve} \quad m = w(1 - \beta)L = (1 - \beta)L \quad (325)$$

(325) numaralı eşitlikte yer alan talep ifadeleri, fayda fonksiyonu içine koyarsak;

$$u = \left(\frac{\beta L}{p}\right)^\beta [(1 - \beta)L]^{1-\beta} \longrightarrow u = \beta^\beta (1 - \beta)^{(1-\beta)} L(p)^{-\beta} \quad (326)$$

ifadesine ulaşılır. (275) numaralı eşitlikten bilindiği üzere;  $p = p^* + \tau$  olmaktadır ve bu ifade düzenlendiğinde  $p^* = p - \tau$  ilişkisi elde edilir. Önerme 15 (iii)'de belirtildiği üzere, amacımız ana ülke için pozitif bir ihracat gümrük vergisinin varlığında, fayda seviyesinin nasıl hareket edeceğini ölçmektir. Yani,  $\frac{du}{d\tau}$  değişiminin işaretinin yönü belirlenmeye çalışılacaktır. İlk olarak, zincir kuralı uygulanarak ilgili türev ifadesi yazılırsa,  $\frac{du}{d\tau^*} = \frac{du}{dp} \frac{dp}{d\tau^*}$  ifadesi elde edilmektedir. (326) numaralı eşitlikten çıkarsama yapılarak;

$$\frac{du}{dp} = \beta^\beta (1 - \beta)^{(1-\beta)} L(-\beta)(p)^{-\beta-1} \quad (327)$$

türev ifadesi elde edilmektedir.  $\frac{du}{d\tau^*} = \frac{du}{dp} \frac{dp}{d\tau^*}$  Eşitlik, (327) numaralı ifade yerine konularak tekrar yazıldığında;

$$\frac{du}{d\tau^*} = [\beta^\beta (1 - \beta)^{(1-\beta)} L(-\beta)(p)^{-\beta-1}] \frac{dp}{d\tau^*} \quad (328)$$

açık form türevseline ulaşılmaktadır.  $\mu = \beta^\beta (1 - \beta)^{(1-\beta)}$  şeklinde bir simge kısaltması yapıp ve (328) numaralı eşitlik tekrardan daha basit formda tanımlanırsa;

$$\frac{du}{d\tau^*} = \mu \frac{L}{p} (p)^{-\beta} \frac{dp}{d\tau^*} (-\beta) \quad (329)$$

ifadesi karşımıza çıkmaktadır. Önerme 15 (iii) numaralı kısımdan bilindiği üzere,  $\frac{dp}{d\tau^*} > 0$  ilişkisi veri koşul olarak alınabilmektedir. Bu durumda;

$$\frac{du}{d\tau^*} = \underbrace{(-\beta)\mu \frac{L}{p} (p)^{-\beta}}_{< 0} \underbrace{\frac{dp}{d\tau^*}}_{> 0} < 0 \quad (330)$$

sonucuna ulaşılmaktadır. Netice olarak, pozitif bir ihracat gümrük vergisinin varlığında [ $\tau^* > 0$ ], durağan durum çeşitlendirilmiş üretim denge noktası veri iken, uygulanan vergi politikası, ana ülkenin faydasını ve refah seviyesini azaltmaktadır.

Aynı mantıkla yabancı ülke refah seviyesinin, ihracat gümrük vergisi karşısında nasıl hareket ettiğini de analiz edebiliriz. Yabancı ülke fayda fonksiyonunu açık formda yazmak için ilk olarak, yabancı ülke toplam gelir ifadesini tanımlamak gerekmektedir. Yabancı ülke tarafından uygulanan gümrük vergisi, toplam gelir seviyesini arttırmaktadır. Kapalı ekonomi durumunda,  $w^*L^* = L^* = L$  olarak tanımlanan toplam gelir seviyesi, ihracat gümrük vergisinin uygulandığı senaryoda,  $w^*L^* + \tau^*N$  olarak ifade edilmektedir. Bu bilgiler veri koşul olarak göz önüne alındığında, ilk olarak yabancı ülke fayda fonksiyonu (11) numaralı eşitlikte tanımlandığı şekilde  $[u^* = (h^*)^\beta (m^*)^{(1-\beta)}]$  olarak ifade edilmektedir.  $H$  doğal kaynak malına yönelik talep fonksiyonu  $h^* = \frac{(w^*L^* + \tau^*N)^\beta}{p^*} = (L + \tau^*N) \frac{\beta}{p^*}$  olurken,  $M$  üretim malına yönelik talep fonksiyonu ise  $m^* = (1 - \beta)(w^*L^* + \tau^*N) = (1 - \beta)(L + \tau^*N)$  olarak ifade edilebilir. Bu durumda;

$$u^* = \left[ (L + \tau^*N) \frac{\beta}{p^*} \right]^\beta [(1 - \beta)(L + \tau^*N)]^{(1-\beta)}$$

$$= \beta^\beta (1 - \beta)^{(1-\beta)} (L + \tau^*N) (p^*)^{-\beta} = \mu (L + \tau^*N) (p^*)^{-\beta} \quad (331)$$

olmaktadır. Önerme 15 (iii)'de belirtildiği üzere, amacımız yabancı ülke için pozitif bir ithalat gümrük vergisinin varlığında, fayda seviyesinin nasıl hareket edeceğini ölçmektir. Yani,  $\frac{du^*}{d\tau^*}$  değişiminin işaretinin yönü belirlenmeye çalışılacaktır. (331) numaralı fonksiyonunun türevi alınırken hem çarpımın türevi hem de zincir kuralı uygulanacaktır. Bu bilgiler ışığında,  $u^* = \mu (L + \tau^*N) (p^*)^{-\beta} = \mu L (p^*)^{-\beta} + \mu (\tau^*N) (p^*)^{-\beta}$  ifadesinin türevi;

$$\frac{du^*}{d\tau^*} = \frac{d(\mu L (p^*)^{-\beta})}{d\tau^*} + \frac{d(\mu (\tau^*N) (p^*)^{-\beta})}{d\tau^*} \quad (332)$$

Şeklinde ifade edilebilir. (332) numaralı eşitliğin sağ tarafında yer alan kapalı form türev ifadelerini aşağıda tanımlarsak;

$$i) \quad \frac{d(\mu L (p^*)^{-\beta})}{d\tau^*} = -\beta \mu L (p^*)^{-\beta-1} \frac{dp^*}{d\tau^*} \quad (333)$$

$$ii) \quad \frac{d(\mu (\tau^*N) (p^*)^{-\beta})}{d\tau^*} = \mu N p^{-\beta} \frac{d\tau^*}{d\tau^*} + (-\beta) \mu \tau^* N (p^*)^{-\beta-1} \frac{dp^*}{d\tau^*}$$

$$= \mu N p^{-\beta} - (-\beta) \mu \tau^* N (p^*)^{-\beta-1} \frac{dp^*}{d\tau^*} \quad (334)$$

açık form türev ifadeleri elde edilir. Bu iki ifadeyi (332) numaralı eşitliğin içine koyarsak;

$$\begin{aligned}\frac{du^*}{d\tau^*} &= \mu N p^{-\beta} - (-\beta)\mu \tau^* N (p^*)^{-\beta-1} \frac{dp^*}{d\tau^*} - \beta \mu L (p^*)^{-\beta-1} \frac{dp^*}{d\tau^*} \\ &= \mu N (p^*)^{-\beta} - \frac{\beta \mu (p^*)^{-\beta}}{p^*} [L + \tau^* N] \frac{dp^*}{d\tau^*}\end{aligned}\quad (335)$$

Daha önceden de belirtildiği üzere,  $L + \tau^* N = T^*$  olduğu için,

$$\frac{du^*}{d\tau^*} = \mu (p^*)^{-\beta} \left[ N - \beta \frac{T^*}{p^*} \frac{dp^*}{d\tau^*} \right] \quad (336)$$

(336) numaralı eşitliğe ulaşılır. Köşeli parantez içinde yer alan  $\left[ N - \beta \frac{T^*}{p^*} \frac{dp^*}{d\tau^*} \right]$  ifade,  $\frac{du^*}{d\tau^*}$  türevinin hareket yönünü belirlemektedir. Önerme 15 (ii) numaralı kısımdan bilindiği üzere,  $\frac{dp^*}{d\tau^*} < 0$  ilişkisi veri koşul olarak alınabilmektedir. Bu durumda  $\frac{du^*}{d\tau^*} = \mu (p^*)^{-\beta} \left[ N - \beta \frac{T^*}{p^*} \frac{dp^*}{d\tau^*} \right] > 0$  olarak sonuçlanmaktadır. İhracat gümrük vergisinin varlığında [ $\tau^* > 0$ ], çeşitlendirilmiş üretim kalıbının olduğu durağan durum dengesinde, yabancı ülkenin fayda ve refah seviyesi kesinlikle artmaktadır. ■

Bulunan sonuçlar için kısa bir özet yapılabilir. Daha önceden de belirtildiği üzere, ana ülke kapalı ekonomiden dış ticarete geçtiğinde,  $M$  üretim malı ihraç ederken,  $H$  doğal kaynak malı ithal etmektedir. İhracat gümrük vergisinin var olduğu durağan durum dengesinde, ana ülke açısından  $H$  malı göreceli fiyatı arttığı için  $\left[ \frac{dp}{d\tau^*} > 0 \right]$  ve  $\bar{\gamma} > \gamma > \gamma^*$  başlangıç koşulu veri olduğunda dolayı, durağan durum kaynak stok seviyesi azalır ve bu durum kendi kendini besleyen bir süreç yaratır. Hem ticaret hadlerindeki bozulma hem de kaynak stok seviyesindeki azalış, ana ülke üretim olanakları eğrisini içe doğru kaydırır ve fayda (refah) düzeyin kesinlikle azaldığı gözlemlenir. Yabancı ülke için ise, pozitif bir ihracat gümrük vergisinin varlığında,  $H$  malı göreceli fiyat seviyesi azaldığı için  $\left[ \frac{dp}{d\tau^*} < 0 \right]$ , dış ticaret hadleri bozulmaktadır. Fakat başlangıç koşulu olarak  $\bar{\gamma} > \gamma > \gamma^*$  veri iken, göreceli fiyat seviyesindeki azalışa bağlı olarak,  $M$  malı üretiminde yaşanan artış, daha az zararlı etkenin  $M$  malı üretimi olmasından dolayı, kaynak stok seviyesini arttırmaktadır. Buna ek olarak, uygulanan ihracat gümrük vergisi, yabancı ülke için ek gelir yaratır ve tüketim setinin genişlemesine yardımcı olur. Üretim olanakları eğrisinin, gümrük vergisinin yarattığı ek gelir ve stok seviyesindeki artışa bağlı olarak dışa doğru genişlemesi, durağan durum fayda (refah) seviyesini yabancı ülke için arttırmaktadır.

(14) ve (15) numaralı önermelerin ortaya koyduğu sonuçlar aşağıdaki gibi özetlenmektedir. Modelimizin başlangıç koşulu olarak kirlilik parametreleri arasındaki ilişki  $\bar{\gamma} > \gamma > \gamma^*$  şeklinde tanımlandığı için, serbest piyasa ekonomisine dışarıdan yapılan herhangi bir müdahale (ithalat vergisi  $[\tau]$  ve ihracat vergisi  $[\tau^*]$  gibi), eğer  $H$  doğal kaynak malının fiyatını arttıracak bir etkiye sahip ise, yenilenebilir kaynak stok seviyesi üzerindeki daha zararlı etken  $H$  doğal kaynak malı üretimi olduğu için, ilgili göreceli fiyat artışının neden olduğu  $H$  doğal kaynak malı üretimindeki artış, stok seviyesini azaltarak, ilgili ekonomi de refah (fayda) açısından kayıplar yaratmaktadır. Bu kayıpların yaşandığı ekonomiler, gümrük vergisi kaynaklı ek gelirin toplayıcısı konumunda oldukları durumda, yukarıda bahsi geçen kayıplar bir dereceye kadar telafi edilebilmektedir. Daha önceden de belirtildiği üzere, dışsal parametrelerin doğru kurgulandığı bir örnekte, ilgili ülkeler fayda açısından, kapalı ekonomi durumuna göre, daha yüksek refah seviyelerine de ulaşabilirler.

Tam tersi bir durum olarak, politik müdahale sonucu göreceli doğal kaynak malı fiyat seviyesinin baskılandığı ekonomilerde (her iki önermede de bu durum yabancı ülke için geçerli olmakta), emek miktarının  $M$  malı üretimine kayması sonucu,  $\bar{\gamma} > \gamma > \gamma^*$  başlangıç koşuluna bağlı olarak, doğal kaynak malı stok birikiminin yaşandığı gözlemlenmektedir. Stok seviyesindeki bu artış, dış ticaret sonucu kazanç sağlandığını göstermektedir. Bu anlatıya ilave olarak, eğer gümrük vergisi kaynaklı ek gelir ilgili ekonomi tarafından toplanıyorsa, refah (fayda) seviyesinde yaşanan bu artış daha da fazla olabilmektedir.



## SONUÇ

Bu çalışmada birbirleriyle etkileşim halinde bulunan iki farklı dışsallık faktörünün eşanlı olarak bir arada bulunduğu yenilenebilir kaynak stoğu modeli ve bu modele etki eden farklı dış ticaret politikalarının refah, stok seviyesi ve tüketim üzerindeki etkileri incelenmiştir. Dışsallıklardan ilki, mülkiyet haklarının eksik tanımlanmasından dolayı ortaya çıkan ve çevresel stok seviyesini azaltan, aşırı yenilenebilir kaynak tüketimi olarak ifade edilmiştir. Diğer dışsallık ise, üretim aktivitesi kaynaklı olarak ortaya çıkan ve doğal kaynak malı sektörünün verimliliğini etkileyen kirlilik olarak adlandırılmıştır. Her iki dışsallık faktörü de kaynak stoğunun zaman içindeki değişimini negatif yönlü etkilemiştir.

İlk bölümde, her bir dışsallığın ayrı bir biçimde etkin olduğu iki farklı kapalı ekonomi yenilenebilir kaynak stoğu modeli kurgulanmıştır. Bu iki modelde, literatürde daha önceden tanımlanmıştır. Fakat, bu çalışma her iki modelin de kapalı ekonomi durağan durum dengesinin kararlılık analizine matematiksel bir yaklaşım getirmiştir. Daha önceden şekil üzerinde açık bir biçimde gözlemlendiği için fazlasıyla üstünde durulmayan bu matematiksel kanıtlamalar, bu çalışmada ayrıntılı olarak incelenmiştir. Cebirsel olarak sunulan kanıtlar, çevre ekonomisi literatüründe yapılan daha önceki çalışmaların eksik bıraktığı önemli bir noktayı tamamlamaktadır. Literatür de yer alan çalışmalar, grafik üzerinde gösterilen kararlı denge analizini matematiksel olarak doğru kabul edip, modellerini bu kabul üzerine kurmuşlardır. Bu bölümün devamında, dış ticaret kısmının da temelini oluşturacak ve literatürde Rus (2016) ve Li ve Yanase (2022) çalışmalarında kurulan modellerin, kararlılık analizi yapılmıştır. Bu kararlılık analizi, Rus (2016)'da eksik bir biçimde analiz edildiği için bu çalışma da üstünde daha ayrıntılı bir şekilde durulmuştur. İlgili matematiksel kanıtın karmaşık olan kısmı, her iki dışsallığın da eşanlı olarak etkin olmasına bağlı olarak, stoğun zaman içindeki değişimini homojen ve doğrusal olmayan bir diferansiyel denklem formatına dönüştürmüş olmasıdır. İleri matematik tekniklerin de kullanılmasıyla, kapalı ekonomi durağan durum dengesini oluşturan iki farklı nokta benzer analize tabi tutulmuştur. Kapalı ekonomi durağan durum dengelerinden daha yüksek olan stok seviyesi kararlı bir denge noktası olarak gösterilmiştir. Dışsal herhangi bir şok karşısında ilgili durağan durum dengesinin zaman içerisinde başlangıç denge noktasına yakınsayacağı cebirsel olarak kanıtlanmıştır. Kapalı

ekonomi durağan durum dengelerinden daha düşük olan stok seviyesi ise kararsız bir denge noktası olarak ortaya çıkmıştır. Dışsal bir şok, ilgili durağan durum dengesinden sapmalara neden olmaktadır. Bu sapmalar sonucunda, zaman içerisinde stok seviyesi başlangıç denge noktasından uzaklaşmıştır. Bu ırsamaların sonucunda, ilgili stok seviyesi yenilenebilir olmasına rağmen yok olma noktasına kadar gidebilmiştir. Dışsal şok parametresinin aldığı değerlere bağlı olarak, kararsız dengenin, kapalı ekonomi durağan durum dengelerinden daha yüksek stok seviyesine doğru yakınsayabileceği de şekil üzerinde gösterilmiştir. Bu çalışma, literatürde yer alan kabullerin geçerliliğini cebirsel olarak kanıtlamakla birlikte, iki farklı dışsallığın eşanlı olarak etki ettiği modeller için de daha önceden mevcut olmayan yeni bir matematiksel teknik ortaya koymuştur.

Çalışmanın ikinci bölümünde, dışsallıkların eşanlı olarak etkin olduğu modelin uluslararası ticarete açıldığı iki ülkeli dış ticaret modeli incelenmiştir. Ülkeler; ana ülke ve yabancı ülke olarak isimlendirilmiştir. Ülkeleri birbirlerinden farklı kılan nokta, kirlilik parametrelerinin aldığı değerler olmuştur. Her bir ülkenin üretim sektörü, yerel düzeyde etkin olan bir kirlilik yaratmaktadır. Bu kirlilik, üretim aktivitesi ile kirlilik parametresi arasındaki doğrusal ilişkiye bağlı kılınmıştır. Ülkelerin, bu dışsal parametrede aldıkları farklı değerler, hem kapalı ekonomi kaynak stok seviyesini belirlemiş hem de dış ticaret sonrası oluşan ticaret yönelimleri üzerinde etkin olmuştur. Kirlilik parametresinin, Rus (2016) modelinin de sonuçları baz alınarak, belirli bir eşik değerinin altında var olması gerektiği bu çalışmada da varsayılmıştır. Bu durum ise, üretim sektörünün yeterli düzeyde kontrol edilebildiğini yani bir anlamda çevre üzerinde kirlilik vasıtasıyla dışsallık yaratan endüstrilerin bir noktaya kadar düzgün tanımlı regülasyonlara tabi olduğunu göstermiştir. Bu bilgiler ışığında, dış ticaret modeli geliştirmekte olan iki ülke arasındaki ticari ilişki şekline dönüşmüştür. Bu durumun sebebi ise şu şekilde ifade edilmiştir: Dış ticaret sonrası modelde, eksik mülkiyet haklarından dolayı aşırı yenilenebilir kaynak tüketim problemi her iki ülke için de devam etmiştir. Fakat üretim kirliliği uygun bir düzenlemeye tabi tutulabildiği için, ülkeler Güney-Güney ticari ilişkisine benzer bir yapıya bürünmüştür.

Kirlilik parametresinin daha düşük değer aldığı yabancı ülke (üretim endüstrisinin daha düzgün bir biçimde regülasyona tabi tutulduğu ülke), kapalı ekonomi kaynak stok seviyesi yeterince büyük olduğu için doğal kaynak malı sektöründe göreceli üstünlüğe sahip olmuştur. Bu durumun bir sonucu olarak, her iki ülke de dış ticarete açıldığında

yabancı ülke doğal kaynak malı ihraç ederken, ana ülke ise üretim malı olarak adlandırılan ürünü ihraç eder bir konuma erişmiştir. Dış ticaret sonrası oluşan dengenin çeşitlendirilmiş bir üretim dengesi olması durumunda (yani, dengede her iki ürünün de eş anlamlı olarak üretilebildiği, herhangi bir mal üzerinde tam uzmanlaşmanın olmadığı durum), girdi fiyat eşitliği ve yenilenebilir kaynak stok seviyesinde eşitlik oluştuğu cebirsel olarak gösterilmiştir.

