

Ulaştırma sektörü ve hanehalkı enerji tüketiminde alternatif enerji kullanımının emisyon ve ekonomik etkileri

Reyhan Özeş

*Akdeniz Üniversitesi, Ekonomi Bölümü, Antalya
e-mail: reyhan_ozes@hotmail.com*

Selim Çağatay

*Akdeniz Üniversitesi, Ekonomi Bölümü, Antalya
e-mail: selimcagatay@akdeniz.edu.tr*

Özet

Küresel ısınmaya bağlı olarak gelişen iklim değişikliğinin en önemli nedenini sera gazı emisyonları oluşturmaktadır. Bu konuya ilişkin uluslararası yazında yapılan çalışmalara kıyasla Türkiye’de yapılan çalışmalar oldukça sınırlı sayıdadır. Bu çalışmada, ulaştırma sektörü ve hanehalkı enerji tüketiminde alternatif enerji ikamesinin emisyon ve ekonomik etkileri analiz edilmektedir. Analizler 1998 yılı girdi-çıkıtı tablosu ve içsel emisyon hesaplama tekniklerini kullanarak yapılmaktadır. Alternatif enerji ikamesine ilişkin beş senaryo geliştirilmiştir. İlk üç senaryo ulaştırma sektöründe petrol ve türevleri kullanımının belli bir oranda doğalgaz, biyo-yakıtlar ve elektrik ile ikame edilmesini öngörmektedir. Son iki senaryoda ise hanehalkı petrol ve türevleri kullanımının belirli bir oranda doğalgaz ve elektrik enerjisi ile ikamesi öngörülmektedir. Senaryo analizleri sonucu, enerji kaynaklarından elektrik kullanımı tercih edildiğinde karbondioksit emisyonlarının minimum ve çevresel kazancın maksimum olacağı tespit edilirken elektrik enerjisinin özellikle tüketim aşamasında temiz bir enerji çeşidi olduğu belirtilmektedir. Elektrik ikamesinin en çok etkilediği sektörlerin ithal girdi kullanımına dayalı sektörler olduğu vurgulanmaktadır.

Anahtar kelimeler: Sera gazları, CO₂ emisyonları, çevresel girdi-çıkıtı matrisi, ulaştırma sektörü, alternatif enerji.

1. Giriş

Türkiye’de özellikle enerji üretimine dayalı olarak sera gazı emisyonları hızlı artış göstermektedir. Bu artışa imalat sanayi ve ulaştırma sektörlerinde tüketilen petrol ve kömür gibi fosil yakıtların da önemli ölçüde katkısı bulunmaktadır. Bu çalışmanın amacı, Türkiye’de ulaştırma sektörü ve hanehalkı

tarafından kullanılan ve en çok sera gazı emisyonuna yol açan yakıt olan petrolün daha az emisyon yayan yakıtlarla ikamesine dayalı senaryo analizleri yapmaktır. Bu doğrultuda temel metodolojisinde girdi-çıkıtı çarpanlarının kullanıldığı senaryolar geliştirilmiştir. Çalışmanın birinci bölümünde iktisadi aktivitelerin karbondioksit emisyon etkilerini çeşitli yöntemlerle ele alan ampirik çalışmalardan oluşan bir yazın taraması verilmektedir. Çalışmanın ikinci ve üçüncü bölümleri ise kullanılan yöntem ve senaryo analizleri ile sonuçlarının açıklanmasına ayrılmıştır. Son bölümde ise çalışmanın sonuçları tartışılmaktadır.

2. Literatür taraması

Bu bölümde iktisadi aktiviteler ve karbondioksit emisyonları etkileşimini çeşitli yöntemlerle farklı bağlamlarda ele alan ampirik çalışmalar temel yöntemleri ve ana bulguları itibariyle özetlenmektedir. Çalışmaların mukayeseli bir özeti Tablo 1’de sunulmaktadır.

Arı ve Zeren (2011) Türkiye’nin de dahil olduğu Akdeniz ülkelerinde¹ çevresel Kuznets eğrisi hipotezini test etmektedir. Çalışma, CO₂ emisyonları ile kişi başı gayri safi yurtiçi hasıla (GSYİH) arasındaki ilişkiyi panel veri ekonometrik modeli kullanarak analiz etmektedir. Analiz sonucunda, 2000-2005 döneminde, CO₂ emisyonunun ekonomik büyüme ile pozitif yönlü bir ilişki içinde olduğu görülmektedir. Ayrıca nüfus yoğunluğu ve enerji tüketiminin de CO₂ emisyonunu pozitif yönde etkilediği ortaya konulmaktadır (Arı ve Zeren, 2011, ss. 37-47).

Halıcıoğlu (2008) Türkiye’de, 1960-2005 döneminde CO₂ emisyonu ile enerji tüketimi, gelir ve dış ticaret arasındaki nedensellik ilişkisini zaman serisi teknikleri kullanarak araştırmaktadır. Bu doğrultuda, söz konusu değişkenler ile CO₂ emisyonu arasında uzun dönemli bir ilişki belirlenmekte ve emisyonların özellikle gelir ve enerji tüketimi tarafından belirlendiği sonucuna ulaşılmaktadır. Ampirik bulgular, Türkiye’de gelirin emisyonları belirlemede en önemli değişken olduğunu ve bunu enerji tüketimi ve dış ticaretin izlediğini göstermektedir (Halıcıoğlu, 2008).

Karakaya ve Özçağ (2003), Türkiye’de CO₂ emisyonuna yol açan faktörleri ve etkilerini 1973-1999 dönemi aralığında ayrıştırma yöntemi ile analiz etmektedir. Çalışmada 1973-1999 döneminde CO₂ emisyonlarındaki artışa neden olan en önemli faktörlerin büyüme ve nüfus etkisi olduğu belirtilmektedir. Emisyonlara neden olan diğer faktörlerin ise fosil yakıtların yoğunluğu ve enerji yoğunluğu olduğu savunulmaktadır. Çalışmada ayrıca, enerji yoğunluğunun sektörler arası etkileri de incelenmektedir. Analiz sonucunda, 1973-1999 dönemi

¹ Arnavutluk, Cezayir, Bosna-Hersek, Hırvatistan, Mısır, Fransa, Yunanistan, İsrail, İtalya, Lübnan, Malta, Fas, Slovenya, İspanya, Suriye, Tunus.

için, sanayi sektörünün CO₂ emisyonları artışını tetikleyici bir etkiye sahip olduğu belirtilmektedir (Karakaya ve Özçağ, 2003).

Kıran, Turanoğlu ve Özceylan (2011), 1980-2008 döneminde, Türkiye'nin sosyo-ekonomik koşullarına ve göstergelerine dayanarak, CO₂ emisyonlarını ABC (*artificial bee colony approach*) kümeleme algoritması yaklaşımı² ile analiz etmektedir. Analizde, enerji tüketimi, nüfus, GSYİH ve motorlu taşıtların sayısı girdi değişkenleri; CO₂ emisyonları ise çıktı değişkeni olarak belirlenmekte ve emisyonlar ile girdi değişkenleri arasında pozitif yönlü bir ilişki olduğu saptanmaktadır. Ayrıca çalışmada, emisyonları en doğru şekilde tahmin etmek amacıyla, ABC yaklaşımı altında, doğrusal, üstel ve ikinci derece fonksiyonlardan hangisinin en iyi sonucu vereceği tahmin edilmektedir. Analiz sonucunda, üç fonksiyonun belirlilik katsayılarına bakılarak, CO₂ emisyonları ile girdi çıktıları arasındaki ilişkinin, en iyi şekilde doğrusal fonksiyonlarla ifade edilebileceği belirtilmektedir (Kıran, Turanoğlu ve Özceylan, 2011, ss. 536-540).