Ülke ekonomilerinin dış ticarete açıldığı durum ile kapalı ekonomi durağan durum dengesi karşılaştırıldığında, dış ticaret sonrası çeşitlendirilmiş üretim kalıbına sahip olan yabancı ülkenin dış ticaret sonucunda refah açısından kayıp yaşayacağı, çeşitlendirilmiş üretim kalıbına sahip ana ülkenin ise kazanç sağlayabileceği gösterilmiştir. Bu durumun sebebi ise, kirlilik parametresinin eşik değerin altında konumlandırılmasından dolayı, marjinal etki olarak, aşırı yenilenebilir kaynak tüketim dışsallığının, üretim kaynaklı kirlilik dışsallığından daha güçlü bir biçimde çevre üzerinde zararlı olmasından kaynaklanmıştır. Dış ticarete açılan yabancı ülke, doğal kaynak malı ihraç etmek için teşvik edildiği zaman, daha yüksek miktarlarda doğal kaynak malı üretmek isteyecekti ve bu durumun doğal sonucu olarak emek doğal kaynak malı sektörüne kayacaktır. Doğal kaynak malı üretiminde yaşanan artış ise, çevre üzerinde daha zararlı etki yaratarak, yenilenebilir kaynak stoğunu azaltmaktadır. Azalan kaynak stok seviyesi, göreceli üstünlüğe sahip olunan doğal kaynak malı sektöründe verimliliği azalttığı için, yabancı ülkenin toplam gelir düzeyi azalmıştır. Bu durum, refah (fayda) seviyesinin azalmasına neden olmuştur.

Ana ülke için ise, bu anlatının tam tersi geçerlidir. Ana ülke, karşılaştırmalı üstünlüğe sahip olduğu için üretim malı sektörüne daha fazla emek ayırmaktadır. Çevre üzerinde daha az zararlı olan etkinin üretim endüstrisi kaynaklı kirlilik dışsallığı olduğu için, artan üretim malı miktarları, yenilenebilir kaynak stok seviyesinde artışa neden olmuştur. Bu durumun sonucu olarak, doğal kaynak malı sektöründe verimlilik artış göstermiştir. Üretim malı sektöründeki verimlilik hem kapalı ekonomi hem de dış ticaret sonrası sabit kaldığı için, ana ülke dış ticaret sonucunda refah (fayda) seviyesini arttırmıştır.

Bu sonuçlar, literatürde yer alan çalışmaların tam tersine, ilginç bir tartışma ortaya koymaktadır. Bir ülkenin eşanlı olarak birden fazla dışsallığa sahip olduğu ve yenilenebilir kaynak stoğu üzerindeki dışsallıklardan yalnızca birini göreceli olarak

düzenli bir şekilde regülasyona tabi tutabildiği durumlarda, düzenlemeyi daha düzenli yapabilmek, kaynak stok seviyesi ve refah açısından kayıp yaşayabilmektedir. Dışsal parametrelerin aldığı değerler, bu kaybı garanti edebilmektedir. Bu durumun ortaya koyduğu politik gerçek, ekonominin dışsal parametrelerine bağlı olmak üzere, bazı durumlarda politika yapıcıların dışsallık yaratan faaliyetleri eş anlı olarak düzenlemeye ve kontrole tabi tutması gerekmektedir. Tek bir endüstrinin düzenli ve katı sınırlamalara tabi olması, dış ticarete açılan ilgili ekonomi için refah kaybına neden olabilmektedir. Dış ticaret sonucu ölçülebilen kayıplar, standart dış ticaret sürecinin oluşturduğu kayıplar olmakla birlikte, uygulanan regülasyonların ve kısıtlama rejimlerinin ilgili ülke üzerinde yarattığı maliyet etkisi de gözlemlenemeyen bir kayıp olarak değerlendirilmiştir. Bu sonuçlar, dış ticaretin her halükârda bir ekonominin çevre standartlarını geliştireceğini ve refah seviyesini arttıracak iddiasına karşın bir tez ortaya koymaktadır. Düzenli kontrol sistemlerinin olduğu durumlarda bile, dış ticaret süreçlerinin fayda kaybına neden olabileceği modelde kanıtlanmıştır.

Bu sonuçları garanti eden koşullar modelin devamında cebirsel olarak gösterilmiştir. İlgili konuya zemin sağlayan koşul, dış ticaret sonrasında oluşan üretim dengesinde, her iki ülke için de her iki malın üretilebildiği çeşitlendirilmiş üretim kalıbının geçerli olmasıdır. Modelin bu kısmı, çeşitlendirilmiş üretim dengesinin sağlanması için gereklilik arz eden koşulları ve dışsal parametrelerin alabileceği değerleri matematiksel yöntemler kullanarak analiz edilmiştir.

Çalışmanın son bölümünde ise dış ticaret politikaları analizi yapılmıştır. Eşanlı negatif dışsallıkların yer aldığı çevre ekonomisi literatüründe, dış ticaret politikalarının etkileri mevcut literatürde daha önceden incelenmemiştir. Bu sebepten dolayı, çalışmanın son bölümünde yer alan ve “ikinci” en iyi sonuçları üreten dış ticaret politikaları, özgün ve yeni sonuçlar ortaya koymaktadır. Diğer bir deyişle, bu çalışmanın literatürde yer alan diğer çalışmalardan en temel farkı, dış ticaret politikalarının etkilerini, çoklu negatif dışsallıkların kaynak stoğu üzerinde etki ettiği ekonomik çerçevelerde tartışıyor olmasıdır.

Gelişmekte olan ülkeler için, modelde belirtilen dışsallıkların kontrol edilebilmesi çeşitli sebeplerden dolayı çok maliyetli ve zor olabilmektedir. Bu sebepten ötürü, vergilendirme gibi birinci dereceden etkin olan çözümlerinin uygulanabilmesinin imkansızla yakın

olacağı değerlendirilmiştir. Bu bilgiler ışığında, model ithalat ve ihracat gümrük vergilendirmelerini en iyi ikinci çözüm olarak ifade edip, ilgili politik kararlar sonucu ortaya çıkmış olan stok seviyesi, göreceli fiyat seviyesi ve refah seviyesi analize tabi tutulmuştur. Ana ülke tarafından uygulanan ithalat gümrük vergisi sonucunda, yabancı ülkenin durağan durum stok seviyesinin artacağı ve ana ülkenin durağan durum stok seviyesinin azalacağı gösterilmiştir. Buna ilaveten, ithalat gümrük vergisi, yabancı ülke refah seviyesini arttırırken, ana ülke için işe refah sonuçları belirsiz kalmıştır. Bu durumun sebebi ise, uygulanan ithalat gümrük vergisi politikasının yabancı ülke için üretim malı arzını arttırmayı rasyonel bir karar haline getirmesidir. Böylece yabancı ülke için yenilenebilir kaynak stok seviyesi artış göstermektedir ve üretim olanakları eğrisi de buna bağlı olarak genişlemiştir. Ana ülke için ise, kaynak stok seviyesinde yaşanan düşüşler ve ithalat vergisi vasıtasıyla toplanan artı gelir birbirlerine ters yönlü etki oluşturmuştur. Sonuç olarak, ana ülke fayda seviyesinin değişimi belirsiz olarak nitelendirilmiştir.

Yabancı ülke tarafında uygulanan ihracat gümrük vergisi ise, kaynak stok seviyesi için benzer sonuçlar yaratmıştır. Fakat, uygulanan bu politika, yabancı ülke fayda seviyesini kesinlikle arttırırken, ana ülke fayda seviyesini ise kesin olarak azaltmıştır. Toplanan gümrük vergisi yabancı ülke için ek gelir sağladığı için ve gümrük vergisi sonucunda kaynak stok seviyesi bu ülkede artış gösterdiği için, yabancı ülke refah seviyesinde yaşanan artış kesinlik arz etmektedir. Aynı mantıkla, ana ülke için kaynak stok seviyesi azalmıştır. Bunu telafi edeceği düşünülen artı gelir ise bu durumda ana ülke tarafından toplanamamıştır. Bu durumda, ana ülke fayda seviyesi, ihracat gümrük vergisi sonucunda kesinlikle azalmıştır.

Dış ticaret politikalarının bu şekilde analiz edilmesi, Rus (2016) ve Li ve Yanase (2022) başta olmak üzere, birden fazla dışsallığın eşanlı ve birbirleriyle ilişkili bir şekilde kaynak stoğunu etkileyebildiği modellerin genişletilmesi şeklinde düşünülmektedir. Bu politikaların sonuçları ve bunlara bağlı ortaya çıkan politika önerileri, daha önceki herhangi bir çalışmada incelenmemiştir. Ticari serbestleşmeye savunan ampirik çalışmaların, yalnızca spesifik bir durumu temsil ettiği, teorik açıdan bakıldığında, bu sonuçların genelleştirilmesinin akla yatkın olamayabileceği, bu çalışma da ayrıntılı olarak gösterilmiştir.

Bu çalışmanın ortaya koyduğu özgün politika önerileri şu şekilde özetlenebilir: Dünya Ticaret Örgütü veya Kuzey Amerika Serbest Ticaret Alanı gibi kurumlarda yer alan politik karar vericiler, yerel hükümetlere serbest ticareti teşvik eden politikaları her daim ve ısrarla uygulamaları yönünde baskı kurmamalıdır. Bu çalışmanın da ortaya koyduğu üzere, önemli olan nokta, ülkeler arasında mevcut bulunan dış ticaret koşulları ve kaynak yönetim rejimlerinin uygulanabilirliği arasındaki ilişkidir. Bir ülke her ne kadar düzenleyici kurumların ortaya koyduğu kuralları etkin olarak uygulasa bile, ticari partnerinin çevre hassasiyetinin daha düşük olduğu durumlarda, iki ülke arasındaki dış ticaret ilişkisinin, daha katı çevresel düzenlemelere sahip ülkenin aleyhine gelişebileceği akıldan çıkarılmamalıdır. Diğer bir deyişle, tek bir ülke tarafından uygulanan çevre kuralları, belirli koşullar altında, her iki ülke için de refah azaltıcı sonuçlar ortaya çıkarabilmektedir. Unutmamak gerekir ki, serbest ticaretin her iki ülke için de refah artırıcı etkiye sahip olduğu durumlar, durum-bazlı olarak değerlendirilmelidir. Koşullar ne olursa olsun, bir ülkeyi dış ticarete açmak, bu çalışmanın da belirttiği üzere, refah ve çevre üzerinde negatif neticeler yaratabilmektedir. Politik karar vericiler bu tartışmalar ışığında, uluslararası ticaret teorisindeki genel olarak kabul edilmiş reçetenin tersine, daha sıkı kaynak stoğu düzenlemelerinin, beklenmedik olumsuz sonuçlar yaratabileceğini dikkate almalıdırlar. Bu sonuçlar, gelişmiş ülkelerde bile niçin bazı durumlarda yenilenebilir kaynak stoğu düzenlemeleri konusunda isteksiz davranıldığını bir noktaya kadar açıklayabilmektedir.

Bu çalışmanın genişletilmesi için yapılabilecek ilk farklılaşma, kirlilik parametrelerinin değer aralığını değiştirmek olarak düşünülebilir. Kirlilik parametre değerlerinin eşik değerinin üstünde konumlandığı durumda, çevre üzerinde daha zararlı olan etkinin doğası değişeceği için daha farklı sonuçlar ile karşılaşılması beklenilebilir. Buna ilave olarak, bu çalışmada kirlilik dışsallığı yerel düzeyde bir etkinliğe sahip olmuştur. Her bir ülkenin kirlilik parametresinin sınır ötesi etkinliğe sahip olabildiği bir durumda, toplam kirlilik seviyesi fonksiyonel olarak her iki ülkenin de üretim fonksiyonunda yer almaktadır. Kaynak stokunu düzenleyen kuralların farklı derecelerde uygulandığı durumları göz önünde bulundurmamak, ticari serbestleşme sonucu belirlenecek olan içsel mülkiyet hakları rejimi varsayımını ve buna bağlı yeni bakış açılarını literatüre kazandırabilmektir.

Diğer bir öneri ise, ulusal sınırlar içerisinde tanımlı olan kaynak stoğu varsayımının genişletilmesidir. Bir çok ülke, ticari partnerleri ile ortak kullanmak zorunda oldukları,

yenilenebilir kaynak stoğuna sahiptirler. Bu durumun doğal sonucu olarak, kaynak stoğu ve kaynak malı sektörünün üretim verimliliği, yalnızca yerel ülkenin üretim kararları sonucu değil, ticari ortaklarının da stratejik üretim kararları sonucu belirlenmektedir. İlgili ülkelerin tamamı, optimal üretim kararları alırken, ticari partnerlerinin de alabileceği stratejik kararları gözünde bulundurmak zorunda kalabilmektedirler. Ortak kaynak stoku varsayımı, çevre stoğunu korumak için gerekli olan uluslararası mutabakata daha kolay varılmasını sağlayabilir. Çünkü, uluslararası ticaretin parçası olan her bir ülke, kaynak stoğunun sürdürülebilir olmasından doğrudan fayda veya zarar sağlayabilmektedir.

Son olarak, sınır ötesi kirlilik varsayımını ilgili çalışmaya dahil edilebilir. Bu durumda, üretim sektörünün yarattığı endüstriyel kirlilik dışsallığı, yalnızca yerel sınırlar içerisinde bulunan kaynak malı sektörünün verimliliğini etkilemeyip, ticari partnerde de bulunan kaynak malı endüstrisinin verimliliğini doğrudan değiştirebilecektir. Ülkelerin üretim olanakları eğrisi, diğer bir ülkenin kirlilik parametresinin büyüklüğüne göre belirleneceği için de, sınır ötesi kirlilik varsayımı, ticaret sonrası üretimin sektörler arası dağılımını, dış ticaret hadlerini ve sosyal refahı etkileyebilecektir.

## KAYNAKÇA

- Abman, R. ve Lundberg, C. (2020). *Does free trade increase deforestation? The effects of regional trade agreements*, Journal of the Association of Environmental and Resource Economists, 7(1), 35-72
- Acharyya, R. (2013). *Trade and Environment: Oxford India Short Introductions*. Oxford University Press, New Delhi.
- Adhikari, B. (2001). *Literature Review on the Economics of Common Property Resources. Review of Common Pool Resource Management in Tanzania*. Report Prepared for NRSP Project R7857. Environment Department, University of York, York, UK.
- Akhundjanov, S.B. ve Munoz-Garcia, F. (2019). *Transboundary natural resources, externalities, and firm preferences for regulation*. Environmental and Resource Economics, 73, 333-352.
- Ali, S., Yusop, Z., Kaliappan, S.R., ve Chin, L. (2020). *Dynamic Common Correlated Effects of Trade Openness, FDI, and Institutional Performance on Environmental Quality: Evidence From OIC Countries*. Environmental Science and Pollution Research, 27(11), 11671-11682.
- Al-Mulali, U., Ozturk, I., ve Lean, H.H. (2015). *The Influence of Economic Growth, Urbanization, Trade Openness, Financial Development, and Renewable Energy on Pollution in Europe*. Natural Hazards, 79(1), 621-644.
- Andree, B.P.J., Chamorro, A., Spencer, P., Koomen, E., ve Dogo, H. (2019). *Revisiting the Relation Between Economic Growth and the Environment; A Global Assessment of Deforestation, Pollution and Carbon Emission*. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 114, 109221.
- Anriquez Nilson, G.A. (2005). *Renewable Resources as a Factor of Production in International Trade* (Doctoral dissertation).
- Antweiler, W., Copeland, B.R., ve Taylor, M.S. (2001). *Is Free Trade Good for the Environment?*, American Economic Review, 91(4), 877-908.
- Arezki, R., ve Van Der Ploeg, R. (2007). *Can the Natural Resource Curse Be Turned into a Blessing? The Role of Trade Policies and Institutions*. CEPR Discussion Paper 6225.
- Arnason, R. (1993). *The Icelandic Individual Transferable Quota System: A Descriptive Account*. Marine Resource Economics, 8(3), 201-218.
- Asif, M., Khan, K.B., Anser, M.K., Nassani, A.A., Abro, M.M.Q., ve Zaman, K. (2020). *Dynamic Interaction Between Financial Development and Natural Resources: Evaluating the 'Resource curse' hypothesis*. Resources Policy, 65, 101566.



- Azizishirazi, A., Dew, W.A., Forsyth, H.L., ve Pyle, G.G. (2013). *Olfactory Recovery of Wild Yellow Perch From Metal Contaminated Lakes*. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 88, 42-47.
- Bailey, N.A. (1993). *Foreign Direct Investment and Environmental Protection in the Third World*. *Trade and the Environment—Law, Economics, and Policy*, 133-43.
- Barbier, E.B., ve Schulz, C.E. (1997). *Wildlife, Biodiversity and Trade*. *Environment and Development Economics*, 2(2), 145-172.
- Barbier, E.B., ve Strand, I. (1998). *Valuing Mangrove-Fishery Linkages—A Case Study of Campeche, Mexico*. *Environmental and Resource Economics*, 12(2), 151-166.
- Barbier, E.B., (2005). *Natural Resources and Economic Development*. New York: Cambridge University Press
- Barzel, Y. (1997). *Economic Analysis of Property Rights*. Cambridge University Press: Cambridge, United Kingdom.
- Baumol, W.J., ve Bradford, D.F. (1972). *Detrimental Externalities and Non-Convexity of the Production Set*. *Economica*, 39(154), 160-176.
- Beladi, H., ve Chao, C.C. (2006). *Environmental Policy, Comparative Advantage, and Welfare for a Developing Economy*. *Environment and Development Economics*, 11(5), 559-568.
- Bellanger, M., Fonner, R., Holland, D.S., Libecap, G.D., Lipton, D.W., Scemama, P., Speir, C., ve Thebaud, O. (2021). *Cross-sectoral externalities related to natural resources and ecosystem services*. *Ecological Economics*, 184, 106990.
- Benarroch, M., ve Thille, H. (2001). *Transboundary Pollution and the Gains From Trade*. *Journal of International Economics*, 55(1), 139-159.
- Benchebkroun, H., ve Van Long, N. (2016). *Status Concern and the Exploitation of Common Pool Renewable Resources*. *Ecological Economics*, 125, 70-82.
- Bergland, H., Mishra, P., Pedersen, P.A., Ponossov, A., ve Wyller, J. (2022). *Time delays and pollution in an open-access fishery*. *Natural Resource Modeling*, e12363.
- Beyene, Z., ve Wadley, I.L. (2004). *Common goods and the common good: Transboundary natural resources, principled cooperation, and the Nile Basin Initiative*. In *Breslauer Symposium on Natural Resource Issues in Africa*. Berkeley, CA: University of California, Berkeley, Center for African Studies
- Bhagwati, J. (1993). *The case For Free Trade*. *Scientific American*, 269(5), 42-49.
- Blatter, J., ve Ingram, H.M. (Eds.). (2001). *Reflections on water: New approaches to transboundary conflicts and cooperation*. Cambridge, Massachusetts: MIT Press.
- Boulding, K.E. (1966). *The Economics of the Coming Spaceship Earth*. New York, 1-17.

- Bourne, R. (2019). 'Market Failure' Arguments Are a Poor Guide to Policy. *Economic Affairs*, 39(2), 170-183.
- Boyd, R., Peter J.R., Ruth M-D., Tine D.M., Matthew O.J., Kristina M.G., Harriet H-D., Brett M.F., Michael J.M., Katherine J.S., Angela R.M., ve Christopher, D. (2018). *Tragedy Revisited*. *Science*, 362 (6420), 1236–41.
- Brander, J.A., ve Taylor, M.S. (1997a). *International Trade and Open Access Renewable Resources: the Small Open Economy Case*. *Canadian Journal of Economics*, 30(3), 526-552
- Brander, J.A., ve Taylor, M.S. (1997b). *International Trade Between Consumer and Conservationist Countries*. *Resource and Energy Economics*, 19(4), 267-297.
- Brander, J.A., ve Taylor, M.S. (1998). *Open Access Renewable Resources: Trade and Trade Policy in a Two-Country Model*. *Journal of International Economics*, 44(2), 181-209.
- Bringezu, S., ve Bleischwitz, R., (2009). *Sustainable Resource Management: Global Trends, Visions and Policies*. Routledge, New York.
- Bromley, D.W. (1999). *Property Regimes in Economic Development: Lessons and Policy Implications*. In *Agriculture and the Environment: Perspectives on Sustainable Rural Development* (edited by E. Lutz). The World Bank, Washington, D.C.
- Bromley, D.W., ve Cernea M.M. (1989). *The Management of Common Property Natural Resources: Some Conceptual and Operational Fallacies*. Discussion Paper No. 57, The World Bank Washington, D.C.
- Buchanan, J.M., ve Stubblebine, W.C. (1962). *Externality*. In *Classic Papers in Natural Resource Economics* (pp. 138-154). Palgrave Macmillan, London.
- Bulte, E.H., ve Barbier, E.B. (2005). *Trade and Renewable Resources in a Second Best World: an Overview*. *Environmental and Resource Economics*, 30(4), 423-463.
- Bulte, E.H., ve Horan, R.D. (2003). *Habitat Conservation, Wildlife Extraction and Agricultural Expansion*. *Journal of Environmental Economics and Management*, 45(1), 109-127.
- Bulte, E.H., ve Van Kooten, G.C. (1999). *Economics of Antipoaching Enforcement and the Ivory Trade Ban*. *American Journal of Agricultural Economics*, 81(2), 453-466.
- Burger, J., ve Michael G. (1998). *The Tragedy of the Commons 30 Years Later*. *Environment* 40(10), 4–13.
- Cabo, F., Martin-Herran, G., ve Martinez-Garcia, M.P. (2014). *Property rights for natural resources and sustainable growth in a two-country trade model*. *Decisions in Economics and Finance*, 37(1), 99-123.

- Carriazo, F. (2016). *Economics and Air Pollution*. In (Ed.), *Air Quality - Measurement and Modeling*. IntechOpen.
- Cavalcanti, T.V.D.V., Mohaddes, K., ve Raissi, M. (2011). *Growth, Development and Natural Resources: New Evidence Using a Heterogeneous Panel Analysis*. *The Quarterly Review of Economics and Finance*, 51(4), 305-318.
- Cave, L.A., ve Blomquist, G.C. (2008). *Environmental Policy in the European Union: Fostering the Development of Pollution Havens?*. *Ecological Economics*, 65(2), 253-261.
- Centemeri, L. (2009). *Environmental Damage as Negative Externality: Uncertainty, Moral Complexity and the Limits of the Market*. e-cadernos CES.
- Chattopadhyay, J., Srinivasu, P.D.N., ve Bairagi, N. (2003). *Pelicans at Risk in Salton Sea—An Eco-Epidemiological Model-II*. *Ecological Modelling*, 167, 199–211.
- Chen, S., ve Chen, D. (2018). *Haze Pollution, Government Governance and High-quality Economic Development*. *Economic Research*, 53(02), 20-34.
- Chichilnisky, G. (1993). *North-South Trade and the Dynamics of Renewable Resources*. *Structural Change and Economic Dynamics*, 4(2), 219-248.
- Chichilnisky, G. (1994). *North-South Trade and the Global Environment*. *The American Economic Review*, 84(4), 851-874.
- Choi, J.Y., ve Eden, S.H. (1984). *Gains From Trade Under Variable Returns to Scale*. *Southern Economic Journal*, 979-992.
- Chopra, K., ve Kumar, P. (2004). *Forest Biodiversity and Timber Extraction: An Analysis of the Interaction of Market and Non-Market Mechanisms*. *Ecological Economics*, 49(2), 135-148.
- Ciriacy-Wantrup, S.V., ve Bishop, R.C. (1975). *"Common property" as a Concept in Natural Resources Policy*. *Natural Resources Journal*, 15(4), 713-727.
- Clark, C.W. (2013). *Commons, Concept and Theory of*. *Encyclopedia of Biodiversity*, 769-776.
- Cleaver, K.M., ve Schreiber, G. (1992). *The Population, Agriculture and Environment Nexus in Sub-Saharan Africa. Agriculture and Rural Development*. Series No. 1, The World Bank, Washington, D.C
- Coase, R.H. (2013). *The Problem of Social Cost*. *The Journal of Law and Economics*, 56(4), 837-877.
- Cohen, M.J. (1995). *Technological Disasters and Natural Resource Damage Assessment: An Evaluation of the Eon Valdez Oil Spill*. *Land Economics*, 71, 64–82.

- Cohen, M.A., ve Tubb, A. (2018). *The Impact of Environmental Regulation on Firm and Country Competitiveness: A Meta-analysis of the Porter Hypothesis*. *Journal of the Association of Environmental and Resource Economists*, 5(2), 371-399.
- Common, M., ve Stagl, S. (2005). *Ecological Economics – an introduction*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Copeland, B.R., ve Taylor, M. S. (1994). *North-South Trade and the Environment*. *The Quarterly Journal of Economics*, 109(3), 755-787.
- Copeland, B.R., ve Taylor, M. S. (1995a). *Trade and the Environment: A Partial Synthesis*. *American Journal of Agricultural Economics*, 77(3), 765-771.
- Copeland, B.R., ve Taylor, M. S. (1995b). *Trade and Transboundary Pollution*. *The American Economic Review*, 716-737.
- Copeland, B.R., ve Taylor, M. S. (1997). *The Trade-Induced Degradation Hypothesis*. *Resource and Energy Economics*, 19(4), 321-344.
- Copeland, B.R., ve Taylor, M. S. (1999). *Trade, Spatial Separation, and the Environment*. *Journal of International Economics*, 47(1), 137-168.
- Copeland, B.R., ve Taylor, M. S. (2009). *Trade, Tragedy, and the Commons*. *American Economic Review*, 99(3), 725-49.
- Copeland, B.R., ve Taylor, M. S. (2013). *Trade and the Environment*. Princeton University Press.
- Cowen, T. (2008). *Public goods*. *The Concise Encyclopedia of Economics*, 197-199.
- Czech, B., ve Daly, H.E. (2004). *In My Opinion: The Steady State Economy—What It Is, Entails, and Connotes*. *Wildlife Society Bulletin*, 32(2), 598-605.
- Dahlman, C. J. (1979). *The problem of externality*. *The Journal of Law and Economics*, 22(1), 141-162.
- Dai, T.D. (2021). *Environmental Impact of Trade Facilitation in Vietnam: An Assessment of Trade in Environmental Goods*. (Doctoral dissertation, Ritsumeikan Asia Pacific University).
- Daitoh, I., ve Tarui, N. (2022). *Open access renewable resources, urban unemployment, and the resolution of dual institutional failures*. *Environment and Development Economics*, 27(4), 316-332.
- Daly, H.E. (1977). *Steady-state Economics: The Economics of Biophysical Equilibrium and Moral Growth*. San Francisco: W.H. Freeman.
- Daly, H.E. (1990). *Toward Some Operational Principles of Sustainable Development*. *Ecological Economics*, 2(1): 1-6.

- Daly, H.E. (1991). *Steady-state Economics: With New Essays*. Island Press.
- Daly, H.E. (1993). *The Perils of Free Trade*. *Scientific American*, 269(5), 50-57.
- Daly, H.E. (2010). *From a Failed-growth Economy to A Steady-State Economy*. *Solutions*, 1(2), 37-43.
- Daly, H.E., ve Farley, J. (2003). *Ecological Economics: Principles and Applications*. Island Press, Washington, D.C., USA
- Dasgupta, P.S. (1982). *The Control of Resources*. Harvard University Press, Cambridge, Massachusetts.
- Dean, J.M. (Ed.). (2017). *International Trade and the Environment*. Routledge.
- Detnerr, F., ve Blohm, M. (2021). *External Cost of Air Pollution from Energy Generation in Morocco*. *Renewable and Sustainable Energy Transition*, 1, 100002.
- Dhliwayo, M. (2002). *Legal Aspects of Trans-Boundary Natural Resources Management in Southern Africa*. In *Commons in an Age of Globalisation*. The Ninth Conference of the International Association for the Study of Common Property.
- Dinda, S. (2004). *Environmental Kuznets Curve Hypothesis: A Survey*. *Ecological economics*, 49(4), 431-455.
- Dong, G.W. (2011). *International Trade with a Renewable Resource as an Intermediate Good: The Steady State Analysis in a Small Open Economy*. *Studies in Regional Science*, 41(3), 611-621.
- Dubey, B., ve Hussain, J. (2006). *Modelling the Survival of Species Dependent on a Resource in a Polluted Environment*. *Nonlinear Analysis: Real World Applications*, 7, 187–210.
- Eaton, J., ve Panagariya, A. (1979). *Gains From Trade Under Variable Returns to Scale, Commodity Taxation, Tariffs and Factor Market Distortions*. *Journal of International Economics*, 9(4), 481-501.
- Eggertsson, T. (2003). *Open Access versus Common Property*. *Property Rights: Cooperation, Conflict, and Law*, 73, 74-76.
- Eisenbarth, S. (2017). *Is Chinese Trade Policy Motivated by Environmental Concerns?*. *Journal of Environmental Economics and Management*, 82, 74-103.
- Eisenbarth, S. (2022). *Do exports of renewable resources lead to resource depletion? Evidence from fisheries*. *Journal of Environmental Economics and Management*, 112, 102603.
- Ethier, W. J. (1982). *Decreasing Costs in International Trade and Frank Graham's Argument for Protection*. *Econometrica: Journal of the Econometric Society*, 1243-1268.

- Emami, A., ve Johnston, R.S. (2000). *Unilateral Resource Management in a Two-Country General Equilibrium Model of Trade in a Renewable Fishery Resource*. American Journal of Agricultural Economics, 82(1), 161-172.
- Fao, (2022). The State of World Fisheries and Aquaculture 2022, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, 22 June 2022.
- Ferreira, S. (2004). *Deforestation, property rights, and international trade*. Land Economics, 80(2), 174-193.
- Ferretti, J., Guske, A.L., Jacob, K., ve Quitsov, R. (2012). *Trade and the environment: frameworks and methods for impact assessment*. FFU-Report 05-2012. Forschungszentrum für Umweltpolitik, FU Berlin.
- Fischer, C. (2010). *Does Trade Help or Hinder the Conservation of Natural Resources?* Review of Environmental Economics and Policy, Association of Environmental and Resource Economists, 4(1), 103-121.
- Flaaten, O., Heen, K., ve Salvanes, K.G. (1995). *The Invisible Resource Rent in Limited Entry and Quota Managed Fisheries: The Case of Norwegian Purse Seine Fisheries*. Marine Resource Economics, 10(4), 341-356.
- Flaaten, O., ve Schulz, C.E., (2010). *Triple Win for Trade in Renewable Resource Goods by use of Export Taxes*. Ecological Economics, 69(5), 1076-1082.
- Flaherty, M., & Karnjanakesorn, C. (1995). *Marine Shrimp Aquaculture and Natural Resource Degradation in Thailand*. Environmental management, 19, 27-37.
- Folke, C., Carpenter, S., Walker, B., Scheffer, M., Elmqvist, T., Gunderson, L., ve Holling, C. S. (2004). *Regime Shifts, Resilience, and Biodiversity in Ecosystem Management*. Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics, 557-581.
- Fuchs, D. (2003). *An institutional basis for environmental stewardship: the structure and quality of property rights*. Kluwer Academic Publishers: London.
- Gandolfo, G. (1997). *Economic Dynamics: Study Edition*. Springer Science & Business Media.
- Gaspar, A. (2010). *Convergence Analysis: A New Approach*. In *Crisis Aftermath: Economic Policy Changes in the EU and Its Member States*. University of Szeged: Szeged, Hungary. 9, 382–390.
- Gordon, H.S. (1954). *The Economic Theory of a Common-Property Resource: The Fishery*. In *Classic Papers in Natural Resource Economics*, Palgrave Macmillan, 178-203.
- Griffin, J.M., ve Steele, H.B. (1986). *Energy Economics and Policy*. Orlando, FL: Academic Press.

- Groom, M.J., Meffe, G.K., ve Carroll, C.R. (2006). *Principles of Conservation Biology*. Sinauer Associates, Sunderland.
- Grossman, G.M., ve Krueger, A.B. (1991). *Environmental Impacts of a North American Free Trade Agreement*. MIT Press.
- Gürlük, S. (2009). *Economic Growth, Industrial Pollution and Human Development in the Mediterranean Region*. *Ecological Economics*, 68 (8-9), 2327-2335.
- Haibara, T. (2022). *A Note on Pollution and Reforms of Domestic and Trade Taxes Toward Uniformity*. *International Tax and Public Finance*, 29 (1):201-214.
- Hannesson, R. (2000). *Renewable Resources and the Gains From Trade*. *Canadian Journal of Economics/Revue Canadienne d'économique*, 33(1), 122-132.
- Hansen, L.G., Jensen, F., Brandt, U.S., ve Vestergaard, N. (2006). *Illegal Landings: An Aggregate Catch Self-Reporting Mechanism*. *American Journal of Agricultural Economics*, 88(4), 974-985.
- Hardin, G. (1968). *The Tragedy of the Commons*. *Science*, 162, 16-30.
- Hazari, B.R., ve Kumar, A. (2003). *Basic needs, property rights and degradation of commons*. *Pacific Economic Review*, 8(1), 47-56.
- Herberg, H., ve Kemp, M.C. (1982). *Some Implications of Variable Returns to Scale*. *Canadian Journal of Economics*, 2 (1969), 403-415.
- Hicks, J.R. (1948). *Value and Capital*. Second edition. Oxford University Press, New York, New York, USA.
- Holling, C. S. (1973). *Resilience and Stability of Ecological Systems*. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 1-23.
- Holtermann, S.E. (1972). *Externalities and Public Goods*. *Economica*, 39(153), 78-87.
- Jayadevappa, R., ve Chhatre, S. (2000). *International Trade and Environmental Quality: A Survey*. *Ecological Economics*, 32(2), 175-194.
- Jenkins, R.O. (2003). *Has trade liberalization created pollution havens in Latin America?*. *Cepal Review*.
- Jinji, N. (2006). *International Trade and Terrestrial Open-Access Renewable Resources in a Small Open Economy*. *Canadian Journal of Economics/Revue Canadienne d'économique*, 39(3), 790-808.
- Jinji, N. (2007). *International Trade and Renewable Resources Under Asymmetries of Resource Abundance and Resource Management*. *Environmental and Resource Economics*, 37(4), 621-642.

- Kahn, M.E., ve Yoshino, Y. (2004). *Testing For Pollution Havens Inside and Outside of Regional Trading Blocs*. *Advances in Economic Analysis & Policy*, 4(2).
- Kar, S., ve Majumdar, D. (2021). *Transboundary Pollution, Land Use and Abatement Policy*. *Economic Analysis and Policy*, 72, 169-175.
- Karp, L., Sacheti, S., ve Zhao, J. (2001). *Common Ground Between Free-Traders and Environmentalists*. *International Economic Review*, 42(3), 617-648.
- Kerschner, C. (2010). *Economic De-growth vs. Steady-State Economy*. *Journal of Cleaner Production*, 18(6), 544-551.
- Khotamov, N. (2022). *Privatization and Trade Policy in a Renewable Resource Sector*. *The International Economy*, ie2022-25.
- Knivila, M. (2007). *Industrial Development and Economic Growth: Implications for Poverty Reduction and income Inequality*. *Industrial Development for the 21st Century: Sustainable Development Perspectives*, 1(3), 295-333.
- Knowler, D., Barbier, E.B., ve Strand, I. (1997). *The effects of pollution on open access fisheries: A case study of the Black Sea* (No. 89.1997). *Nota di Lavoro*.
- Knowler, D., Barbier, E.B., ve Strand, I. (2001). *An Open-Access Model of Fisheries and Nutrient Enrichment in the Black Sea*. *Marine Resource Economics*, 16(3), 195-217.
- Krutilla, J.V. (1967), *Conservation Reconsidered*. *American Economic Review*, 57(4), 777-786
- Krutilla, K., 1991. *Environmental Regulations in an Open Economy*. *Journal of Environmental Economics and Management*. 20, 127 – 142.
- Lampert, A. (2019). *Over-exploitation of Natural Resources is Followed by Inevitable Declines in Economic Growth and Discount Rate*. *Nature Communications*, 10(1), 1-10.
- Latina, J., Piermartini, R., ve Ruta, M. (2011). *Natural Resources and Non-cooperative Trade Policy*. *International Economics and Economic Policy*, 8(2), 177-196.
- Leger, L.A. (1995). *Environmental Degradation as an Incentive for Trade*. *Review of International Economics*, 3(3), 307-318.
- Levinson, A. (2009). *Technology, International Trade, and Pollution From US Manufacturing*. *American Economic Review*, 99(5), 2177-2192.
- Li, G., ve Yanase, A. (2022). *Trade, Resource Use and Pollution: A Synthesis*. *Environmental and Resource Economics*, 1-41.



- Libecap, G. D. (1989). *Distributional Issues in Contracting for Property Rights*. Journal of Institutional and Theoretical Economics (JITE)/Zeitschrift für die gesamte Staatswissenschaft, 6-24.
- Liu, O.R., and Molina, R. (2021). *The persistent transboundary problem in marine natural resource management*. Frontiers in Marine Science, 8.
- Lu, Y., Yuan, J., Lu, X., Su, C., Zhang, Y., Wang, C., Cao, X., Li, Q., Su, J., Itekkott, V., Garbutt, R.A., Bush, S., Fletcher, S., Wagey, T., Kachur, A., ve Sweijd, N. (2018). *Major threats of pollution and climate change to globalcoastal ecosystems and enhanced management for sustainability*. Environmental Pollution, 239, 670–680.
- Ludema, R.D., Wooton, I., (1994). *Cross-Border Externalities and Trade Liberalization: the Strategic Control of Pollution*. The Canadian Journal of Economics / Revue canadienne d'Economie. XXVII (4), 950–966.
- MaiangwaA, M.G. (2009). *Open-Access Property Regimes in Natural Resources and How They Engender Resource Depletion: A Review*. The Nigerian Journal of Research and Production, 15(2).
- Managi, S., Hibiki, A., ve Tsurumi, T. (2009). *Does Trade Openness Improve Environmental Quality?*. Journal of Environmental Economics and Management, 58(3), 346-363.
- Markusen, J. R. (1975a). *Cooperative Control of International Pollution and Common Property Resources*. The Quarterly Journal of Economics, 618-632.
- Markusen, J. R. (1975b). *International Externalities and Optimal Tax Structures*. Journal of International Economics, 5(1), 15-29.
- Marshall, J.D. (2007). *Urban Land Area and Population Growth: A New Scaling Relationship for Metropolitan Expansion*. Urban studies, 44(10), 1889-1904.
- Mason, C.F., Umanskaya, V.I., ve Barbier, E.B. (2018). *Trade, Transboundary Pollution, and Foreign Lobbying*. Environmental and Resource Economics, 70(1), 223-248.
- Mason, C.F. (2021). *Transboundary Externalities and Reciprocal Taxes: A Differential Game Approach*. Strategic Behavior and the Environment, 9(1-2), 27-67.
- Mcconnell, K.E., ve Strand, I.E. (1989). *Benefits From Commercial Fisheries When Demand and Supply Depend on Water Quality*. Journal of Environmental Economics and Management, 17(3), 284-292.
- Mcguire, M.C. (1982). *Regulation, Factor Rewards, and International Trade*. Journal of Public Economics, 17(3), 335-354.
- Mcinerney, J. (2019). *Natural Resource Economics: The Basic Analytical Principles*. In Economics of Environmental and Natural Resources Policy. Routledge.