Kumbaroğlu, Karali ve Arıkan (2008), toplulaştırılmış bir denge modeli kullanarak Türkiye'de CO₂ emisyonlarını azaltmak için farklı politika önlemlerinin ekonomik maliyetlerini araştırmaktadır. Çalışmada, özellikle 2000-2005 döneminde, enerji sektörü, ekonomik büyüme ve CO₂ emisyonları arasındaki ilişki çeşitli çevresel senaryolarla incelenmekte ve gelecek dönemler için GSYİH büyümesi ve yenilenebilir elektrik teknolojisinin yayılımı üzerine çeşitli emisyon indirimi senaryoları geliştirilmektedir. Ampirik bulgular sonucu, yenilenebilir elektrik teknolojisinin kullanılmasının teknik öğrenmeyi hızlandıracağı ve daha yüksek ödemeye gönüllü koşullar yaratacağı öngörülmektedir. Sonuç olarak, emisyon azaltımının ekonomik büyümeyi önemli derecede etkilediği ve teknolojik değişiklikleri ve enerji arzını teşvik ettiği savunulmaktadır (Kumbaroğlu, Karali ve Arıkan, 2008, ss. 2694-2708).

Lise ve Van Montfort (2005) Türkiye'de 1970-2003 döneminde, yıllık veriler kullanarak, enerji tüketimi ile GSYİH arasındaki ilişkiyi eş-bütünleşme analizi ve Granger nedensellik testi yardımıyla açıklamaktadır. Yapılan analiz sonucunda, GSYİH'dan enerji tüketimine doğru bir nedensellik ilişkisi bulunduğu belirtilmektedir. Bu da sonuç olarak enerji tasarrufunun ekonomik büyümeye zarar vermeyeceğini göstermekte ve ekonomi büyüdüğü sürece enerji tüketiminin de büyüyeceği öngörülmektedir (Lise ve Van Montfort, 2005).

Say ve Yücel (2006) Türkiye'nin 1970-2002 yılları arasındaki enerji tüketimini incelediği çalışmalarında, çoklu regresyon analizi ve IPCC yöntemini uygulamaktadır. Gelişmekte olan ülkelerde, enerji tüketimini belirleyen en önemli

² ABC yaklaşımı, sayısal optimizasyon problemlerinin çözümü için geliştirilen bir yöntemdir. Bu analiz yöntemi, oldukça az kontrol parametresine sahip, sürü zekasına dayalı, sayısal ve ayrık problemlerin çözümü için kullanılabilen bir algoritmadır (<http://web.firat.edu.tr>).

iki faktör olan nüfus artışı ve ekonomik büyüme verileri ile toplam enerji tüketimi modellenmekte ve toplam enerji tüketimi ile toplam CO₂ emisyonu arasındaki ilişki incelenmektedir. Elde edilen ampirik bulgular sonucunda, ekonomik büyüme ve toplam enerji tüketimi ile toplam CO₂ emisyonları arasında, 1970-2002 döneminde pozitif yönlü güçlü bir ilişki olduğu tespit edilmektedir (Say ve Yücel, 2006, ss. 3870-3876).

Soytaş ve Sarı (2007) Türkiye’de 1960-2000 yılları arasında, ekonomik büyüme, CO₂ emisyonları ve enerji tüketimi arasındaki uzun dönemli ilişkiyi Granger nedensellik analizi kullanarak incelemektedir. Analiz sonuçlarına göre, karbon emisyonlarının enerji tüketimini öncülediği fakat bu ilişkinin tersinin mümkün olmadığı savunulmaktadır. Çalışmada, uzun dönemde, gelir ile emisyonlar arasında bir ilişkinin olmaması Türkiye’nin ekonomik büyümeden vazgeçmek zorunda olmadan karbon emisyonlarını azaltabileceği şeklinde ifade edilmektedir (Soytaş ve Sarı, 2007).

Telli, Voyvoda ve Yeldan (2008) Kyoto protokolünün amacı doğrultusunda Türkiye’nin uygulayabileceği çevre politikalarını araştırmakta ve bunların ekonomiye, özellikle sanayi sektörüne olası maliyetlerini, 2006-2020 dönemi için hesaplanabilir genel denge modeli ile incelemektedir. Çalışmada CO₂ emisyonunun sektörel etkileri üzerinde durulmakta ve sera gazı emisyonundan en fazla etkilenen sektörlerin demir-çelik, rafine petrol, çimento, elektrik, tarım sektörleri olduğu belirtilmektedir (Telli, Voyvoda ve Yeldan, 2008, ss. 321-340).

Tunç, Akbostancı ve Aşık (2005), Türkiye ekonomisinde üretim sonucunda oluşan sera gazlarından CO₂ miktarını tahmin etmek için 1996 yılı verilerini kullanarak bir girdi-çıkıtı modeli oluşturmaktadır. Bu yolla, CO₂ emisyonunun kaynakları ayrıştırılmakta ve sektörlerin toplam emisyon içindeki payları irdelenmektedir. Analiz sonucu, toplam CO₂ salınımının üçte birinden fazlasından imalat sanayinin sorumlu olduğu ve imalat sanayini enerji ve madencilik ile ulaştırma ve diğer hizmetler sektörlerinin izlediği sonucuna ulaşılmaktadır. CO₂ salınımında en düşük paya sahip sektörün ise tarım ve hayvancılık sektörü olduğu görülmektedir (Tunç, Akbostancı ve Aşık, 2005).

İncelenen çalışmaların amaçları, yöntemleri ve bulguları itibarı ile enerji tüketimi ve GSYİH arasındaki ilişkiyi tespit etmeyi amaçladıkları görülmektedir. Ayrıca CO₂ emisyonları ile nüfus, gelir, dış ticaret ve teknoloji arasındaki ilişkiler de incelenmektedir. Temelde bu çalışmalarda zaman serisi ve panel ekonometri kullanılmakla birlikte daha az oranda genel denge ve girdi-çıkıtı modelleri de kullanılmaktadır. Bulgular, Türkiye’de karbondioksit emisyonları ile enerji tüketimi ve GSYİH arasında pozitif yönlü bir ilişki olduğunu göstermektedir. Ayrıca emisyonların, teknolojik değişiklikleri etkilediği ve nüfus, dış ticaret ile de ilişki içinde olduğu görülmektedir.

Tablo 1
Ampirik Çalışmaların Ayrıld Edici Özellikleri

Kaynak	Yöntem	Zaman Dilimi	Amaç	Ülke Kapsamı	Analiz Sonucu
Arı ve Zeren (2011)	Panel Veri Ekonometrik Model	2000-2005	CO ₂ emisyonu ile ekonomik büyüme arasındaki ilişkiyi incelemek	Akdeniz Ülkeleri	CO ₂ emisyonu ile ekonomik büyüme arasında pozitif yönlü bir ilişki tespit edilmiştir.
Haltıoğlu (2008)	Zaman Serileri Analizi	1960-2005	CO ₂ emisyonu ile enerji tüketimi, gelir ve dış ticaret arasındaki ilişkiyi incelemek.	Türkiye	CO ₂ emisyonlarının enerji tüketimi, gelir ve dış ticaret tarafından belirlendiği tespit edilmiştir.
Karakaya ve Özçağ (2003)	Ayrıştırma Analizi Yöntemi	1973-1999	CO ₂ emisyonuna kaynaklık eden faktörleri araştırmak ve bu faktörlerin etkilerini incelemek.	Türkiye	CO ₂ emisyonlarının artış nedenlerinden en önemlilerinin büyüme etkisi ve nüfus etkisi olduğu tespit edilmiştir.
Kıran, Turanoğlu ve Özceylan (2011)	ABC (Artificial Bee Colony) Analizi	1980-2008	Türkiye'nin CO ₂ emisyonlarını sosyo-ekonomik koşullara ve göstergelere göre tahmin etmek.	Türkiye	CO ₂ emisyonları ile enerji tüketimi, nüfus, GSYİH ve motorlu taşıt sayıları arasında pozitif yönlü bir ilişki tespit edilmiştir.
Kumbaroğlu, Karaali ve Arıkan (2008)	Toplam Ekonomik Denge Modeli	2000-2005	CO ₂ emisyonları ile GSYİH ve yenilenebilir enerji teknolojisi arasındaki ilişkiyi tespit etmek.	Türkiye	Emisyonların ekonomik büyüme ve teknolojik değişiklikleri etkileyeceği tespit edilmiştir.
Lise ve Van Montfort (2005)	Eş-Bütünleşme Analizi	1970-2003	Enerji Tüketimi ile GSYİH arasındaki ilişkiyi tespit etmek	Türkiye	GSYİH'dan enerji tüketimine bir nedensellik ilişkisi olduğu saptanmıştır.
Say ve Yücel (2006)	Çoklu Regresyon Analizi ve IPCC	1970-2003	CO ₂ ile toplam enerji tüketimi arasındaki ilişkiyi tespit etmek.	Türkiye	CO ₂ ile toplam enerji tüketimi arasında güçlü bir ilişki saptanmıştır.
Soytaş ve Sarı (2007)	Granger Nedensellik Testi	1960-2000	Ekonomik Büyüme, CO ₂ emisyonları ve enerji tüketimi arasında uzun dönemli ilişkiyi tespit etmek.	Türkiye	Karbon emisyonlarının enerji tüketimini öncülemediği ve uzun dönemde gelir ile emisyonlar arasında ilişki olmadığı saptanmıştır.
Telli, Voyvoda ve Yeldan (2008)	Walrasgil Genel Denge Modeli	2006-2020	CO ₂ emisyonlarının sektörel etkilerini araştırmak.	Türkiye	Sera gazı emisyonundan en fazla etkilenen sektörler saptanmış ve emisyonları azaltıcı politikalar önerilmiştir.
Tunç, Akbostancı ve Aşık (2005)	Girdi-Çıktı Analizi	1996	Türkiye ekonomisinde üretim sonucunda oluşan CO ₂ miktarını tahmin etmek.	Türkiye	CO ₂ salınımının büyük bölümünden imalat sanayinin sorumlu olduğu tespit edilmiştir.