- McMurtry, J. (2012). *Economic globalization and ethico-political rights*. Encyclopedia of applied ethics. Maryland Heights: Elsevier.
- McWhinnie, S.F. (2009). *The tragedy of the commons in international fisheries: An empirical examination*. Journal of Environmental Economics and Management, 57(3), 321-333.
- Millennium Ecosystem Assessment, M.E.A. (2005). *Ecosystems and human well-being (Vol. 5, p. 563)*. Washington, DC: Island press.
- Milner-Gulland, E.J., ve Leader-Williams, N. (1992). *A Model of Incentives for the Illegal Exploitation of Black Rhinos and Elephants: Poaching Pays in Luangwa Valley, Zambia*. Journal of Applied Ecology, 388-401.
- Muneepeerakul, R., ve Qubbaj, M.R. (2012). *The Effect of Scaling and Connection on the Sustainability of a Socio-economic Resource System*. Ecological Economics, 77, 123-128.
- Murase, Y., ve Baek, S.K. (2018). *Seven rules to avoid the tragedy of the commons*. Journal of Theoretical Biology, 449, 94-102.
- Nicolaisen, J., Dean, A., ve Hoeller, P. (1991). *Economics and the environment: a survey of issues and policy options*. OECD Economic Studies 16, 7-43.
- Ojanen, M., Zhou, W., Miller, D.C., Nieto, S.H., Mshale, B., Petrokofsky, G. (2017). *What are the environmental impacts of property rights regimes in forests, fisheries and rangelands?*. Environmental Evidence, 6(1), 1-23.
- Okonkwo, T. (2017). *Management of transboundary natural resources*. Journal of Law and Conflict Resolution, 9(4), 42-52.
- O'Neill, D.W. (2015). *The Proximity of Nations to a Socially Sustainable Steady-state Economy*. Journal of Cleaner Production, 108, 1213-1231.
- Ostrom, E. (2008). *The Challenge of Common-Pool Resources*. Environment, 50(4), 9-20.
- Ostrom, E., Chang, C., Pennington, M., ve Tarko, V. (2012). *The future of the commons-beyond market failure and government regulation*. Institute of Economic Affairs Monographs.
- Panagariya, A. (1981). *Variable Returns to Scale in Production and Patterns of Specialization*. The American Economic Review, 71(1), 221-230.
- Parson, P.R. (2022). *Information requirements In natural resources law: Geothermal, fisheries and petroleum compared* (Doctoral dissertation, The University of Waikato).

- Pethig, R. (1976). *Pollution, Welfare, and Environmental Policy in the Theory of Comparative Advantage*. *Journal of Environmental Economics and Management*, 2(3), 160-169.
- Pimm, S.L. (1991). *The Balance of Nature?: Ecological Issues in the Conservation of Species and Communities*. University of Chicago Press.
- Pirgmaier, E. (2017). *The Neoclassical Trojan Horse of Steady-state Economics*. *Ecological Economics*, 133, 52-61.
- Pomeroy, R., Nguyen, K.A.T., ve Thong, H.X. (2009). *Small-scale Marine Fisheries Policy in Vietnam*. *Marine Policy*, 33(2), 419-428.
- Porter, M. E. (1991). *America's Green Strategy*. *Scientific American*, April 1991, p. 168.
- Raakjaer, J., Son, D.M., Staehr, K.J., Hovgard, H., Thuy, N.T.D., Ellegaard, K., Riget, F., Thi, D.V., ve Hai, P.G. (2007). *Adaptive Fisheries Management in Vietnam: The use of Indicators and the Introduction of a Multi-disciplinary Marine Fisheries Specialist Team to Support Implementation*. *Marine Policy*, 31(2), 143-152.
- Rao, C., Xiao, X., Goh, M., Zheng, J., ve Wen, J. (2017). *Compound Mechanism Design of Supplier Selection Based On Multi-attribute Auction and Risk Management of Supply Chain*. *Computers & Industrial Engineering*, 105, 63-75.
- Ruitenbeek, H.J. (1992). *Economic Analysis of Tropical Forest Conservation Initiatives: Examples From West Africa*. *Conservation de la Forêt Dense en Afrique Centrale Et de L'Ouest*, 1, 241.
- Rus, H.A. (2012). *Transboundary Marine Resources and Trading Neighbours*. *Environmental and Resource Economics*, 53(2), 159-184.
- Rus, H.A. (2016). *Renewable Resources, Pollution and Trade*, *Review of International Economics*, 24(2), 364-391.
- Ruta, M., ve Venables, A.J. (2012). *International Trade in Natural Resources: Practice and Policy*. *Annual Review of Resource Economics*, 4(1), 331-352.
- Sachs, J.D. ve Warner, A.M. (2001). *The Curse of National Resources*. *European Economic Review*, 45: 827-38.
- Sanchez, J.C., ve Roberts, J. (Eds.). (2014). *Transboundary water governance: Adaptation to climate change*. Gland: IUCN.
- Schaefer, M. B. (1957). *Some considerations of Population Dynamics and Economics in Relation to the Management of the Commercial Marine Fisheries*. *Journal of the Fisheries Board of Canada*, 14(5), 669-681.
- Schulz, C.E. (1996). *Trade Policy and Ecology*. *Environmental and Resource Economics*, 8(1), 15-38.

- Shahbaz, M., Nasreen, S., Ahmed, K. ve Hammoudeh, S., (2017). *Trade Openness–Carbon Emissions Nexus: The Importance of Turning Points of Trade Openness For Country Panels*. *Energy Economics*, 61, 221-232.
- Shen, J., Wei, Y.D., ve Yang, Z. (2017). *The Impact of Environmental Regulations on the Location of Pollution-intensive Industries in China*. *Journal of Cleaner Production*, 148, 785-794.
- Shukla, J.B., Sharma, S., Dubey, B., ve Sihna, P. (2009). *Modeling the Survival of a Resource Dependent Population: Effects of Toxicants (Pollutants) Emitted from External Sources as well as Formed by Its Precursors*. *Nonlinear Analysis: Real World Applications*, 10, 54–70.
- Siebert, H. (1977). *Environmental Quality and the Gains From Trade*. *Kyklos*, 30(4), 657-673.
- Sinha, A., Gupta, M., Shahbaz, M., ve Sengupta, T. (2019). *Impact of Corruption in Public Sector on Environmental Quality: Implications for Sustainability in BRICS and Next 11 Countries*. *Journal of Cleaner Production*, 232, 1379-1393.
- Skonhofs, A. (1999). *On the Optimal Exploitation of Terrestrial Animal Species*. *Environmental and Resource Economics*, 13(1), 45-57.
- Soukar, L. (2019). *Natural Resources Endowment and WTO*. *Journal of Economic Integration*, 34(3), 546-589.
- Southgate, D.D. (1988). *The Economics of Land Conservation in the Third World*. Environment Department Working Paper No. 2, The World Bank, Washington, D.C.
- Spatafora, N. ve Tytell, I. (2010). *Commodity Terms of Trade: New Data on The History of Booms and Busts*. VoxEU.org, 24 March.
- Sun, X., Loh, L., Chen, Z., ve Zhou, X. (2020). *Factor Price Distortion and Ecological Efficiency: The role of Institutional Quality*. *Environmental Science and Pollution Research*, 27(5), 5293-5304.
- Sun, Y., Li, Y., Yu, T., Zhang, X., Liu, L., ve Zhang, P. (2021). *Resource Extraction, Environmental Pollution and Economic Development: Evidence from Prefecture-level Cities in China*. *Resources Policy*, 74, 102330.
- Suri, V., ve Chapman, D. (1998). *Economic Growth, Trade and Energy: Implications for the Environmental Kuznets Curve*. *Ecological economics*, 25(2), 195-208.
- Stern, D.I. (2017). *The Environmental Kuznets Curve After 25 Years*. *Journal of Bioeconomics*, 19, 7-28.
- Tajibeava, L.S. (2012). *Property Rights, Renewable Resources and Economic Development*. *Environmental and Resource Economics*, 51(1), 23-41.

- Takarada, Y. (2005). *Transboundary Pollution and the Welfare Effects of Technology Transfer*. *Journal of Economics*, 85(3), 251-275.
- Takarada, Y. (2009). *Transboundary Renewable Resource and International Trade (Vol. 41)*. RIETI Discussion Paper Series 09-E.
- Takarada, Y., Dong, W., ve Ogawa, T. (2013). *Shared Renewable Resources: Gains from Trade and Trade Policy*. *Review of International Economics*, 21(5), 1032-1047.
- Tawada, M. (1984). *International Trade with a Replenishable Resource: The Steady State Analysis*. *The Economic Studies Quarterly (Tokyo. 1950)*, 35(1), 39-45.
- Tietenberg, T., ve Lewis, L. (2009). *Environmental and Natural Resource Economics*. 8th edition, Pearson International Edition, Addison Wesley, Boston.
- Thomas, J.W. (1996). *Stability and Predictability in Federal Forest Management: Some Thoughts From the Chief*. *Public Land & Resources Law Review*, 17, 9.
- Tisdell, C.A. (2005). *Open-access, common-property and natural resource management*. In *Economics of Environmental Conservation, Second Edition*. Edward Elgar Publishing.
- Tisdell, C.A. (2006). *Poverty, political failure and the use of open access resources in Developing Countries*. Working Papers On Economics, Ecology and the Environment (No. 1741-2016-140507).
- Trauger, D.L. (2003). *The Relationship of Economic Growth to Wildlife Conservation Wildlife Society Technical Review 03-1*. The Wildlife Society, Bethesda, Maryland, USA
- Tsurumi, T., ve Managi, S. (2014). *The Effect of Trade Openness on Deforestation: Empirical Analysis for 142 countries*. *Environmental Economics and Policy Studies*, 16(4), 305-324.
- Unteroberdoerster, O. (2001). *Trade and Transboundary Pollution: Spatial Separation Reconsidered*. *Journal of Environmental Economics and Management*, 41(3), 269-285.
- Wallis, P., ve Flaaten, O. (2000). *Fisheries Management Costs: Concepts and Studies*. Proceedings of the 10th Conference of the International Institute of Fisheries Economics and Trade, Corvallis, Oregon.
- Van Putten, I., Boschetti, F., Fulton, E.A., Smith, A.D., ve Thebaud, O. (2014). *Individual transferable quota contribution to environmental stewardship: a theory in need of validation*. *Ecology and Society*, 19(2).
- Van Soest, D.P. (2013). *Experiments on common property management*. *Encyclopedia of Energy, Natural Resource and Environmental Economics*, 293-298.

- Varis, O., Tortajada, C., ve Biswas, A.K. (2008). *Management of transboundary rivers and lakes* (p. 271). Berlin: Springer.
- Vatn, A., ve Bromley, D.W. (1997). *Externalities - A Market Model Failure*. *Environmental and Resource Economics*, 9(2), 135-151.
- Vutha, H., ve Jalilian, H. (2008). *Environmental impacts of the ASEAN-China free Trade Agreement on the Greater Mekong Sub-Region*. International Institute for Sustainable Development, 2008.
- Ward, F.A. (2006). *Environmental and Natural Resource Economics*. Prentice Hall.
- Wilén, J.E. (2000). *Renewable Resource Economists and Policy: What Differences Have We Made?* *Journal of Environmental Economics and Management*, 39(3), 306-327.
- World Trade Organization (WTO). (2010). *Trade Policy and Natural Resources*. World Trade Report, June 2010, 112-159.
- World Trade Organization (WTO). (2019). *Overview of Developments in the International Trading Environment: Annual Report by the Director-General (Mid-October 2018 to Mid-October 2019)*. WTO Official Document Number WT/TPR/OV/22, Geneva: WTO.
- Yanase, A., ve Dong, W. (2011). *Open-Access Renewable Resources as Inputs and International Trade: A Small Open Economy*. *Asia-Pacific Journal of Accounting & Economics*, 18(3), 263-285.
- Wu, H. (2022). *Trade Openness, Green Finance and Natural Resources: A Literature Review*. *Resources Policy*, 78, 102801.
- Zhang, G., Jia, Y., Su, B., ve Xiu, J. (2021). *Environmental Regulation, Economic Development and Air Pollution in the Cities of China: Spatial Econometric Analysis based on Policy Scoring and Satellite Data*. *Journal of Cleaner Production*, 328, 129496.
- Zhou, T. (2013). *Global Stability*. *Encyclopedia of Systems Biology*, 842.

## EK

### Ek 1: Diferansiyel Formlar Üzerine Genel Bir Özet

$$\frac{dy}{dt} + u[y(t)] = w(t) \text{ ve } w(t) \neq 0 \quad (337)$$

ifadesini şu şekilde düzenlenebilir;

$$dy + [u(y(t)) - w(t)]dt = 0, \quad (338)$$

İntegral faktörü kullanarak bu ifadenin tam türevsel denklem hali bulunabilir. İntegral faktörünü “I” olarak kabul edersek;

$$\underbrace{[I]dy}_M + \underbrace{I[u(y(t)) - w(t)]dt}_N = 0 \quad (339)$$

ifadesini elde ederiz.  $M$  ve  $N$  İle gösterilen parantez içi değerleri, Young teoremi kullanılarak şu şekle bürünmektedir;

$$M = \frac{\partial F(y,t)}{\partial y} \text{ Ve } N = \frac{\partial F(y,t)}{\partial t} \quad (340)$$

Young teoremine bağlı olarak tanımladığımız  $M$  ve  $N$  kapalı form ifadeleri aşağıdaki tam türevsellik koşulunu sağlamak zorundadır;

$$\frac{\partial M}{\partial t} = \frac{\partial^2 F(y,t)}{\partial t} = \frac{\partial N}{\partial t} = \frac{\partial^2 F(y,t)}{\partial y} \quad (341)$$

$u$  ve  $w$  terimlerinin  $t$ 'ye bağlı olduğunu bilmekteyiz. Eğer integral faktörü olarak tanımladığımız  $I$ 'da yalnızca  $t$ 'ye bağlı olduğu kabul edilirse;

$$\frac{\partial M}{\partial t} = \frac{\partial I}{\partial t} = \frac{\partial N}{\partial y} = \frac{\partial [I(u(y(t)) - w(t))]}{\partial y} = Iu \quad (342)$$

ifadesini ulaşıyoruz. Bu ifadeyi bir kez daha düzenlediğimiz zaman;

$$\frac{\partial I}{\partial t} = Iu \longrightarrow \frac{\frac{\partial I}{\partial t}}{I} = u \quad (343)$$

eşitliğini elde ederiz. Bu eşitliğe göre integral faktörü  $I$  teriminin zaman içerisindeki büyüme hızı sabittir. İntegral faktörünü  $I = I(t)$  kapalı formunda tekrar yazdığımız zaman, büyüme hızının sabit olduğu özel bir fonksiyonel form olan;

$$I(t) = Ae^{\int u dt} \quad (344)$$

eşitliğine dönüşmektedir. Yukarıdaki formda yazdığımız  $I(t)$  teriminin sabit bir büyüme hızına sabit olduğunu şu şekilde gösterebiliriz;

$$\frac{\partial I(t)}{\partial t} = A \left[ \frac{\partial (I e^{f u dt})}{\partial t} \right] e^{-f u dt} = A u e^{f u dt} \longrightarrow \frac{\frac{\partial I(t)}{\partial t}}{I(t)} = \frac{A u e^{f u dt}}{A e^{f u dt}} = u \quad (345)$$

olmaktadır.

$A$  terimi  $I$  integral faktörünün tam türevsel olmasını etkilememektedir. Basitleştirmek adına,  $A = 1$  dersek, integral faktörü;

$$I(t) = A e^{f u dt} = e^{f u dt} \quad (346)$$

Daha basit bir fonksiyonel forma dönüşmektedir. (346)'da tanımladığımız integral faktörünü, (338) genel diferansiyel formuna koyarsak;

$$I(t) dy + I[u(y(t)) - w(t)] dt = e^{f u dt} dy + e^{f u dt} [u y - w] dt = 0 \quad (347)$$

Tam türevsel denklemini elde ederiz.  $\frac{\partial F(y,t)}{\partial y} = M$  eşitliğini yukarıda tanımlamıştık.

$F(y, t)$  ifadesinin açık formuna ulaşabilmek adına, eşitliğin her iki tarafında integralini almalıyız;

$$\int \frac{\partial F(y,t)}{\partial y} dy = \int M dy + \Psi(t) \longrightarrow F(y, t) = \int M dy + \Psi(t) \quad (348)$$

$\Psi(t)$  terimi, integral ifadesi sonucu oluşan ve  $y$ 'ye bağlı olmayan bütün terimleri içermektedir. Yukarıda belirttiğimiz üzere  $M = I$  olduğuna göre;

$$F(y, t) = \int e^{f u dt} dy + \Psi(t) = y e^{f u dt} + \Psi(t) \quad (349)$$

Yukarıda tanımladığımız Young teoremi koşullarından şunu da biliyoruz ki  $\frac{\partial F(y,t)}{\partial t} = N =$

$I[u(y(t)) - w(t)]$  eşitliği geçerlidir. (349) eşitliğinin  $t$ 'ye göre türevini alıp  $N$  terimine eşitlersek;

$$\frac{\partial F(y,t)}{\partial t} = \frac{\partial [y e^{f u dt} + \Psi(t)]}{\partial t} = y u e^{f u dt} + \frac{\partial \Psi(t)}{\partial t} = N = e^{f u dt} [u y - w] \quad (350)$$

Bu ifadeyi basitleştirdiğimiz zaman  $\Psi(t)$  ifadesini aşağıdaki gibi buluruz;

$$\frac{\partial \Psi(t)}{\partial t} = -w e^{f u dt} \longrightarrow \Psi(t) = - \int w e^{f u dt} dt \quad (351)$$



(351)'de belirttiğimiz  $\Psi(t)$  ifadesinin açık formunu, (349)'de yer alan  $F(y, t)$  ifadesine koyarsak;

$$F(y, t) = ye^{\int u dt} + \Psi(t) = ye^{\int u dt} - \int we^{\int u dt} dt \quad (352)$$

sonucuna ulaşırız. Tam türevsel koşulunda  $\partial F(y, t) = 0$  olduğu için  $F(y, t) = c$  gibi bir sabit kabul edebiliriz. Bu durumda  $F(y, t)$  aşağıdaki eşitliğe dönüşmektedir;

$$F(y, t) = c = ye^{\int u dt} - \int we^{\int u dt} dt \quad (353)$$

Amacımız,  $y(t)$  ifadesinin açık formunu bulmak olduğu için, (353) numaralı eşitlikten  $y(t)$  ifadesini çözersek;

$$y(t) = [c + \int we^{\int u dt} dt]e^{-\int u dt} \quad (354)$$

ifadesine ulaşırız. Daha genel formda  $y(t)$  ifadesini tekrar yazmak için  $c = B$  gibi bir genel sabit kabul ederek yukarıdaki ifadeyi tekrar yazabiliriz;

$$y(t) = [B + \int we^{\int u dt} dt]e^{-\int u dt} \quad (355)$$

## Ek 2: Doğrusal Olmayan Diferansiyel Denklemlerin Doğrusal Forma Dönüştürülmesi

Yukarıda, doğrusal bir diferansiyel denklemin, tam türevsel koşulunu sağlayacak şekilde nasıl dönüştürüleceği ve buna bağlı olarak genel çözüm formu tanımlanmıştır. Fakat ilgili modelde incelediğimiz diferansiyel denklem formları doğrusal yapıda olmadığı için, ilk olarak bu denklem formlarını nasıl doğrusal forma dönüştüreceğimizi inceleyelim.

**Tanım:** Eğer  $\frac{dy}{dt} = h(y, t)$  türevsel denklemi,  $T$  ve  $R$ 'nin  $t$ 'nin fonksiyonu olarak yer aldıkları (yani,  $T = T(t)$  ve  $R = R(t)$ ) ve  $m$  değerinin de her zaman  $0$  ve  $1$ 'den farklı değerler aldığı, kapalı formda bir eşitlik olarak yazılabilirse;

$$\frac{dy}{dt} = R(t)y = Ty^m \text{ [Bernoulli Denklemi]} \quad (356)$$

Bu eşitlik, her zaman doğrusal bir denkleme indirgenebilir ve doğrusal bir denklemin çözüldüğü şekilde çözülebilir. Yukarıdaki formda bir doğrusal olmayan denklemin doğrusal hale getirilmesi için aşağıdaki cebirsel adımları izlemek gerekmektedir;

i)  $\frac{dy}{dt} = R(t)y = Ty^m$  Eşitliğinin her iki yanını da  $y^m$  ile bölmelidir. Böylece;

$$y^{-m} \frac{dy}{dt} + Ry^{-m} = T \quad (357)$$

ii) (357) numaralı ifade, değişken değiştirme metodunu kullanarak aşağıdaki şekilde düzenlenmelidir;

$$z = y^{1-m} \quad \longrightarrow \quad \frac{dz}{dt} = \frac{dz}{dy} \frac{dy}{dt} = (1-m)y^{-m} \frac{dy}{dt}$$

$$y^{-m} \frac{dy}{dt} = \frac{1}{1-m} \frac{dz}{dt} \quad (358)$$

Bulduğumuz bu ifadeleri (357) numaralı eşitliğin içine koyarsak;

$$\frac{1}{1-m} \frac{dz}{dt} + Rz = T \quad (359)$$

ifadesini elde ederiz.

iii) (359) numaralı ifadenin her iki tarafını da  $(1-m)dt$  ile çarpmalıyız;

$$dz + [(1-m)Rz - (1-m)T]dt = 0 \quad (360)$$

(360) numaralı ifade,  $y$  yerine  $z$  değişkeninin kullanıldığı, birinci sıra doğrusal türevsel denklemdir. Ek 1. Kısımda yaptığımız üzere, bu ifadeyi tam türevsel diferansiyel denklem formuna çevirip  $z$  ifadesini çözdükten sonra,  $z = y^{1-m}$  eşitliğini kullanarak,  $y(t)$  ifadesini de bulabiliriz.

### Ek 2.1: Doğrusal Olmayan Diferansiyel Denklemlerin Doğrusal Formda Çözülmesine Yönelik Sayısal Bir Örnek

$\frac{dy}{dt} + ty = 3ty^2$  doğrusal olmayan eşitliği kullanarak ve yukarıda tanımladığımız adımları takip ederek  $y(t)$  ifadesini bulabiliriz. İlk olarak ifadeyi doğrusal forma çevirerek, daha sonra ise 1.kısımda incelenen tam türevsel koşul kullanılacaktır.

$y^m = y^2$  olduğuna göre ilgili eşitliğin her iki tarafını da  $y^2$  ile bölerek doğrusallaştırma adımlarına başlayabiliriz. Bu durumda;

$$y^{-2} \frac{dy}{dt} + ty^{-1} = 3t \quad (361)$$

ifadesine ulaşırız. Genel form ile benzerlik kurmak istediğimizde, (361) ifadesinde yer alan  $t$  ifadesi  $R(t)$  ile özdeşleşirken, eşitliğin sağında yer alan  $3t$  ifadesi ise  $T(t)$  ile özdeşleşmektedir. Eğer  $z = y^{-1}$  kabul edersek [doğal olarak  $tz = ty^{-1}$  olur.];

$$\frac{dz}{dt} = -y^{-2} \frac{dy}{dt} \longrightarrow \frac{dy}{dt} = \frac{dz}{dt} (-y^2) \quad (362)$$

Eşitliğini elde ederiz. (362)' de bulduğumuz ifadeyi (361) ifadesinin ilk kısmına açık formda koyarsak;

$$\begin{aligned} -\frac{dz}{dt} + tz = 3t &\longrightarrow -dz - tzdt = -3tdt \longrightarrow -dz - dt[tz + 3t] = 0 \\ dz + [-tz + 3t]dt &= 0 \end{aligned} \quad (363)$$

Bu ifade, doğrusal bir ifadedir. Bu adımdan sonra, (363)'de bulunan doğrusal ifadeyi tam türevsel koşulunu sağlayacak şekilde dönüştürülecektir. Eğer  $I$  integral faktörü olarak kabul edilirse;

$$\underbrace{[I]dz}_M + \underbrace{I[-tz + 3t]dt}_N = 0 \quad (364)$$

ifadesini elde ederiz. Young teoremine göre;  $\frac{\partial M}{\partial t} = \frac{\partial I}{\partial t} = \frac{\partial N}{\partial t} = -tI$  koşulu geçerlidir. Bu koşul düzenlendiğinde;

$$\frac{\partial I}{\partial t} = -tI \quad \longrightarrow \quad \frac{dI}{I} = -t \text{ [sabit büyüme]} \quad (365)$$

ifadesine ulaşırız. (344) numaralı eşitlikten bildiğimiz üzere sabit büyüme durumunda, integral faktörü aşağıdaki şekilde açık formda yazılabilir;

$$I(t) = A \cdot e^{-\int t dt},$$

A=1 varsayımı tam türevsel koşulunu bozmadığı için,

$$I(t) = e^{-\int t dt} \quad (366)$$

ifadesine ulaşırız. (366) numaralı açık formda yazılan integral faktörünü (364) numaralı eşitliğe koyarsak;

$$e^{-\int t dt} dz + e^{-\int t dt} (-tz + 3t) dt = 0 \quad (367)$$

eşitliğini elde ederiz. Tam türevsel koşulundan  $\frac{\partial F(z,t)}{\partial z} = M$  ve her iki tarafın integralini alıp  $F(z, t)$  terimini yalnız bırakırsak  $F(z, t) = \int M dz + \Psi(t)$  genel formunu elde ederiz. Örneğimizde  $F(z, t)$  aşağıdaki şekilde oluşur;

$$F(z, t) = \int e^{-\int t dt} dz + \Psi(t) = ze^{-\int t dt} + \Psi(t) \quad (368)$$

Bu ifadenin  $t$ 'ye göre türevini alıp  $\frac{\partial F(z,t)}{\partial t} = N$  eşitliğini kullanırsak;

$$\frac{\partial F(z,t)}{\partial t} = N = -zte^{-\int t dt} + \frac{\partial \Psi(t)}{\partial t} \quad \longrightarrow \quad -zte^{-\int t dt} + \frac{\partial \Psi(t)}{\partial t} = e^{-\int t dt} (-tz + 3t)$$

$$\frac{\partial \Psi(t)}{\partial t} = e^{-\int t dt} 3t \quad (369)$$

Her iki tarafın da integralini alarak,  $\Psi(t)$  ifadesi aşağıdaki formda bulunur;

$$\int \frac{\partial \Psi(t)}{\partial t} dt = \int 3t e^{-\int t dt} dt \quad \longrightarrow \quad \Psi(t) = \int 3t e^{-\int t dt} dt \quad (370)$$

(370) eşitliğini kullanarak  $F(z, t)$  ifadesini yeniden yazarsak;

$$F(z, t) = ze^{-\int t dt} + \int 3te^{-\int t dt} = c \quad (371)$$

$dF(y, z) = 0$  eşitliği, ifadenin tam türevsel olması için zorunlu olarak sağlanmalıdır. Bu yüzden de  $F(y, z) = c$  gibi bir sabite eşit olduğunu varsayabiliriz. Daha genel anlamda bir çözüm ifadesine ulaşmak için  $c$  yerine  $A$  parametresini koyarsak;

$$z(t) = e^{\int t dt} [A - \int 3t e^{-\int t dt} dt] \quad (372)$$

eşitliğini elde ederiz. İfadenin ilk kısmı,  $e^{\int t dt} = e^{\frac{t^2}{2}}$  değerine eşit iken, ifadenin ikinci kısmı  $[A - \int 3t e^{-\int t dt} dt] = [A + 3e^{\frac{-t^2}{2}}]$  ifadesine eşit olmaktadır. Buna bağlı olarak (372) numaralı  $z(t)$  ifadesini tekrar yazarsak;

$$z(t) = e^{\frac{t^2}{2}} [A + 3e^{\frac{-t^2}{2}}] \longrightarrow z(t) = e^{\frac{t^2}{2}} A + 3 \quad (373)$$

sonucuna ulaşırız. En başta yaptığımız değişken değiştirmeden  $z(t) = y^{-1}$  olduğuna göre;

$$y(t) = \frac{1}{\frac{t^2}{A(\exp^{\frac{t^2}{2}})+3}} \quad (374)$$

### Ek 3: Birinci Sıra Doğrusal Diferansiyel Denklem Çözümü

Birinci sıra bir türevsel denklem en genel haliyle;

$$K(t) \frac{dy}{dt} + L(t)y = M(t) \quad (375)$$

şeklinde tanımlanmaktadır.  $K, L$  ve  $M, t'$  ya bağlı fonksiyonlar olarak tanımlanmaktadır.

Eşitliğin her iki tarafını da  $K(t)$  ile bölüp  $\frac{dy}{dt}$  terimi yalnız bırakılabilir;

$$\frac{dy}{dt} + \frac{L(t)}{K(t)}y = \frac{M(t)}{K(t)} \longrightarrow u(t) = \frac{L(t)}{K(t)}, w(t) = \frac{M(t)}{K(t)} \longrightarrow \frac{dy}{dt} + u(t)y = w(t) \quad (376)$$

eşitliğine ulaşırız. Bu tür denklemlerin, genel çözümünü ele almadan önce daha basit bir durumu ele alalım.

#### Ek 3.1: Homojen Durum

Bu durum, (3.2) numaralı denklemde  $w(t) = 0$  olduğunda gözlemlenir;

$$\frac{dy}{dt} + u(t)y = 0 \quad (377)$$

Bu ifade tekrar düzenlendiğinde;

$$\frac{1}{y} \frac{dy}{dt} = -u(t) \text{ veya } \frac{1}{y} dy = -u(t) dt \quad (378)$$

şekline dönüşmektedir. Ayrılabilir değişkenler yöntemiyle;

$$\int \frac{1}{y} dy = \int -u(t) dt \longrightarrow \ln y + c = \int -u(t) dt \longrightarrow y = e^{-c - \int u(t) dt} \quad (379)$$

Bu ifade için,  $A = e^{-c}$  kabul edilirse;

$$y(t) = Ae^{-\int u(t) dt} \text{ [genel çözüm]} \quad (380)$$

formuna ulaşılmaktadır. Belirli bir çözüm ifadesini bulmak için,  $y(0)$  değerinin kullanılması gerekmektedir.

#### Ek 3.2: Homojen Olmayan Durum

Bu durum,  $u(t) = a$  ve  $w(t) = b$  olması halinde geçerli olmaktadır.  $a$  Ve  $b$  değerleri birer sabittir. Homojen olmayan  $\frac{dy}{dt} + ay = b$  ifadesinin çözümü, iki farklı terimin toplamını içerir.

Terimlerden ilki, tamamlayıcı fonksiyon  $[y_c]$  olarak tanımlanır. Diğer terim ise, özel integral  $[y_p]$  olarak tanımlanmaktadır. Genel çözüm ifadesi,

$$y(t) = y_c + y_p \quad (381)$$

İki terimin toplamından oluşmaktadır.

$\frac{dy}{dt} + ay = b$  eşitliğinin homojen hale indirgenmiş hali  $\frac{dy}{dt} + ay = 0$  olduğuna göre, tamamlayıcı fonksiyon  $[y_c]$ , bu indirgenmiş denklemin çözümüdür.  $\frac{dy}{dt} + ay = b$  eşitliğini toplam denklemi olarak adlandırırsak, özel integral  $[y_p]$ , bu toplam denklemin herhangi bir özel çözümüdür. Homojen denklemin genel çözümü, (380) numaralı ifadeden  $y = Ae^{-at}$  olarak bulunabilir. Öyleyse,

$$y_c = Ae^{-at} \quad (382)$$

tamamlayıcı fonksiyonuna ulaşırız.

Özel integral  $[y_p]$ , toplam denklemin herhangi bir çözümü olduğundan, öncelikle en basit olası çözümü ele alabiliriz.  $y = k$  [ $k$  bir sabit] gibi bir değer olarak tanımlarsak,  $y$  bir sabit olduğundan  $\frac{dy}{dt} = 0$  olmaktadır. Bu durumda, toplam denklem  $\frac{dy}{dt} + ay = b$  ifadesi,  $0 + ak = b$  ifadesine dönüşür.  $a \neq 0$  İken bu ifadenin çözümü,  $k = \frac{b}{a}$  olmaktadır. Özel integral;

$$y_p = \frac{b}{a} \quad (383)$$

olmaktadır. Tamamlayıcı fonksiyon ile özel integral çözümlerini birleştirdiğimiz zaman, homojen olmayan birinci sıra doğrusal diferansiyel denklem çözümü;

$$y(t) = y_c + y_p = Ae^{-at} + \frac{b}{a} \quad (384)$$

şeklinde oluşur. Bu çözüm, rastgele bir sabit olan  $A$  teriminin varlığı nedeniyle genel çözümdür. Bu sabiti bir başlangıç koşulu kullanarak belirli bir hale getirebiliriz.

Başlangıç koşulu olarak,  $t = 0$  iken;  $y(0) = Ae^0 + \frac{b}{a}$  değerini almaktadır. Öyleyse  $A = y(0) - \frac{b}{a}$  ve toplam denkleminin belirli çözümü;

$$y(t) = \left[ y(0) - \frac{b}{a} \right] e^{-at} + \frac{b}{a} \quad (385)$$

Bütün bu çözüm ifadelerinden sonra bir  $y$  değişkeninin denge durumunun analizine geçebiliriz. Bir  $y$  değişkeninin denge durumu zaman içindeki değişiminin sıfır olmasıdır [ $\frac{dy}{dt} = 0$ ]. Denge durumunda  $y$  değerini bulmak için,  $\frac{dy}{dt} = 0$  kabul ederek ifadeyi çözmek gerekmektedir. Eğer denklem formatımız, homojen olmayan birinci sıra doğrusal diferansiyel denklem gibi ise [ $\frac{dy}{dt} + ay = b$ ], ve  $\frac{dy}{dt} = 0$  olursa, denge durumundaki  $y$  değeri,  $y = \frac{b}{a}$  şeklinde bulunmaktadır. Daha genel olarak ifade etmek gerekirse, özel integral  $y_p = \frac{b}{a}$ ,  $y$  değişkeninin değerini vermektedir. Genel denklem çözümünün diğer bir parçası olarak gösterilen, tamamlayıcı fonksiyon  $y_c = Ae^{-at}$  ise, toplam fonksiyonunun zaman içerisinde denge değerinden [ $y_p = \frac{b}{a}$ ] sapmasını göstermektedir.

- i) Eğer  $a > 0$  ise,  $t \rightarrow \infty$  sonsuza giderken  $y_c = Ae^{-at} \rightarrow 0$  sıfıra yaklaşmaktadır. Bu durumda,  $y(t) \rightarrow y_p = \frac{b}{a}$  denge değerine yakınsamaktadır. Dengenin kararlı olduğu söylenebilir.
- ii) Eğer  $a < 0$  ise,  $t \rightarrow \infty$  sonsuza giderken  $y_c = Ae^{-at} \rightarrow \infty$  sonsuza doğru uzaklaşmaktadır. Bu durumda,  $y(t) \rightarrow \infty$  denge değerinden ıraksamaktadır. Dengenin kararsız olduğu söylenebilir.



#### Ek 4: Değişken Katsayılı, Değişken Terimli Birinci Sıra Türevsel Denklemler

Birinci sıra doğrusal denklem formu  $\frac{dy}{dt} + u(t)y = w(t)$  şeklindedir. Bu tür denklemlerin çözümünü bulmak için tam türevsel denklemler ele alınmalıdır.

İki farklı değişkenin fonksiyonu olarak tanımlanan  $F(y, t)$  için tam türevsellik durumu;

$$dF(y, t) = \frac{\partial F(y, t)}{\partial y} dy + \frac{\partial F(y, t)}{\partial t} dt \quad (386)$$

şeklindedir. Bu türevsel sıfıra eşit olduğunda;

$$\frac{\partial F(y, t)}{\partial y} dy + \frac{\partial F(y, t)}{\partial t} dt = 0 \quad (387)$$

“Tam türevsel denklem” olarak adlandırılmaktadır. Bu şekilde adlandırılmasının sebebi, eşitliğin sol tarafında yer alan ifadenin,  $F(y, t)$  fonksiyonunun diferansiyeline tam olarak eşit olmasıdır. Genel olarak;

$$Mdy + Ndt = 0 \quad (388)$$

gibi bir türevsel denklem sadece ve sadece  $M = \frac{\partial F(y, t)}{\partial y}$  ve  $N = \frac{\partial F(y, t)}{\partial t}$  özelliğini taşıyan bir  $F(y, t)$  fonksiyonu varsa, tamlık özelliğine sahip olmaktadır. Young Teoremi 'ne göre,  $\frac{\partial^2 F(y, t)}{\partial t \partial y} = \frac{\partial^2 F(y, t)}{\partial y \partial t}$  şartı sağlandığı için, bu teorem kullanılarak şu sonuca varılabilir;

$$\frac{\partial^2 F(y, t)}{\partial t \partial y} = \frac{\partial N}{\partial y} \quad \text{ve} \quad \frac{\partial^2 F(y, t)}{\partial y \partial t} = \frac{\partial M}{\partial t} \quad (389)$$

olduğundan  $Mdy + Ndt$  denklem formu sadece ve sadece  $\frac{\partial M}{\partial t} = \frac{\partial N}{\partial y}$  tamlık şartı sağlanırsa, tam türevsel denklem olarak adlandırılabilir.  $dF(y, t) = 0$  diferansiyel denkleminin genel çözümü,  $F(y, t) = c$  [*c, bir sabittir.*] formunda olacaktır. Bu nedenle bir tam türevsel denklemin genel çözümünü bulmak için  $F(y, t)$  ilkel fonksiyonunu bulup, onu herhangi bir rastgele sabite eşitlememiz gerekmektedir.