Bu çalışmada ise, “alternatif enerji kaynaklarının ikamesi yoluyla emisyon azaltımının mümkün olabileceği” argümanı girdi-çıkıtı analiz yöntemi kullanılarak test edilmektedir. Aynı zamanda enerji ikamesinin ekonomik etkileri de incelenmektedir. Böylece, sera gazı emisyonunda bir azalma gözleniyorsa bunun ekonomik açıdan ne pahasına olduğu tartışılabilir.

3. Ampirik Yöntem

3.1. Girdi-çıkıtı analizi-ileri ve geri bağ etkileri

Girdi-çıkıtı tablolarında, bir ülke ekonomisinin kendi içerisinde homojen ya da birbirine benzer mallar üreten temel sektörlerle bölünebilmesi ve bu sektörlerin birbirlerinden aldıkları ve birbirlerine verdikleri malların akımları ile nihai talebin karşılanmasına yönelik oluşan mal akımları yer almaktadır. Girdi-çıkıtı analizinin temelini, söz konusu sektörlerin birbirleriyle ve ekonomiyle olan ilişkilerinin matematiksel ifadesi oluşturmaktadır (Çondur ve Evlimoğlu, 2007, s. 32; İlhan, 2008, s. 34). Girdi-çıkıtı tablosunun satırlarından hareketle girdi-çıkıtı modelinin miktar sistemi oluşturulabilirken; tablonun sütunlarından hareketle de denge maliyet sistemi oluşturulabilmektedir. Miktar sisteminde, kapalı bir ekonomide, her sektörün arzı yurt içi üretime eşitken, toplam talebi de ara talep ile yurt içi nihai talebin toplamına eşittir. Denge maliyet sisteminde de, her sektörün üretim maliyetinin sektörün çıktı değerine eşit olması gerekmektedir.

Talep yönlü analizde temel girdi-çıkıtı modeli kullanılarak nihai talep değişimi karşısında denge üretim vektörünün elde edilişi denklem 1-4 arasında gösterilmektedir.

$$X = AX + Y \quad (1)$$

$$X - AX = Y \quad (2)$$

$$(I - A)X = Y \quad (3)$$

$$X = (I - A)^{-1}Y \quad (4)$$

veya

$$\Delta X = (I - A)^{-1} \Delta Y \quad (5)$$

X: Çıkıtı vektörü (üretim)

A: Girdi katsayıları matrisi (teknoloji matrisi)

Y: Talep vektörü

(I-A)⁻¹: Leontief ters matrisi

Δ: Değişim operatörü

Denklemden, girdi katsayıları matrisi (A), birim çıktı başına gerekli minimum ara girdi miktarlarını gösteren doğrudan girdi katsayılarından oluşmaktadır. Buna göre, denklem (4), temel girdi-çıkıtı modelinin genel çözümünü oluşturmakta, üretim teknolojisi (A) veri iken, dışsal olarak belirlenmiş bir nihai talep vektörüne/değişimine (Y) karşılık gelen çıktı (üretim) vektörünü/değişimini belirlemektedir (Aydoğuş, 1999, ss. 21-38).

Girdi-çıkıtı katsayıları kullanılarak sektör bazında hesaplanabilen önemli iki gösterge ileri ve geri bağ etkileridir. İleri bağ (denklem 6); bir sektörün çıktısının ekonominin diğer sektörleri açısından ne derecede önemli ve gerekli olduğunun bir göstergesi olarak, bu sektörün çıktısının doğrudan ara mal olarak kullanılan kısmının sektörün toplam çıktısına oranı olarak tanımlanmaktadır. Geri bağ ise (denklem 7); bir sektörün, diğer sektörlerin çıktılara olan talebinin büyüklüğünün bir göstergesi olarak bu sektörün diğer sektörlerden ve kendisinden direkt olarak aldığı ara girdilerin toplamının sektörünün çıktısına oranı olarak tanımlanır (Aydoğuş, 1999, s. 95).

$$FL_i = \frac{\sum_j x_{ij}}{x_i} \quad (6)$$

$$BL_i = \frac{\sum_j x_{ij}}{x_j} = \sum_i a_{ij} \quad (7)$$

3.2. Enerji kullanımı ve emisyon hesaplaması

Türkiye ekonomisinde enerji kullanımı çoğunlukla fosil yakıt tüketimi ile gerçekleşmekte ve bu yakıtlar da sera gazı emisyonlarının en önemli kaynağını oluşturmaktadır. Fosil yakıt tüketiminden sera gazı emisyonlarını tahmin etmek için Hükümetler Arası İklim Değişikliği Paneli (IPCC) ve Amerika Birleşik Devletleri (ABD) Çevresel Koruma Ajansı (EPA-USA)'nın rehberleri kullanılmaktadır. Buna göre, fosil yakıt tüketiminden sera gazı emisyonlarını tahmin etmek için 3 yaklaşım vardır: birinci yaklaşımda ortalama emisyon faktörleri (EF) kullanılmaktadır (varsayılan EF); ikinci yaklaşımda ülke özel EF'leri farklı yakıtlar için kullanılmakta ve üçüncü yaklaşımda farklı yanma ve etkinlik teknolojileri için değişen EF'ler kullanılmaktadır. Bu çalışmada birinci yaklaşım kullanılmaktadır. Birinci yaklaşım emisyon tahmin yöntemi her bir yakıt tipi için aşağıdaki basamakları gerektirmektedir:

1. Yakıt verisi ortak enerji birimine dönüştürülür. Bunun için ilk olarak yakıt verisi bin TEP'e (bin ton petrol eşdeğeri) çevrilmekte ve daha sonra bin TEP'i terajoule'e (TJ) çevirmek için net kalori değeri (NCV) kullanılmaktadır.

2. Varsayılan EF tanımlanır (yakıt tipine göre değişen ve her bir yakıt için varsayılan EF'ler kullanılmaktadır (kg/TJ)).

Fosil yakıt tüketiminden kaynaklanan sera gazı emisyonları aşağıdaki eşitlikle tahmin edilmektedir:

$$Emisyon_{GHG_i, F_i} = F_i \cdot T_{\text{tüketim}} \cdot NCV \cdot EF_{GHG_i, F_i} \quad (8)$$

GHG_i: Sera gazı emisyon tipi

F_i: Yakıt tipi

EF: Emisyon faktörü (Kg/TJ)

NCV: Net kalori değeri

Yukarıdaki eşitlikte, tüketim miktarı bin TEP olan yakıt verisini TJ'e çevirmek amacıyla söz konusu yakıtta ait NCV ile tüketim miktarı çarpılmakta ve daha sonra bu değer yine o yakıtta ait EF ile çarpılarak sera gazı emisyon hacmi hesaplanmaktadır (Bhutto, 2007, ss. 86-87). Sonuç olarak, denklem 5'de herhangi bir sektörde birim üretim için gerek duyulan kalori değerini vermek üzere kullanılacak alternatif enerji talebi değiştiğinde³ (ΔY), sektörel üretim değişimi denklem 5'de eşitliğin solunda bulunurken, ortaya çıkan yeni emisyon, ΔY'nin denklem 8'in sağ tarafında F_i'nin yerine konulmasıyla bulunmaktadır.