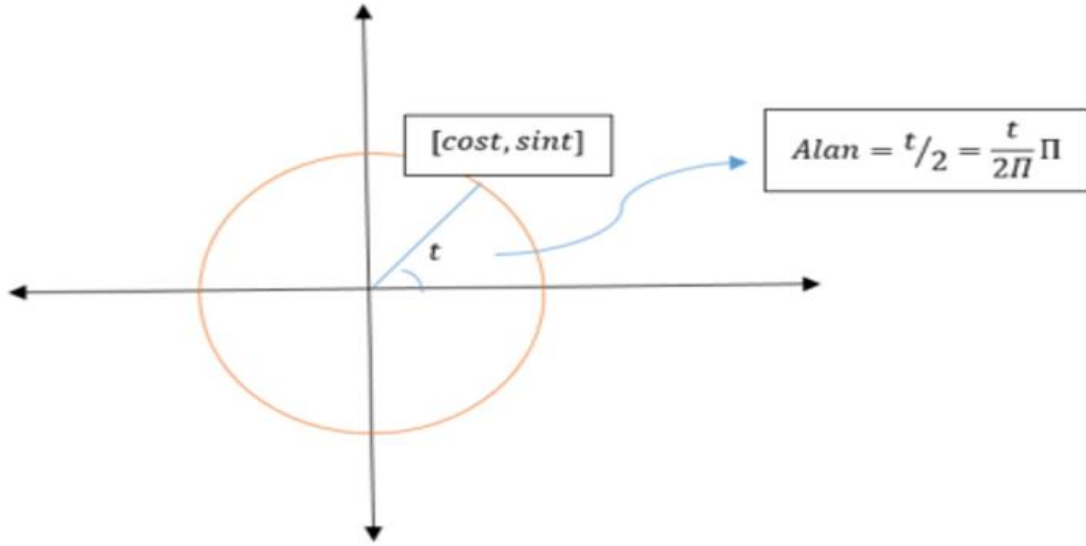
## Ek 5: Hiperbolik Trigonometrik Fonksiyonlar

Hiperbolik trigonometrik fonksiyonlar, modelimiz özelinde üzerinde durduğumuz “kararlılık” analizi çözümlerinde önemli rol oynarlar. Trigonometrik fonksiyonların sonuna  $h$  harfi eklenerek ifade edilirler. Genel olarak hiperbolik fonksiyonlar da trigonometrik fonksiyonlarda olduğu gibi sinüs ve kosinüs fonksiyonlarından türetilirler. İlk olarak geleneksel trigonometrik fonksiyonları hatırlayarak başlayalım. Daha sonrasında temel hiperbolik trigonometrik fonksiyonların nasıl türetildiklerini inceleyeceğiz. Modelin içinde kompleks olarak çözdüğümüz hiperbolik fonksiyon ifadesinin daha basit bir benzerini bu bölümün sonunda çözerek genel tekrarı tamamlayacağız.

Hiperbolik fonksiyonlar sıradan trigonometrik fonksiyonların analogudur. Temel hiperbolik fonksiyonlar hiperbolik sinüs " $\sinh$ ", hiperbolik kosinüs " $\cosh$ ", bunlardan türetilen hiperbolik tanjant " $\tanh$ " ve benzer fonksiyonlardır. Benzer şekilde, modelimizin çözümünde kullandığımız ters hiperbolik fonksiyonlar ise şu şekilde tanımlanır. Ters hiperbolik fonksiyonlar alan hiperbolik sinüsü " $\operatorname{arsinh}$ " (" $\operatorname{asinh}$ " ya da " $\operatorname{arcsinh}$ " olarak da gösterilir) ve benzeri fonksiyonlardır.

İlk olarak trigonometrik fonksiyonlarda tanımladığımız alan kavramı ile, hiperbolik fonksiyonlarda tanımladığımız alan kavramında başlayarak, fonksiyonların birbirlerine dönüşümünü inceleyelim.

### Ek 5.1: Trigonometrik Fonksiyonlar [ $x^2 + y^2 = 1$ ]



**Şekil 13:** Birim Yarıçaplı Çember Üzerinde Alanın Gösterimi

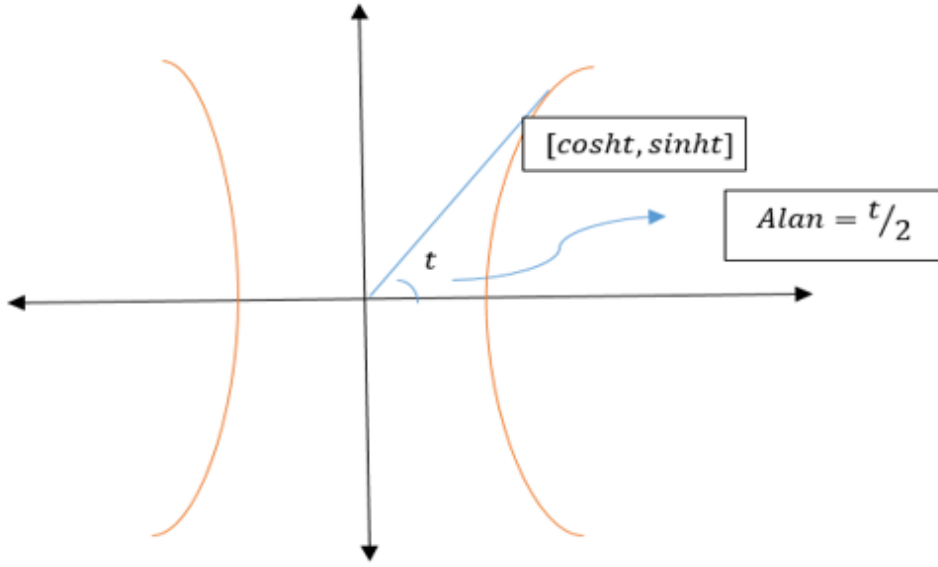
**Kaynak:** Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Birim yarıçaplı çember üzerinde gördüğümüz alan ifadesi,  $t$  açısının 360 derecelik çember içindeki payı ile çemberin tüm alanı olan [ $\pi r^2 = \pi$ ] kullanılarak elde edilmiştir. Birim yarıçaplı çember üzerinde,  $x$  eksenini kesen nokta  $\cos t$ , ve  $y$  eksenini kesen nokta  $\sin t$  olarak kabul edilirse;

$$\cos^2 t + \sin^2 t = 1 \quad (390)$$

ifadesine ulaşırız.  $t/2$  olarak hesapladığımız alan ifadesinin hiperbolik fonksiyonlardaki karşılığını aşağıda gösterelim.

**Ek 5.2: Hiperbolik Trigonometrik Fonksiyonlar  $[x^2 - y^2 = 1]$**



**Şekil 14:** Birim Yarıçaplı Hiperbolik Fonksiyon Üzerinde Alanın Gösterimi

**Kaynak:** Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Birim yarıçaplı hiperbolik eğri üzerinde gördüğümüz alan ifadesi, trigonometrik fonksiyonun alanı ile aynıdır. İlgili alanın nasıl aynı olduğunu göstermeden önce, temel hiperbolik trigonometrik fonksiyonları tanımlayalım. Temel hiperbolik trigonometrik fonksiyonlar,  $\cos ht = \frac{e^t + e^{-t}}{2}$  olarak tanımlanırken,  $\sin ht = \frac{e^t - e^{-t}}{2}$  şeklinde tanımlanmaktadır. Buna göre;

$$\cos^2 ht - \sin^2 ht = \left[ \frac{e^t + e^{-t}}{2} \right]^2 - \left[ \frac{e^t - e^{-t}}{2} \right]^2 = 1 \quad (391)$$

Bu eşitlikte kullandığımız  $\cos ht = \frac{e^t + e^{-t}}{2}$  olarak tanımlanırken,  $\sin ht = \frac{e^t - e^{-t}}{2}$  şeklinde tanımlanmaktadır. Bilindiği üzere;

$$\tan ht = \frac{\sin ht}{\cos ht} = \frac{e^t - e^{-t}}{e^t + e^{-t}} \quad (392)$$

ifadesine eşit olmaktadır. İlk olarak,  $\cos ht$  ve  $\sin ht$  ifadelerinin nasıl türetildiğini, Euler formülü kullanılarak gösterelim. Daha sonrasında alan hesaplamasına geçiş yapacağız. Euler formülü en basit haliyle;

$$e^{i\theta} = \cos \theta + i \sin \theta \quad (393)$$

ifadeyi daha açık formda yazarsak,

$$e^z = 1 + z + \frac{z^2}{2!} + \frac{z^3}{3!} + \frac{z^4}{4!} + \dots \text{ ve } z = i\theta \text{ dersek, ifademiz şu formata dönüşecektir;}$$

$$e^{i\theta} = 1 + i\theta + \frac{(i\theta)^2}{2!} + \frac{(i\theta)^3}{3!} + \frac{(i\theta)^4}{4!} + \dots \quad (394)$$

Bu eşitliği aşağıdaki şekilde düzenlersek;

$$e^{i\theta} = \left[ 1 - \frac{\theta^2}{2!} + \frac{\theta^4}{4!} - \dots \right] + i \left[ \theta - \frac{\theta^3}{3!} + \frac{\theta^5}{5!} + \dots \right] \quad (395)$$

$\underbrace{\hspace{10em}}_{\cos\theta} \qquad \underbrace{\hspace{10em}}_{\sin\theta}$

Taylor serilerini baz alarak türetilen bu ifadeler, daha basit formda;

$$e^{i\theta} = \cos\theta + i\sin\theta \quad (396)$$

olarak ifade edilmektedir. (5.2.6) eşitliğinde yer alan  $i\theta$  yerine,  $-i\theta$  ifadesini koyarsak;

$$e^{-i\theta} = \cos(-\theta) + i\sin(-\theta) \quad \longrightarrow \quad e^{-i\theta} = \cos(-\theta) - i\sin(\theta) \quad (397)$$

eşitliğine ulaşılır. Burada,  $\cos(\theta) = \cos(-\theta)$  ifadesi kullanılmıştır. (396) ve (397) eşitliklerini taraf tarafa toplarsak ve çıkarırsak;

$$i) \quad e^{i\theta} + e^{-i\theta} = 2 \cos(\theta) \quad \longrightarrow \quad \cos(\theta) = \frac{e^{i\theta} + e^{-i\theta}}{2} \quad (398)$$

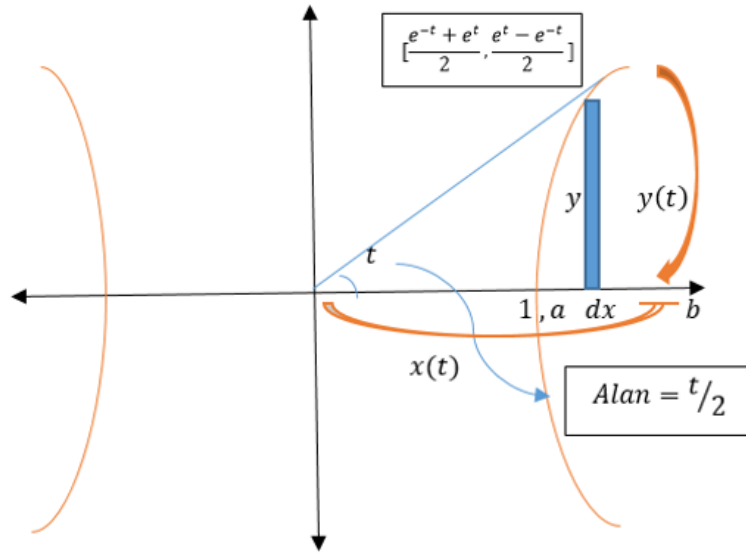
$$ii) \quad e^{i\theta} - e^{-i\theta} = 2i \sin(\theta) \quad \longrightarrow \quad \sin(\theta) = \frac{e^{i\theta} - e^{-i\theta}}{2i} \quad (399)$$

Bulduğumuz bu ifadeler genel form eşitlikleridir. Hiperbolik forma dönüştürmek için,  $\theta = it$  dönüşümünü (398) ve (399)' a uygulamalıyız. Bu durumda;

$$i) \quad \cos(it) = \frac{e^{i(it)} + e^{-i(it)}}{2} = \frac{e^{-t} + e^t}{2} = \cosh(t) \quad (400)$$

$$ii) \quad \sin(it) = \frac{e^{i(it)} - e^{-i(it)}}{2i} = \frac{e^{-t} - e^t}{2i} = \frac{-1 [e^t - e^{-t}]}{i \cdot 2} = \frac{e^t - e^{-t}}{2} = \sinh(t) \quad (401)$$

$\sinh(t)$  ve  $\cosh(t)$  ifadelerinin nasıl türetildiğini inceledik. Bundan sonra Şekil 14'de belirttiğimiz alanın nasıl hesaplandığını ve geleneksel trigonometrik fonksiyon ile eşit olduğunu gösterelim.



**Şekil 15:** Birim Yarıçaplı Hiperbolik Fonksiyon Üzerinde Alanın Hesaplanması

**Kaynak:** Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Hiperbolik fonksiyonların genel formu  $[\sqrt{(1+t)}]^2 - [\sqrt{t}]^2 = [x(t)]^2 - [y(t)]^2 = 1$  olduğunu daha önceden belirtmiştik. Hiperbolik eğri altında kalan alanı şu şekilde tanımlayabiliriz;  $Alan = \frac{1}{2}x(t)y(t) - \int_a^b y dx = \frac{t}{2}$  olarak tanımlanabilir. Yukarıda bulduğumuz ifadelerle ilgili olarak,  $x(t) = \frac{e^{-t}+e^t}{2}$  ve  $y(t) = \frac{e^t-e^{-t}}{2}$  ifadelerini alan ifadesine tekrardan koyduğumuzda şu ifadeye ulaşırız;

$$Alan = \frac{t}{2} = \frac{1}{2} \frac{1}{2} [e^t + e^{-t}] \frac{1}{2} [e^t - e^{-t}] - \int \frac{1}{2} [e^t - e^{-t}] dx \quad (402)$$

İfade içerisinde bilmediğimiz tek değişken  $dx$  türevselidir.  $dx$  ifadesi şu şekilde açık forma dönüştürülebilir;  $x = x(t)$  olduğuna göre,  $\frac{dx(t)}{dt} = x'(t)$  olur. Bunu tekrar düzenlemeye çalışırsak;  $dx = x'(t)dt = \frac{1}{2} [e^t - e^{-t}] dt$  olmaktadır. Bu eşitliği, (402) ifadesinin içerisine koyarsak;

$$Alan = \frac{t}{2} = \frac{1}{2} \frac{1}{2} [e^t + e^{-t}] \frac{1}{2} [e^t - e^{-t}] - \int_0^t \frac{1}{2} [e^t - e^{-t}] \frac{1}{2} [e^t - e^{-t}] dt \quad (403)$$

İntegral ifadesini daha basit forma dönüştürmek için değişken değiştirerek  $t = u$  dönüşümünü uygularsak;

$$= \frac{1}{2} \frac{1}{2} [e^t + e^{-t}] \frac{1}{2} [e^t - e^{-t}] - \int_0^t \frac{1}{2} [e^u - e^{-u}] \frac{1}{2} [e^u - e^{-u}] du \quad (404)$$

$$= \frac{1}{8} [e^{2t} - e^{-2t}] - \frac{1}{4} \left[ \frac{1}{2} e^{2u} - 2u - \frac{1}{2} e^{-2u} \right]_{t=0}^{t=t} \quad (405)$$

$$= \frac{1}{8} e^{2t} - \frac{1}{8} e^{-2t} - \frac{1}{4} \left[ \frac{1}{2} e^{2t} - 2t - \frac{1}{2} e^{-2t} \right] - \left[ \frac{1}{2} e^{2(0)} - 2(0) - \frac{1}{2} e^{-2(0)} \right] = \frac{1}{2} t \quad (406)$$

Bu şekilde, alan ifadesini kanıtlanmış oldu ve bulunan hiperbolik fonksiyonların geçerliliğini alan üzerinden gösterdik.

Bu aşamadan sonra, modelimiz de kullandığımız  $\tanh(x)$  ve  $\tanh^{-1}(x)$  fonksiyonlarını tanımlayıp çeşitli türev işlemlerini göstereceğiz.

### Ek 5.3: Hiperbolik Trigonometrik Fonksiyonlar [ $\tanh(x)$ ve $\tanh^{-1}(x)$ ]

İlk olarak,  $\tanh^{-1}(x)$  ifadesini tanımlayalım. Eğer  $y = \tanh^{-1}(x)$  ise, her iki tarafında hiperbolik tanjant fonksiyonunu alarak;

$$\tanh(y) = \tanh[\tanh^{-1}(x)] \quad \longrightarrow \quad \tanh(y) = x \quad (407)$$

olmaktadır.  $\tanh(y) = \frac{\sinh(y)}{\cosh(y)} = x$  olduğuna göre,  $\tanh(y) = \frac{e^y - e^{-y}}{e^y + e^{-y}}$  olarak yazılabilir.

İfadeyi düzenlersek;

$$\tanh(y) = \frac{e^y [e^y - e^{-y}]}{e^y [e^y + e^{-y}]} = \frac{e^{2y} - 1}{e^{2y} + 1} = x \quad (408)$$

sonucuna ulaşırız. (5.4.1) ifadesinin her iki tarafını da  $[e^{2y} + 1]$  çarparsak;

$$\frac{(e^{2y} - 1)(e^{2y} + 1)}{e^{2y} + 1} = (e^{2y} + 1)x \quad \longrightarrow \quad e^{2y} = \frac{(1+x)}{(1-x)} \quad (409)$$

eşitliğine ulaşırız. Her iki tarafında logaritmik fonksiyonunu alırsak;

$$\ln e^{2y} = \ln \frac{(1+x)}{(1-x)} \quad \longrightarrow \quad y = \frac{1}{2} \ln \frac{(1+x)}{(1-x)} \quad (410)$$

Biliyoruz ki,  $y = \tanh(x)^{-1}$  olarak en başta tanımlandığı için;

$$y = \tanh^{-1}(x) = \frac{1}{2} \ln \frac{(1+x)}{(1-x)} \quad (411)$$

sonucuna ulaşırız.

Bu aşamadan sonra, açık formda ifade ettiğimiz  $\tanh^{-1}(x)$  fonksiyonun türevinin nasıl türetildiğini inceleyebiliriz.  $\frac{d[\tanh^{-1}(x)]}{dx} = \frac{d}{dx} \left[ \frac{1}{2} \ln \frac{(1+x)}{(1-x)} \right]$  olduğunu (411) eşitliğinden biliyoruz. Bu fonksiyonun türevini açık formda tanımlarsak;

$$\frac{d}{dx} \left[ \frac{1}{2} (\ln(1+x) - \ln(1-x)) \right] \longrightarrow \frac{d}{dx} \left[ \frac{1}{2} \ln(1+x) - \frac{1}{2} \ln(1-x) \right] \quad (412)$$

Logaritmik fonksiyonun türevini yazıp, ifadeyi tekrar yazdığımızda;

$$\frac{1}{2} \left[ \frac{1}{1+x} + \frac{1}{1-x} \right] = \frac{1}{1-x^2} \longrightarrow \int \frac{1}{1-x^2} dx = \tanh^{-1}(x) + c \quad (413)$$

Bu ifadenin integralinin,  $\tanh^{-1}(x)$  formunda olması için,  $x$  değerinin tanım aralığının  $|x| < 1$  olması gerektiğini belirtmek gerekir.

Son olarak  $\int \tanh(x) dx$  ifadesinin gösterimini analiz ettikten sonra, modelde çözdüğümüz ifadenin basit bir benzerini bir sonraki bölümde çözerek hiperbolik fonksiyonları sonlandıracağız. Daha önceden tanımladığımız üzere,  $\sinh(x) = \frac{e^x - e^{-x}}{2}$  ve  $\cosh(x) = \frac{e^x + e^{-x}}{2}$  fonksiyonlarına sahibiz. Bu durumda;

$$\int \tanh(x) dx = \int \frac{e^x - e^{-x}}{e^x + e^{-x}} \quad (414)$$

Değişken değiştirme metodunu uygulayarak,  $u = e^x + e^{-x}$  dersek,  $du = [e^x - e^{-x}] dx$  olmaktadır. (414) eşitliğini buna bağlı olarak tekrar yazarsak,

$$\int \frac{du}{u} = \ln|u| + c = \ln|e^x + e^{-x}| + c \quad (415)$$

$\cosh(x)$  İfadesinin tanımını kullanarak, (415) tekrar düzenlendiğinde;

$$\ln(e^x + e^{-x}) = \ln[2\cosh(x)] \longrightarrow \int \tanh(x) dx = \ln[2\cosh(x)] + c$$

olmaktadır. İfadenin en basit hali ise,  $\int \tanh(x) dx = \ln(2) + \ln \cosh(x) + c$  ifadesi yazılıp,  $\ln(2)$ 'de sabit bir değer olarak düşünüldüğünde, aşağıdaki sonuca ulaşırız.

$$\int \tanh(x) dx = \ln \cosh(x) + k \quad (416)$$

#### **Ek 5.4: Hiperbolik Fonksiyonlar Kullanılarak, Modelde Aradığımız İfadeye Benzer Bir Örneğin Çözüm Aşamalarının Gösterimi**

Modelde cevabını bulmaya çalıştığımız ifade  $\frac{dg(S)}{dS} = \frac{1}{KL\gamma(1-\beta)+S[\beta KLq - Kr + rS]} = g'(S)$  eşitliğinden  $g(S)$  değerinin açık formda çözümü olduğunu hatırlayalım. Bu bölümde, bu ifadeye benzer ama daha basit bir örnek ile, modelde kullandığımız çözüm mantığını göstereceğiz.