4. Ampirik analiz

Bu çalışmada koşulan senaryoların temel amacı, ulaştırma sektörü ve hanehalkı tarafından kullanılan ve en çok karbondioksit emisyonuna yol açan petrolün belli bir oranını daha az emisyon yayan alternatif enerji kaynakları ile ikame ederek emisyon etkilerini ortaya çıkarmaktır. Ulaştırma sektörü, özellikle bu sektörün tek başına toplam CO₂ emisyonlarının yaklaşık %16'sını salmasından dolayı seçilmiştir. Çevrim ve enerji üretiminin payı çıkarıldığında tüm sanayinin %20 civarında bir paya sahip olduğu, %23'nün ise geri kalan sektörlerden kaynaklandığı dikkate alındığında ulaştırma sektörünün CO₂ emisyonları içindeki payı yadsınamaz durumdadır.⁴ Benzer şekilde, hanehalkının konutlarda tükettiği enerjinin CO₂ salınımı toplam içinde yaklaşık %13'lük bir paya sahiptir ve bunun önemli ölçüde petrol türevi ısınma amaçlı kullanılan yakıtlardan kaynaklandığı bilinmektedir. Bu durumda, hanehalkının yol açtığı salımlara yönelik de bir politika önerisi geliştirebilmek adına bu senaryo koşulmaktadır. Tüm senaryolardaki petrol kullanımındaki azalış oranı sembolik ve hipotetiktir. Petrolün hem sanayi hem de hanehalkı tüketiminde bir başka enerji ile ikamesi teknoloji değişimi ve buna bağlı olarak finansman gerektirmekte ve ancak uzun dönemde olabilecek bir değişikliktir. Buna rağmen, senaryolardaki minimum

³ Vektör üzerinde istenilen sektörler için aynı anda yapılabilir bu değişim.

⁴ <http://www.tuik.gov.tr/PreHaberBultenleri.do?id=10829>.

ikame oranlarının iktisaden cazip sonuçlara yol açtığı durumda, enerji ikamesinin bir politika önerisi olarak geliştirilmesi mümkün olabilecektir. Geliştirilen senaryo analizlerinin ekonomik boyutunu incelemek için 1998 yılı girdi-çıkıtı tablosu kullanılmaktadır. Türkiye'de son yayınlanan resmi girdi-çıkıtı tablosu 2002 yılına aittir. Fakat bu tablo sektörel stok değişim verisinin olduğundan daha yüksek olduğu gerekçesiyle eleştirilmektedir. Böyle bir durumun varlığı tablonun teknoloji matrisinden ziyade nihai talep kısmında bir sorun olabileceği izlenimini yaratmaktadır. Öte yandan 1998 yılı girdi-çıkıtı tablosunda enerji sektörü 2002 yılı tablosuna göre daha ayrıştırılarak verilmektedir ve bu çalışmanın amacına daha iyi hizmet etmektedir. Bu durumda, 1998 ve 2002 yılları arasında teknoloji matrisinde sonuçları etkileyecek bir değişikliğin olmayacağı varsayımıyla çalışmada 1998 yılı tablosu kullanılmaktadır.

4.1. Senaryo 1-2-3

İlk 3 senaryo, ulaştırma sektöründe (havayolu, demiryolu, denizyolu ve karayolunu içermektedir) petrol kullanımının belli bir oranda sırasıyla doğalgaz, biyo-dizel, biyo-etanol ve elektrik ile ikame edildiği durumda ortaya çıkacak CO₂ emisyonlarını ve değişen enerji talebini temin edecek sektörel üretim değişikliklerini hesaplamayı hedeflemektedir. Her bir senaryo için, her bir ulaştırma alt sektöründe petrol tüketiminin %1 azaltıldığı öngörölmüş, ortaya çıkan enerji kalori açığı sırasıyla doğalgaz, biyo-dizel, biyo-etanol ve elektrik net kalori değerleri kullanılarak doğalgaz, biyo-dizel, biyo-etanol ve elektrik taleplerinin arttırılması ile bulunmuştur. Petrol tüketimindeki düşüşten kaynaklanan emisyon değeri emisyon faktörleri kullanılarak toplam emisyon hacminden düşölmüş, aynı zamanda sırasıyla doğalgaz, biyo-dizel, biyo-etanol ve elektrik tüketimindeki artış yine bu yakıtlara ait emisyon faktörleri kullanılarak toplam emisyonla eklenmiştir (Tablo 2).

Nihai olarak, ilk 2 senaryo için, petrol talebindeki % 4'lük azalma ve doğalgaz ve biyo-yakıtların kullanımında hesaplanan % artış girdi-çıkıtı tablosuna bir dışsal şok olarak etki etmiş ve bu talep değişikliklerini temin edebilecek ekonominin sektörel arz yapısı yeniden bulunmuştur. Senaryo 3'de sadece karayolu petrol talebindeki %1'lik azalma ve elektrik tüketiminde hesaplanan % artış girdi-çıkıtı tablosuna bir dışsal şok olarak etki etmiş ve yine bu talep değişikliklerini karşılayabilecek ekonominin sektörel arz yapısı yeniden bulunmuştur⁵.

⁵ Elektrikli oto çalıştırabilmek için gerekli güç = 400 volt x 16 amper = 6400 watt ve bunun sahip olduğu enerji 6400 joule olarak düşünölmüş ve bu doğrultuda petrol kullanımında %1'lik azalmanın yol açtığı kalori kaybı 6400 joule'e bölünerek elektriğin net kalori değeri hesaplanmıştır. Elektrik kullanımı CO₂ emisyonuna yol açmadığı için elektriğin emisyon faktörü "0" olarak alınmıştır.

Tablo 2
Ulaştırma Sektöründe Petrol Tüketim Miktarının Doğalgaz, Biyo-yakıtlar ve Elektrikle İkame Edilmesi

Sektörler	Yakıt Tipi	Enerji Kullanımı (Bin TEP) (A)	Net Kalori Değeri (TJ/1000 ton) (B)	Toplam Kalori (Tj) (A*B)	Emisyon Faktörü (Kg/Tj)	CO2 Emisyonu (Bin ton)	Petrol Talebinde %1 Düşüş Sonucu*				
							Petrol Toplam Kalori (Tj)	Kalori Açığı Kapatacak Doğalgaz Artışı (TEP)	Kalori Açığı Kapatacak Biyodizel Artışı (TEP)	Kalori Açığı Kapatacak Biyoetanol Artışı (TEP)	Kalori Açığı Kapatacak Elektrik Artışı (TEP)
Havayolu	Petrol	1106	42,3	46784	73300	3429,25	46315,96	9,75	17,33	17,07	
	Doğalgaz		48		56100						
	Biyodizel		27		70800						
	Biyoeanol		27,4		79600						
Denizyolu	Petrol	226	42,3	9559,8	73300	700,73	9464,20	1,99	3,54	3,49	
	Doğalgaz		48		56100						
	Biyodizel		27		70800						
	Biyoeanol		27,4		79600						
Demiryolu	Petrol	212	42,3	8967,6	73300	657,33	8877,92	1,87	3,32	3,27	
	Doğalgaz		48		56100						
	Biyodizel		27		70800						
	Biyoeanol		27,4		79600						
Karayolu	Petrol	9152	42,3	387130	73300	28376,60	83258,30	80,65	143,38	141,29	6399
	Doğalgaz	4	48,0	192	56100	10,77					
	Biyodizel		27,0		70800						
	Biyoeanol		27,4		79600						
	Elektrik		0,605								

*: Petrol toplam kalori değeri, 3. sütundaki petrol kullanım değerleri %1 azaltıldığında elde edilen değerim 4. sütundaki petrol net kalori değeri ile çarpılması sonucu elde edilmiştir. Petrol talebinde %1 düşüş sonucu kalori açığı kapatacak doğalgaz, biyo-dizel, biyo-etanol ve elektrik kullanımı artışları, petrol talebinin azaltımı sonucu ortaya çıkan kalori eksikliğinin sırasıyla 4. sütundaki doğalgaz, biyo-dizel, biyo-etanol ve elektrik net kalori değerlerine bölünmesi ile elde edilmiştir.

4.2. Senaryo 4-5

Senaryo 4 ve 5, hanehalkında petrol kullanımının belli bir oranının sırasıyla doğalgaz ve elektrik ile ikamesinin meydana getireceği çevresel ve ekonomik değişiklikleri ortaya koymayı amaçlamakta ve bu durumda ortaya çıkacak CO₂ emisyonlarını ve değişen enerji talebini karşılayabilecek sektörel üretim değişikliklerini hesaplamayı hedeflemektedir. Her bir senaryo için, hanehalkının petrol kullanımının %1 azaltıldığı öngörülmüş ve bunun sonucunda ortaya çıkan enerji kalori açığı, doğalgaz ve elektrik net kalori değerleri kullanılarak doğalgaz ve elektrik taleplerinin artırılması ile bulunmuştur. Petrol kullanımındaki bu azalma emisyon faktörleri kullanılarak toplam emisyon hacminden düşülmüş ve aynı zamanda doğalgaz ve elektrik tüketimindeki artış yine bu yakıtlara ait emisyon faktörleri kullanılarak toplam emisyonu eklenmiştir (Tablo 3).

Tablo 3
Hanehalkı Petrol Kullanımının Doğalgaz ve Elektrik ile İkamesi*

Yakıt Tipi	Hanehalkı Enerji Kullanımı (Bin TEP) (A)	Net Kalori Değeri (Tj/10)	Toplam Kalori (Tj) (A*B)	Emisyon Faktörü (Kg/Tj)	CO ₂ Emisyonu (Bin Ton)	Petrol Talebinde %1 Düşüş		
						Petrolün Toplam Kalori (Tj)	Kalori Açığını Kapatacak Doğalgaz Artışı (TEP)	Kalori Açığını Kapatacak Elektrik Artışı (TEP)
Petrol	1160,5	42,3	49087,6	73300	3598,12	48596,75	10,23	2200
Doğalgaz	1406,5	48	67512	56100	3787,42			
Elektrik	1603,1	0,223	357,7	0	0			

*: Petrol toplam kalori değeri, hanehalkı petrol kullanımı %1 azaltıldığında elde edilen değer petrol net kalori değeri ile çarpılması sonucu elde edilmiştir. Kalori açığını kapatacak doğalgaz ve elektrik artışları, petrol talebinin azalması sonucu ortaya çıkan kalori eksikliğinin sırasıyla doğalgaz ve elektrik net kalori değerlerine bölünmesi ile hesaplanmıştır.

Sonuçta, hanehalkı petrol tüketimindeki % 1'lik azalma ve doğalgaz ve elektrik⁶ kullanımında hesaplanan % artış girdi-çıktı tablosuna bir dışsal şok olarak etki etmiş ve bu talep değişikliklerini karşılayabilecek ekonominin sektörel arz yapısı yeniden bulunmuştur.

4.3. Bulgular-çevresel Analiz

4.3.1. Senaryo 1-2-3

Tablo 4'te ulaştırma sektöründe petrolün %1 oranında sırasıyla doğalgaz, biyo-dizel, biyo-etanol ve elektrik ile ikamesi sonucunda ortaya çıkan senaryo öncesi ve sonrası CO₂ emisyon miktarları gösterilmektedir. Petrolün %1 oranında

⁶ Hanehalkında elektriğin sağladığı güç = 220 volt x 10 amper = 2200 watt ve bunun sahip olduğu enerji 2200 joule olarak alınmış ve petrol kullanımında %1'lik azalmanın yol açtığı kalori kaybı 2200 joule'e bölünerek elektriğin net kalori değeri hesaplanmıştır. Elektrik kullanımı CO₂ emisyonuna yol açmadığı için elektrik emisyon faktörü "0" olarak alınmıştır.

doğal gaz ile ikamesine dayanan 1. senaryo öncesinde, havayolu, denizyolu, demiryolu ve karayolunda petrol kullanımı sonucu ortaya çıkan CO₂ emisyonlarının sırasıyla 3429.25, 700.73, 657.32 ve 28376.59 bin ton olduğu görülürken, her bir sektörde petrol talebinin % 1 azaltımı sonucu bu miktarların azalarak sırasıyla 3394.96, 693.72, 650.75 ve 28092.83 bin ton olduğu görülmektedir. Havayolu, denizyolu ve demiryolunda, baz alınan yılda, doğal gaz kullanımı olmadığından bu sektörlerin senaryo öncesi CO₂ emisyon miktarı '0' olurken, artırılan doğal gaz talebi sonucu senaryo sonrasında bu sektörlerdeki CO₂ emisyon miktarının sırasıyla 0.55, 0.11 ve 0.10 bin ton olduğu gözlenmektedir. Senaryo öncesi karayolunda doğal gaz kullanımı sonucu ortaya çıkan CO₂ emisyon miktarının 10.77 bin ton olduğu görülürken, senaryo sonrasında artırılan doğal gaz miktarının yaydığı emisyonun ise 4.52 bin ton olduğu gözlenmektedir.

Tablo 4
Enerji Kullanımı ve Emisyon Değerleri-Senaryo 1, 2 ve 3

	Senaryo Öncesi CO ₂ emisyonları (bin ton)			Senaryo Sonrası CO ₂ emisyonları (bin ton)				
	Petrol	Doğalgaz	Elektrik	Petrol	Doğalgaz	Biyo-dizel	Biyo-etanol	Elektrik
Havayolu	3429,25			3394,96	0,55	1,23	1,36	
Denizyolu	700,73			693,72	0,11	0,25	0,28	
Demiryolu	657,32			650,75	0,10	0,23	0,26	
Karayolu	28376,59	10,77		28092,83	4,52	10,15	11,25	0

Ulaştırma sektöründe petrolün biyo-yakıtlarla ikamesine dayanan 2. senaryo analiz sonuçlarına göre; eğer ikame biyo-dizel ile sağlanırsa ortaya çıkan CO₂ emisyon miktarlarının sırasıyla 1.23, 0.25, 0.23 ve 10.15 bin ton olduğu, ikamenin biyo-etanol ile yapıldığı durumda ise emisyon miktarlarının 1.36, 0.28, 0.26 ve 11.25 bin ton olduğu görülmektedir. Karayolunda petrol tüketiminin %1 oranında elektrikle ikame edildiği 3. senaryo analizinde, petrol kullanımı azaltımı sonucu ortaya çıkan emisyon miktarının 28092.83 bin ton olduğu gözlenmektedir. Petroldeki bu % azalışın elektrikle ikame edilmesi sonucunda, tüketim aşamasında elektriğin emisyon faktörünün '0' olması dolayısıyla, elektrik tüketimi sonrasında ortaya çıkan CO₂ emisyon miktarının da '0' olduğu görülmektedir.

4.3.2. Senaryo 4-5

Hanehalkı petrol tüketiminin %1 oranında doğal gaz veya elektrik ile ikame edildiği senaryo öncesi ve sonrası CO₂ emisyon miktarları Tablo 4'te gösterilmektedir. Hanehalkında petrol kullanımının doğalgaz ile ikamesine dayanan 4. senaryo öncesinde CO₂ emisyon miktarının 3598.12 bin ton olduğu

gözlenirken, petrol kullanımının % 1 azaltımı sonucunda ortaya çıkan emisyon miktarının ise 3562.14 bin ton olduğu görülmektedir. Senaryo öncesinde hanehalkında doğal gaz kullanımı sonucu ortaya çıkan emisyon miktarının 3787.42 bin ton olduğu görülmektedir. Petrol tüketiminin % 1 lik kısmının doğalgaz ile ikamesi sonucu doğal gaz kullanımında ortaya çıkan CO₂ emisyonun ise 0.57 bin ton olduğu gözlenmektedir.

Hanehalkı petrol kullanımının elektrik ile ikame edildiği 5. senaryo analizi sonucunda, petrol kullanımı sonucu ortaya çıkan CO₂ emisyon miktarının 4. senaryo sonuçları ile aynı olduğu görülmektedir. Azaltılan miktarın elektrikle ikamesi sonucu ise, tüketim aşamasında elektriğin emisyon faktörü '0' olduğu için, ortaya çıkan CO₂ emisyon miktarının '0' olduğu gözlenmektedir.