Varsayalım ki  $\int \left[ \frac{1}{K+S(\beta+rS)} \right] dS$  ifadesinin çözümünü bulmaya çalışalım. İfadeyi daha açık formda yazarsak;

$$\int \frac{1}{K+S(\beta+rS)} dS = \int \frac{1}{\beta S+K+rS^2} dS \quad (417)$$

eşitliğine ulaşırız. İntegral içerisindeki tüm terimlerin pozitif olduğu varsayımını veri olarak kabul edersek, ifadenin paydasını tam kareye tamamlayarak devam edeceğiz. Bu durumda ilk olarak paydaya odaklanalım.  $rS^2 + \beta S + K$  ifadesini tam kare formunda yazmak için;

$[\sqrt{r}S + \frac{\beta}{2\sqrt{r}}]^2 = rS^2 + \beta S + \frac{\beta^2}{4r}$  ifadesinin tam kare olması için, son terimin yalnızca  $K$  olması beklenirdi. İfadenin son terimini düzeltmek için paydaya  $\left[ K - \frac{\beta^2}{4r} \right] = \left[ \frac{4Kr - \beta^2}{4r} \right]$  bu terim eklenmelidir. Böylece;

$$\int \frac{1}{\beta S+K+rS^2} dS = \int \frac{1}{\frac{4Kr - \beta^2}{4r} + [\sqrt{r}S + \frac{\beta}{2\sqrt{r}}]^2} dS \quad (418)$$

ifade tam kareye tamamlanmış oldu. Değişken değiştirme metodunu kullanarak ifadeyi düzenleyelim ve  $u = \frac{\beta}{2\sqrt{r}} + \sqrt{r}S$  şeklinde tanımlayalım. Bu durumda,  $du = \sqrt{r}dS$ , yani  $dS = \frac{du}{\sqrt{r}}$  olmaktadır. (418) eşitliğini yeniden düzenlersek;

$$\int \frac{1}{\frac{4Kr - \beta^2}{4r} + [u]^2} \frac{1}{\sqrt{r}} du \quad \longrightarrow \quad \frac{1}{\sqrt{r}} \int \frac{1}{\frac{4Kr - \beta^2}{4r} + [u]^2} du \quad (419)$$

olmaktadır. Eşitliği  $\frac{4Kr - \beta^2}{4r}$  ortak parantezine alırsak;

$$\frac{1}{\sqrt{r}} \int \frac{1}{\left[ \frac{4Kr - \beta^2}{4r} \right] \left[ 1 + \frac{4ru^2}{4Kr - \beta^2} \right]} du = \frac{1}{\sqrt{r}} \int \frac{4r}{(4Kr - \beta^2) \left[ 1 + \frac{4ru^2}{4Kr - \beta^2} \right]} du \quad (420)$$

Bu eşitliğin ilk kısmı  $u$  terimine bağlı olmadığı için dışarı alınır ve;

$$\frac{1}{\sqrt{r}} \left[ \frac{4r}{4Kr - \beta^2} \right] \int \frac{1}{\left[ 1 + \frac{4ru^2}{4Kr - \beta^2} \right]} du = \frac{4\sqrt{r}}{4Kr - \beta^2} \int \frac{1}{\left[ 1 + \frac{4ru^2}{4Kr - \beta^2} \right]} du \quad (421)$$

integral içerisindeki ifadeyi basitleştirmek adına tekrardan değişken değiştirme yöntemi kullanılacaktır. Eğer  $s = \frac{2\sqrt{r}u}{\sqrt{4Kr - \beta^2}}$  dersek,  $ds = \frac{2\sqrt{r}}{\sqrt{4Kr - \beta^2}} du$  olmaktadır. (421) ifadesinin

tamamını integral içine alalım ve şu şekilde “değişken” değiştirelim;

$$\frac{4\sqrt{r}}{4Kr-\beta^2} \int \frac{1}{\left[1+\frac{4ru^2}{4Kr-\beta^2}\right]} du = \int \frac{1}{\left[\frac{4ru^2}{4Kr-\beta^2}+1\right]} \left[\frac{4\sqrt{r}}{4Kr-\beta^2}\right] du = \int \frac{1}{\left[\frac{4ru^2}{4Kr-\beta^2}+1\right]} \frac{2\sqrt{r}}{4Kr-\beta^2} du \frac{2}{\sqrt{4Kr-\beta^2}} \quad (422)$$

$$= \frac{2}{\sqrt{4Kr-\beta^2}} \int \frac{1}{1+s^2} ds \quad (423)$$

İntegral ifadesine odaklanırsak,  $s = \tan\vartheta$  olarak tanımlanırsa,  $ds = \sec^2(\vartheta)d\vartheta$  olmaktadır. Bu durumda,  $\int \frac{1}{1+\tan^2(\vartheta)} \sec^2(\vartheta)d\vartheta$  olmaktadır. Biliyoruz ki,  $1 + \tan^2(\vartheta) = \sec^2(\vartheta)$  olduğu için,  $\int \frac{1}{\sec^2(\vartheta)} \sec^2(\vartheta)d\vartheta = \vartheta + c$  sonucuna ulaşırız.  $\vartheta = \tan^{-1}(s)$  olduğundan dolayı;

$$\int \frac{1}{1+s^2} ds = \tan^{-1}(s) + c_1 \quad (424)$$

olarak neticelenir. (424) ifadesini, (423) eşitliğine koyarsak;

$$\frac{2}{\sqrt{4Kr-\beta^2}} \int \frac{1}{1+s^2} ds = \frac{2\tan^{-1}(s)}{\sqrt{4Kr-\beta^2}} + c_2 \quad (425)$$

Değişken değiştirme metodunu tersten uygulayarak ifademizi düzenleyelim. Yukarıda tanımladığımız üzere,  $s = \frac{2\sqrt{r}u}{\sqrt{4Kr-\beta^2}}$  olduğuna göre, (425) şu şekilde düzenlenir;

$$= \frac{2\tan^{-1}\left(\frac{2\sqrt{r}u}{\sqrt{4Kr-\beta^2}}\right)}{\sqrt{4Kr-\beta^2}} + c_2 \quad (426)$$

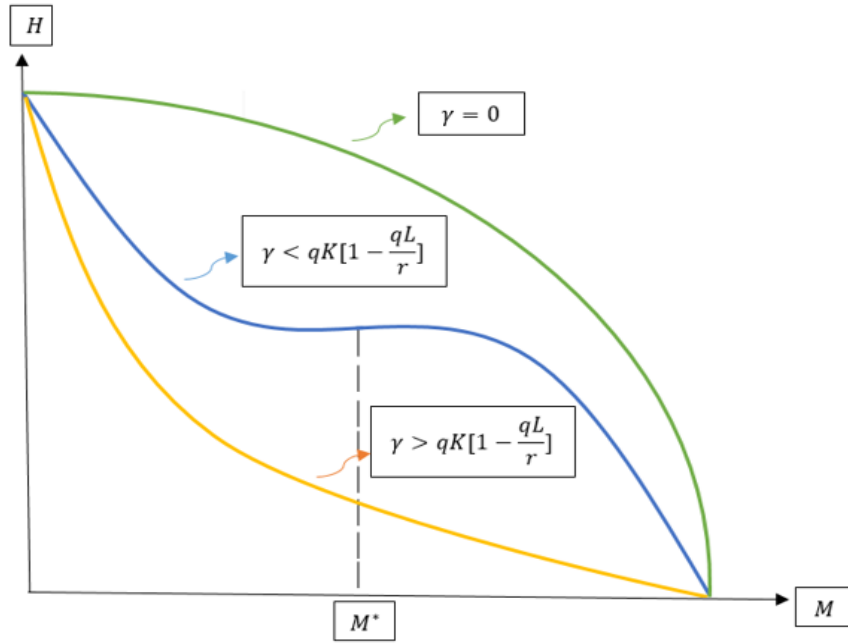
İlk değişken değiştirme kısmından bildiğimiz üzere,  $u = \frac{\beta}{2\sqrt{r}} + \sqrt{r}S$  değişkenini yerine koyarsak,

$$\int \left[\frac{1}{K+S(\beta+rS)}\right] dS = \frac{2\tan^{-1}\left(\frac{\beta+2rS}{\sqrt{4Kr-\beta^2}}\right)}{\sqrt{4Kr-\beta^2}} + c_3 \quad (427)$$

sonucuna ulaşır, integral çözülmüş oldu. Bu örnek, model içindeki karmaşık çözümün yöntemini daha basit açıdan göstermek için ifade edilmektedir.

## Ek 6: Kapalı Ekonomi Üretim Olanakları Eğrisinin Analizi

Rus (2016) makalesinde belirtildiği gibi, uzun dönem üretim olanakları eğrisinin alacağı şekil, kirlilik yoğunluğu parametresinin ( $\gamma$ ) eşik değere göre düşük veya yüksek oluşuna göre değişiklik göstermektedir. Şekil 16’da yer alan  $M^*$  değeri, Rus (2016) makalesinde detaylı bir şekilde çözülmektedir. Aşağıdaki üç farklı durumun nasıl oluştuğu kısaca açıklanmaktadır;



**Şekil 16:** Kapalı Ekonomi Uzun Dönem Üretim Olanakları Eğrisinin  $\gamma$  Değerine Göre Eğriliği

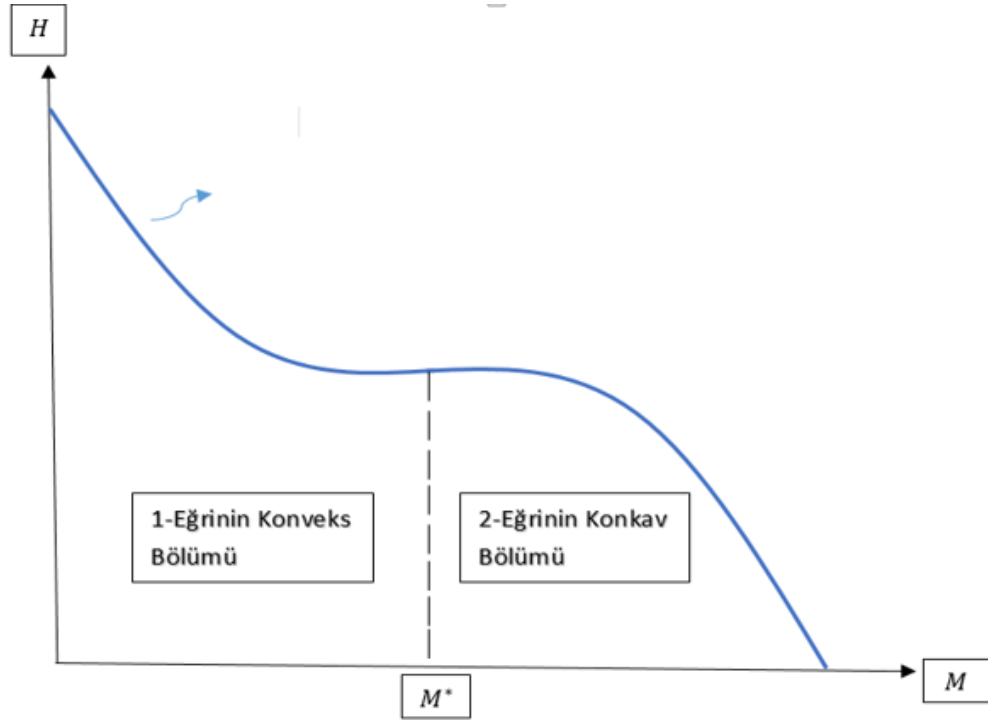
**Kaynak:** Yazar tarafından oluşturulmuştur.

- i) Eğer  $\gamma = 0$  değerini alırsa, kirlilik sonucu oluşan herhangi bir negatif dışsallık ortadan kalkmış olmaktadır. Bu durumda, iki ürün arasında üretim tercihi yapılırken, “ölçeğe göre artan getiri” gözlemlenmemektedir. Yani, ilave bir birim  $M$  malı üretmek için katlanılması gereken maliyet,  $M$  malı üretimi arttıkça artmaktadır. Böylece, ilgili eğrinin eğimi olan  $\frac{MC_M}{MC_H}$  artmaktadır. Sonuç olarak, üretim seti konveks olurken, üretim olanakları eğrisi konkav olmaktadır. Bu sonuçlar, Baumol ve Bradford (1972) makalesi ile uyum içindedir.

- ii) Eğer  $\gamma < qK[1 - \frac{qL}{r}]$  değerini alırsa, kirlilik sonucu oluşan negatif dışsallık eşik değerinin altında kalmaktadır. Kirlilik yoğunluğu parametresi yeterince küçük demektir. Bu durum, durağan durum kaynak stok seviyesinin pozitif olmasını garanti eden koşul ile uyum içerisinde olduğu için modelin devamında bu koşul veri olarak kabul edilmektedir. Yani,  $M < M^*$  iken, üretim olanakları eğrisinin ikinci türev koşulu  $\frac{\partial^2 H}{\partial M^2} > 0$  olmaktadır ve buna bağlı olarak ilgili aralıkta, eğri konveks olurken, üretim seti konkav olmaktadır.  $M > M^*$  olduğu durumda ise, üretim olanakları eğrisinin ikinci türev koşulu  $\frac{\partial^2 H}{\partial M^2} < 0$  olmaktadır ve buna bağlı olarak ilgili aralıkta, eğri konkav olurken, üretim seti konveks olmaktadır. Sonuç olarak, üretim olanakları eğrisi “konveks-konkav” bir şekil almaktadır. Bu sonuçlar, Rus (2016) makalesinde detaylı olarak incelenmiştir. İki sektörün, farklı ölçeğe göre getiri oranlarına sahip olduğu durumda oluşan üretim olanakları eğrisi, Panagariya (1981), Ethier (1982) ve Herberg ve Kemp (1982) makalelerinde de ayrıca incelenmiştir.
- iii) Eğer  $\gamma > qK[1 - \frac{qL}{r}]$  değerini alırsa, kirlilik yoğunluğu parametresi eşik değerinin üzerinde olmaktadır. Brander ve Taylor (1998) makalesinde de belirtildiği gibi,  $\gamma > \bar{\gamma}$  durumunda,  $M$  malı üretim faaliyeti yeterince büyük bir kirlilik yaratarak,  $H$  malı üretiminin girdi maliyetlerini arttırmaktadır. Bu durumda, ilgili eğrinin eğimi olan  $\frac{MC_M}{MC_H}$  ifadesi,  $M$  malı üretimi arttıkça azalmaktadır. Sonuç olarak, üretim olanakları eğrisi konveks bir şekil alırken, üretim seti konkav olmaktadır.

Üretim olanakları eğrisinin kirlilik parametresine bağlı olarak farklı şekiller aldığını yukarıda gösterilmektedir. Durağan durum dengesinin pozitif bir değer almasını garanti eden koşul ile uyum gösteren ve dış ticaret modelinde de belirtilen koşul kirlilik değerinin, eşik değerinden daha düşük bir değer aldığı durumdur  $[\gamma < qK[1 - \frac{qL}{r}] = \bar{\gamma}]$ .

**Ek 6.1: Kirlilik Parametresinin Değerinin Yeterince Küçük Olduğu Durum için**  
 **$[\gamma < qK \left[1 - \frac{qL}{r}\right] = \bar{\gamma}]$ , Uzun Dönem Üretim Olanakları Eğrisinde Mevcut**  
**Bulunan Baskın Etkilerin Analizi**



**Şekil 17:** Uzun Dönem Üretim Olanakları Eğrisi Üzerinde Baskın Etkilerin Gösterimi

**Kaynak:** Rus (2016) makalesindeki ilgili grafik bu modele göre revize edilerek kullanılmıştır.

Yukarıdaki şekilde grafiği iki ayrı kısımda inceleyeceğiz ve buna bağlı olarak, her iki kısımda mevcut baskın etkinin değiştiğini gözlemleyeceğiz.

- i) İlk olarak  $M < M^*$  durumu incelenmektedir. Daha önceden de belirtildiği gibi bu aralıkta, üretim olanakları eğrisi konveks olurken, üretim seti konkav olarak tanımlanmaktadır. Yani,  $M$  malının üretimi arttıkça,  $H$  malı üzerindeki marjinal girdi maliyeti artmaktadır ve sonuç olarak eğrinin eğimini gösteren  $\frac{MC_M}{MC_H}$  değeri azalmaktadır. Bu sürecin arkasında yatan mantık şu şekilde açıklanabilir. Varsayalım ki,  $M < M^*$  durumunda tüm iş gücü  $H$  malı üretimi için ayrılınsın (Rus, 2016). Aşırı mahsul tüketimi en yüksek değerine ulaşmaktadır ve  $S_1^A = \frac{1}{2r} [\sqrt{(q[L - M] - r)^2 K^2 - 4\gamma r K M} - [q(L - M) - r]K]$  durağan durum stok

değeri  $M = 0$  iken çok düşük bir değer almaktadır. Bu durumda,  $S < \frac{\gamma}{q}$  koşulu geçerli olmaktadır. Bilindiği gibi, kaynak stok seviyesi düşük olduğunda, yenilenebilir kaynak stoğu üzerinde daha azaltıcı etkiye sahip olan faaliyet, üretim kaynaklı kirlilik ifadesi  $Z(t)$  olur.  $[Z(t) > H(t)]$  Bir birim işçiyi  $H$  mahsül toplama faaliyetinden, üretim faaliyeti  $M$ 'e aktardığımız zaman,  $M$  faaliyetinin yarattığı negatif dışsallık,  $H$  faaliyetine devam eden işçilerin verimliliği üzerinde olumsuz bir etkiye sahip olmaktadır. Böylece,  $H$  malı üretmenin marjinal girdi maliyeti artmaktadır. Yani, bir birim  $H$  artık daha fazla girdi ile üretilmektedir. Sonuç olarak;

**Tablo 1:** Uzun Dönem Üretim Olanakları Eğrisinin Konveks Bölümünün Özeti

M Arzının Durumu	Stok Seviyesi	Baskın Etki	Eğrinin Eğimi
$M < M^*$	$S < \frac{\gamma}{q}$	$Z(t) > H(t)$	$\frac{MC_M}{MC_H}$ Azalır.