Tablo 5
Enerji Kullanımı ve Emisyon Değerleri-Senaryo 4 ve 5

	Senaryo Öncesi CO ₂ emisyonları (bin ton)			Senaryo Sonrası CO ₂ emisyonları (bin ton)		
	Petrol	Doğalgaz	Elektrik	Petrol	Doğalgaz	Elektrik
Hanehalkı Enerji Kullanımı	3598,12	3787,42		3562,14	0,57	0

4.4. Bulgular-ekonomik analiz

4.4.1. Senaryo 1-2-3

Ulaştırma sektöründe petrol kullanımının %1 oranında doğal gaz, biyo-dizel ve biyo-etanol ile ikamesi ve karayolunda petrol kullanımının aynı oranda elektrik ile ikamesi sonucunda sektör arzlarının parasal değerindeki değişim ile bu sektörlerde bir birim üretimin parasal değeri için gerekli olan ithalat, işgücü ve sermayenin parasal değerleri Tablo 6'da gösterilmektedir. Senaryo 1 ve 2 sonucunda en fazla pozitif arz etkisi 11 numaralı sektör olan doğal gaz çıkarımı sektöründe görülürken ayrıca 1. Senaryoda pozitif arz etkisi en fazla olan sektörlerden birinin 12. sektör olan gaz üretimi ve dağıtımı sektörü olduğu görülmektedir. Yine ilk 2 senaryo için en fazla negatif arz etkisinin olduğu sektörlerin ise 1 ve 2. sektörler olduğu yani ham petrol çıkarımı ve kok fırını ve rafine edilmiş petrol ürünleri imalatı sektörleri olduğu görülürken, en küçük pozitif ve negatif arz etkilerinin ise tarım ve hayvancılıkla ilgili hizmetler, ana kimyasal maddeler sentetik kauçuk ve plastik hammadde imalatı ve temizlik, kozmetik b.ys. kim. ürünler ve suni sentetik elyaf imalatı sektörleri olduğu görülmektedir. Üçüncü senaryoda ise negatif arz etkisinin en fazla olduğu sektörler yine 1 ve 2. sektörler iken, en fazla pozitif arz etkisinin olduğu sektörlerin de 5 ve 11. sektörler olduğu yani elektrik üretimi iletimi ve dağıtımı ile

Tablo 6
Sektörel Çıktı Etkileri-Senaryo 1, 2 ve 3

No	Sektör Adı	Senaryo 2 (Biyo-dizel)			Senaryo 2 (Biyo-etanol)			Senaryo 3			İthalat Gerekşinimi	Sermaye Gerekşinimi	İşgücü Gerekşinimi	İleri bağ Etkileri	Geri bağ Etkileri
		Senaryo 1	Arzdaki Değişim (X1-X0)	Arzdaki Değişim (X1-X0)	Senaryo 2 (Biyo-dizel)	Senaryo 2 (Biyo-etanol)	Senaryo 3								
1	Ham petrol çıkarımı	-24,231,654	-26,005,509	-26,005,514	-15,248,356					0.8867	0.0089	0.0041	1.0522	0.0211	
2	Kok firmı ve rafine edilmiş petrol ürünleri imalatı	-18,276,333	-18,309,855	-18,309,882	-11,107,227					0.1169	0.0146	0.0127	0.8255	0.2891	
3	Denizyolu taşımacılığı	-203,349	-222,235	-222,237	1,846,792					0.2595	0.0879	0.1166	0.5237	0.3551	
4	Demir-çelik ana sanayii	-161,714	-164,278	-164,280						0.3214	0.0344	0.0538	0.9013	0.5058	
5	Elektrik üretimi, iletimi ve dağıtımı	-142,880	-155,522	-155,526	128,797,628					0.0178	0.0633	0.0928	0.7408	0.3614	
6	Mali aracı kuruluşlar ve bunlara yardımcı faaliyetler	-126,626	-186,402	-186,433	3,939,553					0.0453	0.1114	0.1612	0.5638	0.3268	
7	Kağıt ve kağıt ürünleri imalan	-71,216	-81,190	-81,192						0.2962	0.0340	0.0730	0.9038	0.4244	
8	Temizlik, kozmetik, b.y.s. kim.ürünler ve suni ve sentetik elyaf imal.	-64,981	-66,335	-66,336						0.4386	0.0198	0.0464	0.4709	0.3781	
9	Ana kimyasal maddeler, sentetik kauçuk ve plastik hammadde imal.	-56,880								0.6563	0.0306	0.0355	0.6728	0.2462	
10	Topkan ticaret ve tic. komisyonculuğu (motorlu taşıtlar hariç)	-55,847	-78,745	-78,750						0.0000	0.0197	0.0740	0.2759	0.2080	
11	Doğalgaz çıkarımı	22,663,542	21,988,367	21,988,365	26,083,476					0.8867	0.0089	0.0041	0.9976	0.0211	
12	Gaz üretimi ve dağıtımı	4,152,286								0.0007	0.0028	0.1037	0.5593	0.6533	
13	Karayolu taşımacılığı ve boru hatlarıyla taşımacılık	28,223	-118,349	-118,361	1,603,226					0.0619	0.0233	0.0559	0.2794	0.3057	
14	Tahıl ve b.y.s. diğer bitkisel ürünlerin yetiştirilmesi		31,886	31,351						0.1110	0.0207	0.0838	0.6189	0.3201	
15	Tarım ve hayvancılıkla ilgili hizmetler (veterinerlik hariç)		44	28						0.0000	0.0389	0.0075	0.7313	0.5798	
16	Kimyasal gübre ve azotlu bileşiklerin imal.		8							0.4165	0.0274	0.0630	0.9550	0.4711	
17	Maden kömürü ve linyit çıkarımı				12,857,490					0.3187	0.0393	0.3061	0.7972	0.2333	
18	Metal yapı malzemeleri, tank, sarnıç ve buhar kazanı imal.				1,834,915					0.1023	0.0135	0.0656	0.6581	0.5673	
19	B.y.s. elektrikli makine ve cihazların imal.				1,741,341					0.3738	0.0233	0.0787	0.2021	0.3970	
20	Diğer iş faaliyetleri				1,267,827					0.0019	0.0284	0.1106	0.5688	0.3534	
21	Çimento, kireç ve alçı imalatı; bunlarla sert.maddelerin imalatı				1,295,796					0.0088	0.0750	0.0834	0.9965	0.4564	

doğalgaz çıkarımı sektörlerinin olduğu görülmektedir. Anılan sektörler baktığımızda genelde en çok etkilenen 1 ve 2. sektörler ithal girdiye en fazla bağlı sektörler arasındayken, işgücü ve sermaye gereksinimlerinin görece olarak daha az olduğu gözlenmektedir. İleri ve geri bağ etkilerine baktığımızda ise pozitif arz değişiminin en fazla görüldüğü 1 ve 2 numaralı sektörlerin ileri bağ etkilerinin geri bağ etkilerine göre çok yüksek olduğu görülmektedir.

4.4.2. Senaryo 4-5

Hanehalkında petrol kullanımının belli bir oranının doğalgaz veya elektrik ile ikamesi sonucunda sektör arzlarının parasal değerindeki değişim ile bu sektörlerde bir birim üretimin parasal değeri için gerekli olan ithalat, işgücü ve sermayenin parasal değerleri Tablo 7’de gösterilmektedir. Dördüncü senaryo sonucunda en fazla pozitif arz etkisi olan sektörlerin 11 ve 12. sektörler olduğu gözlenirken, en fazla negatif arz etkisi olan sektörlerin ise 1 ve 2 numaralı sektörler olduğu gözlenmektedir. Söz konusu sektörler baktığımızda 11. sektörün ithalat girdi gereksinimi yoğun olduğu görülürken 12. sektörün ise işgücü gereksinimi yoğun bir sektör olduğu görülmektedir. 1 ve 2 numaralı sektörlerin ise ithal girdiye en fazla bağlı sektörler olduğu gözlenmektedir. 5. senaryo sonucunda ise en fazla pozitif arz etkisi olan sektörlerin 5, 9, 11 ve 17. sektörler olduğu gözlenirken, en fazla negatif etkinin ise 1. sektör üzerinde olduğu görülmektedir. Bu sektörlerin girdi gereksinimleri değerlendirildiğinde ise 11 ve 17. sektörlerin ithal girdi gereksiniminin diğer girdilere göre daha yoğun olduğu görülürken 5 ve 9. sektörlerin ise işgücü gereksinimlerinin daha yoğun olduğu gözlenmektedir. İleri ve geri bağ etkilerini değerlendirdiğimizde ise, 4. senaryo pozitif arz değişiminin en fazla olduğu 11. sektörün ileri bağ etkisinin geri bağ etkisine göre oldukça yüksek olduğu görülürken, 12. sektörün ise geri bağ etkisinin ileri bağ etkisinden daha yüksek olduğu görülmektedir. En fazla negatif arz etkisi olan 1 ve 2. sektörlerin ise ileri bağ etkisinin oldukça yüksek olduğu gözlenmektedir. Beşinci senaryoda ise pozitif ve negatif arz etkisi en fazla olan sektörlerin hepsinde ileri bağ etkilerinin geri bağ etkilerine göre daha yüksek olduğu görülmektedir.