**Kaynak:** Yazar tarafından oluşturulmuştur.

ii) Eğrinin sağ tarafını, yani  $M > M^*$  durumunu inceleyelim. Daha önceden de belirtildiği gibi bu aralıkta, üretim olanakları eğrisi konkav olurken, üretim seti konveks olarak tanımlanmaktadır. Yani,  $M$  malının üretimi arttıkça,  $H$  malı üzerindeki marjinal girdi maliyeti azalmaktadır ve sonuç olarak eğrinin eğimini gösteren  $\frac{MC_M}{MC_H}$  değeri artmaktadır. Bu sürecin arkasında yatan mantık şu şekilde açıklanabilir. Varsayalım ki,  $M > M^*$  durumunda tüm iş gücü  $M$  malı üretimi için ayrılsın (Rus, 2016). Aşırı mahsul tüketimi en yüksek değerine ulaşmaktadır ve  $S_1^A = \frac{1}{2r} [\sqrt{(q[L - M] - r)^2 K^2 - 4r\gamma KM} - [q(L - M) - r]K]$  durağan durum stok değeri  $M = L$  iken göreceli olarak yerterince büyük bir değer almaktadır. Bu durumda,  $S > \frac{\gamma}{q}$  koşulu geçerli olmaktadır. Biliyoruz ki, kaynak stok seviyesi yüksek olduğunda, yenilenebilir kaynak stoğu üzerinde daha azaltıcı etkiye sahip olan faaliyet, aşırı mahsul tüketimi kaynaklı  $H(t)$  olmaktadır.  $[Z(t) < H(t)]$  bir birim işçiyi  $H$  doğal kaynak malı üretim faaliyetinden,  $M$ 'e aktardığımız zaman,  $M$  faaliyetinin yarattığı negatif dışsallık,  $H$  faaliyetine devam eden işçilerin verimliliği üzerinde olumlu bir etkiye sahip olmaktadır. Çünkü  $M$  malı üretimi artışı kirlilik

kaynaklı bir negatif etki yaratarak,  $H$  malı verimliliği üzerinde olumsuz bir etkiye sahip bile olsa, mahül toplama faaliyetinin stok üzerinde negatif yönlü baskın karakterinden ötürü,  $H$  malı üretimindeki emek miktarındaki azalışın sebep olduğu girdi maliyetlerindeki olumlu etki daha güçlüdür. Böylece,  $H$  malı üretmenin marjinal girdi maliyeti azalmaktadır. Yani, bir birim  $H$  artık daha az girdi ile üretilmektedir. Sonuç olarak;

**Tablo 2:** Uzun Dönem Üretim Olanakları Eğrisinin Konkav Bölümünün Özeti

M Arzının Durumu	Stok Seviyesi	Baskın Etki	Eğrinin Eğimi
$M > M^*$	$S > \frac{\gamma}{q}$	$Z(t) < H(t)$	$\frac{MC_M}{MC_H}$ Artar.

**Kaynak:** Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Üretim olanakları eğrisinin eğimi  $\frac{MC_M}{MC_H} = \frac{p_M}{p_H}$ ,  $M$  malının göreceli fiyatını vermektedir.

Üretim olanakları eğrisinin konveks tarafında,  $M$  malının göreceli fiyatı azaldıkça,  $M$  malı arzı artmaktadır. Bu durum, fiyat değişikliklerine göre,  $M$  malı arzının ters yönlü hareket ettiğini göstermektedir. Rus (2016) makalesinde de belirtildiği gibi, eğrinin konveks tarafında yer alan bir durağan durum dengesinden dış ticarete açılan bir ekonomi için, ilgili denge kararlı olmamaktadır. Bu sebepten ötürü, kapalı ekonomi durağan durum dengesi, uzun dönem üretim olanakları eğrisinin konkav bölümünden seçilmektedir. Buna bağlı olarak, yenilenebilir kaynak stoğu üzerinde daha baskın derecede azaltıcı olan etken, aşırı mahsul tüketimi olmaktadır.  $[H(t) > Z(t)]$  ve her iki ülke içinde  $[\gamma < \bar{\gamma}]$  ve  $[\gamma^* < \bar{\gamma}]$  şartı sağlanmaktadır.

## Ek 7: Dış Ticaret Sonrası Oluşan Ortak Durağan Durum Dengesinin [ $S_T$ ] Pozitif Olmasının Cebirsel Kanıtının Gösterimi

(221) numaralı eşitlikte gösterildiği üzere, uluslararası ticaret sonrası oluşan ortak durağan durum dengesi  $S_T = \frac{(r-q\beta L) + \sqrt{(q\beta L - r)^2 - \frac{2r}{K}(1-\beta)L(\gamma + \gamma^*)}}{\frac{2r}{K}}$  şeklinde ifade edilmektedir. Bu ifadenin pozitif olma şartı kök içindeki ifadenin pozitif olmasıdır. Bu durumda sağlanması gereken koşul;

$$(q\beta L - r)^2 - \frac{2r}{K}(1 - \beta)L(\gamma + \gamma^*) > 0 \quad (428)$$

bu şekilde gösterilir. İfade düzenlendiğinde zaman elde edilen koşul aşağıdaki şekilde oluşmaktadır;

$$\gamma + \gamma^* < \frac{K(r-q\beta L)^2}{2r(1-\beta)L} \quad (429)$$

olmalıdır. Biliyoruz ki her iki ülkenin de kapalı ekonomi durağan durum dengesinin pozitif olabilme koşulu (118) numaralı eşitlikte belirtildiği üzere, ana ülke için;  $\gamma < \frac{K[r-q\beta L]^2}{4r(1-\beta)L}$  ve yabancı ülke için;  $\gamma^* < \frac{K[r-q\beta L]^2}{4r(1-\beta)L}$  şeklinde olmaktadır. Bu iki ifade eş yönlü yazıldığında;

$$\gamma + \gamma^* < \frac{K[r-q\beta L]^2}{4r(1-\beta)L} + \frac{K[r-q\beta L]^2}{4r(1-\beta)L} \longrightarrow \gamma + \gamma^* < \frac{K(r-q\beta L)^2}{2r(1-\beta)L} \quad (430)$$

ifadesi elde edilmektedir. Bu durumda (429) koşulu sağlandığı için  $S_T > 0$  sonucuna ulaşılmaktadır.



## Ek 8: Kapalı Ekonomi Durağan Durum Dengesinin Etkin Olmadığının Gösterimi

Uzun dönem kapalı ekonomi dengesinde  $H$  malının arz seviyesi,  $H^A = q\beta LS^A$  olurken,  $M$  malının arz seviyesi ise  $M^A = L(1 - \beta)$  olmaktadır. Amacımız, durağan durum dengesinde uzun dönem üretim olanakları eğrisi ile bütçe doğrusu eğimi arasındaki ilişkiyi tanımlamaktır. İlk olarak şunu belirtelim;  $\beta L = \frac{H^A}{qS^A}$  ve göreceli fiyat seviyesi  $p = \frac{p_H}{p_M} = p_H$  olduğu için,  $\beta L = H^A p$  olarak ifade edilebilir.  $M$  malına ilişkin arz seviyesi eşitliğinden ise,  $L = \frac{M^A}{1-\beta}$  emek seviyesini tanımlayabiliriz. Bu emek seviyesini,  $\beta L = H^A p$  eşitliğine koyarsak;

$$\beta L = H^A p \longrightarrow \beta \frac{M^A}{1-\beta} = H^A p \longrightarrow H^A = \frac{1}{p} \frac{\beta}{(1-\beta)} M^A \quad (431)$$

eşitliğine ulaşılır.  $H$  ile  $M$  arasındaki bu fonksiyonel ilişki,  $S = S^A$  noktasında, uzun dönem üretim olanakları eğrisini vermektedir. Burada vurgulanması gereken bir nokta daha vardır. Göreceli fiyat seviyesini gösteren  $p$  ifadesi  $S^A$  ve dolayısıyla  $M^A$  terimine bağlıdır. Uzun dönem üretim olanakları eğrisinin eğimini açık formda göstermek istersek;

$$\frac{dH}{dM} = p(M) \frac{\partial M}{\partial M} + M \frac{\partial p(M)}{\partial M} dp = \frac{1}{p} \frac{\beta}{(1-\beta)} + (-1) \frac{1}{p^2} M \frac{dp}{dM} \frac{\beta}{(1-\beta)} \quad (432)$$

$$\frac{dH}{dM} = \frac{1}{p} \frac{\beta}{(1-\beta)} - \frac{1}{p^2} M \frac{dp}{dM} \frac{\beta}{(1-\beta)} \quad (433)$$

(433) eşitliği üretim olanakları eğrisinin eğimini göstermektedir. Biliyoruz ki,  $\frac{1}{p} = \frac{p_M}{p_H}$  bütçe doğrusunun eğimidir. Dengenin etkin olarak tanımlanabilmesi için, bütçe doğrusu ile uzun dönem üretim olanakları eğrisinin kesiştiği noktada eğimler birbirine eşit olmalıdır. Özetlemek gerekirse,  $\frac{dH}{dM} = \frac{1}{p}$  eşitliği etkin dengeyi işaret eder. Bu bilgiler altında (433) eşitliğini düzenlersek;

$$\frac{dH}{dM} = \frac{1}{p} \left[ \frac{\beta}{(1-\beta)} - \frac{1}{p} M \frac{dp}{dM} \frac{\beta}{(1-\beta)} \right] \quad (434)$$

Köşeli parantez içindeki ifade  $\frac{1}{p} \left[ \frac{\beta}{(1-\beta)} - \frac{1}{p} M \frac{dp}{dM} \frac{\beta}{(1-\beta)} \right]$  eğer 1'den büyük bir değer alırsa, bu durumda  $\frac{dH}{dM} > \frac{1}{p}$  sonucu ortaya çıkar ve uzun dönem üretim olanakları eğrisinin eğimi, bütçe doğrusunun eğiminden büyüktür anlamı ortaya çıkar. Aynı mantıkla, köşeli

parantez içindeki ifade  $\frac{1}{p} \left[ \frac{\beta}{(1-\beta)} - \frac{1}{p} M \frac{dp}{dM} \frac{\beta}{(1-\beta)} \right]$  eğer 1'den küçük bir değer alırsa, bu durumda  $\frac{dH}{dM} < \frac{1}{p}$  sonucu ortaya çıkar ve uzun dönem üretim olanakları eğrisinin eğimi, bütçe doğrusunun eğiminden küçüktür denilebilir. Köşeli parantez içindeki ifadeyi düzenlersek,  $\frac{\beta}{(1-\beta)} \left[ 1 - \frac{M}{p} \frac{dp}{dM} \right]$  ifadesine ulaşırız. Bu aşamada,  $M$  malı için çarpaz fiyat esnekliğinin  $[\epsilon]$  ne olduğunu ifade edelim;

$$\frac{\frac{\Delta Q_M}{Q_M}}{\frac{\Delta p}{p}} = \frac{\Delta Q_M}{\Delta p} \frac{p}{M} \longrightarrow \frac{dM}{dp_H} \frac{p}{M} = \epsilon \longrightarrow \frac{M}{p} \frac{dp}{dM} = \frac{1}{\epsilon} \quad (435)$$

(435) eşitliğini köşeli parantez içine koyduğumuzda ve bu ifadenin 1'den büyük olma şartını aradığımızda

$$\frac{\beta}{(1-\beta)} \left[ 1 - \frac{1}{\epsilon} \right] > 1 \longrightarrow \beta > \frac{1}{2 - \frac{1}{\epsilon}} \quad (436)$$

Rus (2016) makalesinde de belirtildiği üzere, negatif bir çarpaz fiyat esnekliği  $[\epsilon < 0]$  ifadesi,  $\beta > \frac{1}{2}$  olması için yeter bir koşuldur. Bu durumda, bütçe doğrusunun eğimi, uzun dönem üretime olanakları eğrisinden küçük olmaktadır. Eğer,  $\beta < \frac{1}{2}$  olursa ise, kapalı ekonomi durumunda bütçe doğrusunun eğimi, uzun dönem üretim olanakları eğrisinden daha büyük olmaktadır. İki sebepten ötürü,  $\beta < \frac{1}{2}$  ifadesi model açısından daha mantıklı olmaktadır.

- i) Rus (2016), Eaton ve Panagariya (1979) makalelerinde belirtildiği üzere, modeldeki  $\beta < \frac{1}{2}$  ifadesi  $M$  malına yönelik talebin kapalı ekonomi durumunda daha güçlü olduğu alternatifi ifade etmektedir.  $M$  Malını, Rus (2016) makalesi Dipnot 20'de belirtildiği üzere, üretim faaliyeti sonucu oluşan malların ortalama bir karışım sepeti olarak düşünülebileceği için ve  $H$  malı yalnızca kaynak stoğuna bağlı bir üretim malı olduğu için,  $M$  malına yönelik talebin yüksek olması daha rasyonel bir durumdur.
- ii) Önerme 10' da belirtildiği üzere,  $\beta$  teriminin yeterince büyük değer alması durumunda, ticaret sonrası durağan durum dengesinin, çeşitlendirilmiş üretim dengesinden uzaklaştığını belirtmiştik. Bu sebepten dolayı,  $\beta$  teriminin yüksek bir değer alması istenmemektedir.

Bu sebeplerden dolayı, kapalı ekonomi durağan durum dengesi uzun dönem üretim olanakları eğrisinin konkav tarafında oluşmaktadır ve fiyat doğrusunun eğimi, eğrinin eğiminden büyük olur. Sonuç olarak, ticarete başladığımız kapalı ekonomi dengesi, etkin olmayan bir dengedir.

**Ek 9: Dış Ticaret Sonrası Oluşan Ortak Durağan Durum Kaynak Stok Seviyesinin  $[S_T]$  Pozitif Bir Değer Alması için Emek Seviyesinin Sağlaması Gereken Koşulun İncelenmesi**

Brander ve Taylor (1998) makalesinde belirtildiği üzere, kapalı ekonomi durağan durum kaynak stok seviyesinin pozitif olması için gereken ve emek seviyesinin sağlaması gereken koşul  $L < \frac{r}{q\beta}$  şeklinde olmaktadır. Aynı şekilde, aşırım mahsül tüketimi ve üretim kaynaklı kirliliğin eşanlı olarak negatif dışsallık yarattığı Rus (2016) makalesinde ise, dışsallık yaratan faktörlerin daha fazla olması sebebiyle, emek seviyesi üzerinde daha kısıtlayıcı bir koşul tanımlanmaktadır. Rus (2016) makalesinde, kapalı ekonomi durağan durum kaynak stok seviyesinin pozitif olması için, emek seviyesi üzerine konulması gereken kısıtlayıcı koşul,  $L < \frac{r}{q\beta} - B$  olarak ifade edilmektedir.

Bu makalede ise  $\bar{\gamma} > \gamma > \gamma^*$  başlangıç koşulu veri iken,  $\tau = 0$  durumunda, kapalı ekonomi durumunda farklılaşan durağan durum stok seviyelerinin, dış ticaret sonrası eşit bir değere doğru yakınsadığı ve bu değer de (221) numaralı eşitlikte belirtildiği

üzere,  $S_T = \frac{(r - q\beta L) + \sqrt{(q\beta L - r)^2 - \frac{2r}{K}(1 - \beta)L(\gamma + \gamma^*)}}{\frac{2r}{K}}$  olduğu bilinmektedir. Bu ifadenin pozitif

bir değer alabilmesi bir şartı da kök içinde yer alan  $(q\beta L - r)^2 - \frac{2r}{K}(1 - \beta)L(\gamma + \gamma^*)$  ifadesinin pozitif olmasıdır. Yani;  $(q\beta L - r)^2 - \frac{2r}{K}(1 - \beta)L(\gamma + \gamma^*) > 0$  koşulu geçerli olmalıdır. Bu ifadeyi düzenlediğimizde;

$$K(q\beta L - r)^2 - 2r(1 - \beta)L(\gamma + \gamma^*) > 0 \quad (437)$$

ifadesinin köklerine ayrılabilir bir formda yazılması için aşağıdaki adımlarda gösterildiği şekilde tekrar düzenlenmesi gerekmektedir.

$$\begin{aligned} \text{i)} \quad & K[q^2\beta^2L^2 - 2q\beta Lr + r^2] - 2r(1 - \beta)L(\gamma + \gamma^*) > 0 \\ \text{ii)} \quad & K[q^2\beta^2L^2] - 2q\beta LrK + Kr^2 - 2r(1 - \beta)L(\gamma + \gamma^*) > 0 \\ \text{iii)} \quad & K[q^2\beta^2L^2] - L[K(2q\beta r) + 2r(1 - \beta)(\gamma + \gamma^*)] + Kr^2 > 0 \end{aligned} \quad (438)$$

(438) numaralı ifade  $ax^2 + bx + c$  formatında yazıldığından ötürü, basit bir şekilde  $\frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$  formatında yazılarak kökleri bulunabilir. Bu durumda kök ifadeleri  $L_{1,2}$ ;

$$\frac{[K(2q\beta r)+2r(1-\beta)(\gamma+\gamma^*)]\pm\sqrt{[K(2q\beta r)+2r(1-\beta)(\gamma+\gamma^*)]^2-4Kq^2\beta^2(Kr^2)}}{2Kq^2\beta^2} \quad (439)$$

İlgili ifade daha açık formda yazılmak istendiğinde;

$$\frac{[K(2q\beta r)+2r(1-\beta)(\gamma+\gamma^*)]}{2Kq^2\beta^2} \pm \frac{\sqrt{[K(2q\beta r)+2r(1-\beta)(\gamma+\gamma^*)]^2-4Kq^2\beta^2(Kr^2)}}{2Kq^2\beta^2} \quad (440)$$

yukarıdaki formata ulaşılmaktadır. Gerekli basitleştirme işlemleri yapıldığında;

$$\frac{r}{q\beta} + \frac{r(1-\beta)(\gamma+\gamma^*)}{Kq^2\beta^2} \pm \frac{\sqrt{8Kq\beta r^2(1-\beta)(\gamma+\gamma^*)+4r^2(\gamma+\gamma^*)^2(1-\beta)^2}}{2Kq^2\beta^2} \quad (441)$$

Emek seviyesine ilişkin köklerden pozitif olanı (441) numaralı eşitliğin düzenlenmesinden sonra aşağıdaki şekilde ifade edilebilir;

$$\frac{r}{q\beta} - \frac{1}{Kq^2\beta^2} \left[ \frac{\sqrt{4r^2(1-\beta)(\gamma+\gamma^*)[2Kq\beta+(1-\beta)(\gamma+\gamma^*)]}}{2} - r(1-\beta)(\gamma+\gamma^*) \right] > 0 \quad (442)$$

$\Psi$

olarak ifade edilirse,  $L < \frac{r}{q\beta} - \Psi$  olmaktadır. Bu durumda, üretim kaynaklı kirlilik seviyesinin pozitif olduğu durumda  $[Z(t) > 0]$ , dış ticaret sonrası durağan durum dengesinin reel ve pozitif köklere sahip olmasının ve ilgili reel kökün  $K/2$ 'den büyük olması için iki adet kısıt sağlanmalıdır. Bu kısıtlardan ilki (430) numaralı eşitlikte belirtilen  $\gamma + \gamma^* < \frac{K(r-q\beta L)^2}{2r(1-\beta)L}$  kirlilik parametrelerine ilişkin eşik seviyesinin altında kalma şartıdır. Diğer kısıt ise, emek seviyesinin (442) numaralı eşitlikte belirtildiği üzere  $L < \frac{r}{q\beta} - \Psi$ , emek seviyesinin ilgili eşik değerden küçük olma durumudur.

## ÖZGEÇMİŞ

<b>Ad Soyad: Gökhan GÜVEN</b>	
<b>Eğitim Bilgileri</b>	
<b>Lisans</b>	
<b>Üniversite</b>	Boğaziçi Üniversitesi
<b>Fakülte</b>	İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi
<b>Bölümü</b>	İşletme
<b>Yüksek Lisans</b>	
<b>Üniversite</b>	Sabancı Üniversitesi
<b>Enstitü Adı</b>	Sosyal Bilimler Enstitüsü
<b>Anabilim Dalı</b>	Ekonomi
<b>Programı</b>	Ekonomi
<b>Makale ve Bildiriler</b>	
<b>1. Guven, G., Inci, E., &amp; Russo, A. (2022). Competition, concentration and percentage rent in retail leasing. <i>Real Estate Economics</i>, 50(2), 401-430.</b>	
<b>2. Güven, G., &amp; İnançlı, S. (2023). The Stable Equilibrium Analysis of Nonlinear Renewable Resource Stock Evolution. <i>Journal of Mathematics</i>, 2023.</b>	