4.1. Değerlendirme

Tüm senaryoların çevresel analiz sonuçları Tablo 8’de gösterilmektedir. Petrolün belli bir oranının doğalgaz veya biyoyakıtlar ile ikamesine dayanan ve 4 ulaştırma sektörünün de analize dahil edildiği 1 ve 2. senaryo sonuçlarına bakıldığında, 4 ulaştırma sektörü içinde, ikame edilen yakıtlar arasında çevreye en az zarar veren yakıtın doğal gaz olduğu görülmektedir. Doğalgazdan sonra CO₂ emisyonu en düşük olan yakıtların ise sırasıyla biyo-dizel ve biyo-etanol olduğu

Tablo 7
Sektörel Çıktı Etkileri Senaryo 4-5

No	Sektör Adı	Senaryo 4	Senaryo 5	İthalat Gereksinimi	Sermaye Gereksinimi	İşgücü Gereksinimi	İleri bağ Etkileri	Geri Bağ Etkileri
		Arzdaki Değişim (X1-X0)						
1	Ham petrol çıkarımı	-23,026,733	-19,540,146	0.8867	0.0089	0.0041	1.0522	0.0211
2	Kök firmı ve rafine edilmiş petrol ürünleri imalatı	-1,121,911	521,026	0.1169	0.0146	0.0127	0.8255	0.2891
3	Denizyolu taşımacılığı	-11,024	722,281	0.2595	0.0879	0.1166	0.5237	0.3551
4	Demir-çelik ana sanayii	-9,741		0.3214	0.0344	0.0538	0.9013	0.5058
5	Elektrik üretimi, iletimi ve dağıtımı	-7,782	46,571,642	0.0178	0.0633	0.0928	0.7408	0.3614
6	Temizlik, kozmetik, b.y.s.	-3,887		0.4386	0.0198	0.0464	0.4709	0.3781
7	kim.ürünler ve suni ve sentetik elyaf imalatı	-3,590		0.2962	0.0340	0.0730	0.9038	0.4244
8	Kağıt ve kağıt ürünleri imalatı	-3,377		0.6563	0.0306	0.0355	0.6728	0.2462
9	Ana kimyasal maddeler, sentetik kauçuk ve plastik hammaddeler imalatı	-2,941	1,469,996	0.0453	0.1114	0.1612	0.5638	0.3268
10	Mali aracı kuruluşlar ve bunlara yardımcı faaliyetler	-2,402		0.0044	0.0252	0.0803	0.5273	0.2226
11	Motorlu taşıtların satışı, bakımı ve onarımı; yakıtının perakende satışı	23,122,181	24,449,503	0.8867	0.0089	0.0041	0.9976	0.0211
12	Doğalgaz çıkarımı	581,083		0.0007	0.0028	0.1037	0.5593	0.6533
13	Karayolu taşımacılığı ve boru hanesi taşımacılık	13,289	608,740	0.0619	0.0233	0.0559	0.2794	0.3057
14	Diğer iş faaliyetleri	1,106		0.0019	0.0284	0.1106	0.5688	0.3534
15	Posta ve telekomünikasyon	604		0.0315	0.0635	0.2379	0.6474	0.1312
16	Araştırma ve geliştirme hizmetleri	317		0.0000	0.0315	0.0907	0.6244	0.5153
17	Maden kömürü ve linyit çıkarımı	266	4,654,760	0.3187	0.0393	0.3061	0.7972	0.2333
18	Kakao, çikolata, şekerleme, makarna ve b.y.s. ürünlerin imalatı	192		0.0670	0.0250	0.0990	0.4210	0.6161
19	Meyve, sert kabuklular, içecek ve baharat bitkilerinin yetiştirilmesi	191		0.0275	0.0293	0.0298	0.2431	0.1065
20	Motorlu kara taşıtı, römork ve yarı-römork imalatı	184		0.4267	0.0300	0.0499	0.1848	0.3465
21	Metal yapı malzemeleri, tank, sarnıç ve buhar kazanı imalatı		670,438	0.1023	0.0135	0.0656	0.6581	0.5673
22	B.y.s. elektrikli makine ve cihazların imalatı		630,816	0.3738	0.0233	0.0787	0.2021	0.3970
23	Çimento, kireç ve alçı imalatı; bunlarla sert.maddelerin imalatı		469,073	0.0088	0.0750	0.0834	0.9965	0.4564

gözlenmektedir. Hanehalkında petrol kullanımının belli bir oranının doğalgaz ile ikame edildiği 4. senaryo sonucunda da senaryo sonrası açığa çıkan CO₂ emisyon miktarının oldukça düşük olduğu görülmektedir. Karayolu sektörü ve hanehalkında petrolün belli bir oranının elektrikle ikame edildiği 3 ve 5. senaryo sonrasında ise, elektrik kullanımı sonucunda ortaya çıkan CO₂ emisyonlarının '0' olduğu görülmekte ve buradan enerji kaynakları arasında tüketim aşamasında çevreye en az zarar veren kaynağın elektrik olduğu anlaşılmaktadır⁷.

1, 2 ve 4. senaryo sonuçlarının ekonomik etkileri incelendiğinde, burada kullanılan kaynaklar arasında en az çevresel zarara yol açan doğalgaz kullanımının, ulaştırma sektörü ve hanehalkında en çok etkilediği sektörlerin, ham petrol çıkarımı, doğalgaz çıkarımı, kok fırını ve rafine edilmiş petrol ürünleri imalatı ve gaz üretimi ve dağıtım sektörleri olduğu görülmektedir. Bu sektörlerin girdi gereksinimleri değerlendirildiğinde ise ithalat gereksiniminin diğer girdilere göre daha yoğun olduğu görülmektedir. Bundan dolayı bu sektörlerin arzındaki artışların ithalat gereksinimini arttıracığı, azalışların ise ithalat gereksinimini azaltacağı söylenebilir.

Sonuç olarak, senaryo analizlerine dahil edilen kaynaklar arasında elektrik kullanımı tercih edildiğinde çevresel kazanımın en yüksek düzeyde olacağı görülmektedir. Bu bağlamda bu tespitin ekonomik etkilerini değerlendirecek olursak, karayolunda petrol kullanımının belli bir oranının elektrikle ikamesine dayanan 3. senaryo analiz sonuçlarına bakıldığında, elektrik ikamesi sonucunda en çok etkilenen sektörlerin sırasıyla; elektrik üretimi, iletimi ve dağıtım, doğalgaz çıkarımı, ham petrol çıkarımı, maden kömürü ve linyit çıkarımı, kok fırını ve rafine edilmiş petrol ürünleri imalatı, mali aracı kuruluşlar ve bunlara yardımcı faaliyetler ve denizyolu taşımacılığı sektörleri olduğu görülmektedir (Tablo 9). Hanehalkında petrolün elektrikle ikamesine dayanan 5. senaryo analiz sonuçlarında da, elektrik ikamesi sonucunda en çok etkilenen sektörlerin 3. senaryo sonuçları ile benzerlik taşıdığı görülmektedir. Burada ilk 2 sektör aynı olmak koşuluyla sırasıyla, ham petrol çıkarımı, maden kömürü ve linyit çıkarımı, mali aracı kuruluşlar ve bunlara yardımcı faaliyetler ve denizyolu taşımacılığı sektörlerinin izlediği gözlenmektedir. Bu sektörlerin girdi gereksinimlerine bakıldığında genellikle çoğunun ithalat gereksinimi yoğun sektörler olduğu görülürken az bir kısmının da işgücü gereksinimi yoğun sektörler olduğu görülmektedir. Dolayısıyla buradan bu sektörlerin arzındaki artış veya azalışların çoğunlukla ithalat gereksinimini arttıracığı veya azaltacağı anlaşılmaktadır.

⁷ Özellikle elektrik enerjisinin ikame edildiği 3 ve 5. senaryo bulguları dikkatle yorumlanmalıdır. Bu senaryolar üretim aşamasında salınan emisyonlar üzerine yoğunlaşmamaktadır. Senaryo analizlerinden "elektrik enerjisi en temiz enerji" olarak yorumlanmamalı, üretim aşaması emisyonları da akıllarda bulundurulmalıdır. Benzer şekilde sonuçlardan "o zaman elektrik enerjisini nükleer ya da hidroelektrik santrallerle mi üretelim" yorumu da çıkarılmamalıdır. Çünkü, her iki üretim türünün de farklı çevre sorunlarına yol açtığı bilinmektedir.

Tablo 8
Senaryoların Sera Gazı Salımını Açısından Mukayesesi

	Senaryo Öncesi CO ₂ emisyonları (bin ton)				Senaryo Sonrası CO ₂ emisyonları (bin ton)					
	Petrol	Doğalgaz	Biyo-dizel	Biyo-etanol	Elektrik	Petrol	Doğalgaz	Biyo-dizel	Biyo-etanol	Elektrik
Havayolu	3429,25					3394,96	0,55	1,23	1,36	
Denizyolu	700,73					693,72	0,11	0,25	0,28	
Demiryolu	657,32					650,75	0,10	0,23	0,26	
Karayolu	28376,59	10,77				28092,83	4,52	10,15	11,25	0
Hanehalkı Enerji Kullanımı	3598,12	3787,42				3562,14	0,57			0

Tablo 9
Senaryoların Sektörel Çıktı Açısından Mukayesesi

No	Sektör Adı	Senaryo 1	Senaryo 2	Senaryo 3	Senaryo 4	Senaryo 5	İthalat Gereksinimi	Sermaye Gereksinimi	İşgücü Gereksinimi	
		Biyodizel	Biyotanol	Arzdaki Değişim (X1-X0)						
1	Ham petrol çıkarımı	-24.231.654	-26.005.509	-26.005.514	-15.248.356	-23.026.733	-19.540.146	0,8867	0,0089	0,0041
2	Kök firmı ve rafine edilmiş petrol ürünleri imalatı	-18.276.333	-18.309.855	-18.309.882	-11.107.227	-1.121.911	521.026	0,1169	0,0127	0,1166
3	Denizyolu taşımacılığı	-203.349	-222.235	-222.237	1.846.792	-11.024	722.281	0,2595	0,0879	0,1166
4	Demir-çelik ana sanayi	-161.714	-164.278	-164.280	-9.741		0,3214	0,0344	0,0538	0,0328
5	Elektrik üretimi, iletimi ve dağıtımı	-142.880	-155.522	-155.526	128.797.628	-7.782	46.571.642	0,0178	0,0633	0,0928
6	Mali aracı kuruluşlar ve bunlara yardımcı faaliyetler	-126.626	-186.402	-186.433	3.939.553	-2.941	1.469.996	0,0453	0,1114	0,1612
7	Kağıt ve kağıt ürünleri imalatı	-71.216	-81.190	-81.192		-3.590	0,2962	0,0340	0,0730	0,0730
8	Temizlik, kozmetik, b.y.s. Kim. ürünler ve suni ve sentetik elyaf imalatı	-64.981	-66.335	-66.336		-3.887	0,4386	0,0198	0,0464	0,0464
9	Ana kimyasal maddeler, sentetik kauçuk ve plastik hanvna madde imalatı	-56.880				-3.377	0,6563	0,0306	0,0355	0,0355
10	Toplan ticaret ve tic.komisyonculuğu (motorlu taşıtlar hariç)	-55.847	-78.745	-78.750			0,0000	0,0197	0,0740	0,0740
11	Doğalgaz çıkarım	22.663.542	21.988.367	21.988.365	26.083.476	23.122.181	24.449.503	0,8867	0,0089	0,0041
12	Gaz üretimi ve dağıtım	4.152.286				581.083		0,0007	0,0028	0,1037
13	Karayolu taşımacılığı ve boru hattıyla taşımacılık	28.223	-118.349	-118.361	1.603.226	13.289	608.740	0,0233	0,0233	0,0559
14	Tahıl ve b.y.s. diğer bitkisel ürünlerin yetiştirilmesi		31.886	31.351				0,1110	0,0207	0,0838
15	T arım ve hayvancılıkla ilgili hizmetler (veterinerlik hariç)		44	28				0,0000	0,0389	0,0075
16	Kimyasal gübre ve azotlu bileşiklerin imalatı		8					0,4165	0,0274	0,0630
17	Maden kömürü ve linyit çıkarımı				12.857.490	266	4.654.760	0,3187	0,0393	0,3061
18	Metal yapı malzemeleri, tank, sarnıç ve buhar kazanı imalatı				1.834.915		670.438	0,1023	0,0135	0,0656
19	B.y.s. elektrikli makine ve cihazların imalatı				1.741.341		630.816	0,3738	0,0233	0,0787
20	Diğer iş faaliyetleri				1.267.827	1.106		0,0019	0,0284	0,1106
21	Motorlu taşıtların satışı, bakım ve onarım; yakıtınun perakende satışı					-2.402		0,0044	0,0252	0,0803
22	Posta ve telekomünikasyon					604		0,0315	0,0635	0,2379
23	Araştırma ve geliştirme hizmetleri					317		0,0000	0,0315	0,0907
24	Kakao, çikolata, şekerleme, makama ve b.y.s. ürünlerin imalatı					192		0,0670	0,0250	0,0990
25	Meyve, sert kabuklular, içecek ve baharat bitkilerinin yetiştirilmesi					191		0,0275	0,0293	0,0298
26	Motorlu kara taşıtı, römork ve yan-römork imalatı					184		0,4267	0,0300	0,0499
27	Çimento, kireç ve alçı imalatı; bunlarla sertmaddelerin imalatı				1.295.796		469.073	0,0088	0,0750	0,0834

5. Sonuç

Bu çalışmada sera gazı emisyonlarının azaltımına yönelik geliştirilen senaryo analizleri ve bunların çevresel ve ekonomik etkileri incelenmeye çalışılmıştır. Sera gazlarının en zararlısı olan karbondioksit gazının yol açtığı salımların en önemli nedenini enerji kaynaklarının kullanımı oluşturmaktadır. Türkiye enerji ihtiyacının büyük bir kısmını fosil yakıtlardan sağlamaktadır. Karbondioksit emisyonlarının asıl kaynağını oluşturan fosil yakıtların çevreye en zararlılarının başında petrol ve kömür kullanımı gelmektedir.

Çalışmada, ulaştırma sektörü ve hanehalkı enerji kullanımı sonucunda ortaya çıkan karbondioksit emisyonunun alternatif enerji kullanımı yoluyla nasıl değişeceği senaryo analizleri ile incelenmiştir. Farklı enerji türlerinin birim kalori eşdeğerleri kullanılarak enerji alternatifleri ve miktarları belirlenmektedir. Analizler girdi-çıkı matrisi kullanarak ve 5 alternatif senaryo çerçevesinde gerçekleştirilmektedir. Senaryo sonuçları hem çevresel hem de ekonomik etkileri açısından değerlendirilmektedir. Ulaştırma sektöründe ve hanehalkında karbondioksit emisyonuna neden olan yakıtların talebi azaltılarak bunun yaratacağı kalori eksikliği daha az emisyon yayan yakıtların talebindeki artışla telafi edilmeye çalışılmıştır. İlk 2 senaryoda, ulaştırma sektöründe petrol kullanımının belli bir oranı sırasıyla doğalgaz ve biyo-yakıtlar ile, 3. senaryoda ise sadece karayolunda petrol kullanımının belli bir oranı elektrik ile ikame edilmiştir. Bu senaryoların çevresel analiz sonuçlarında, ikame edilen yakıtlar arasında tüketim aşamasında çevreye en az zarar veren yakıtın elektrik olduğu ve bunu izleyen kaynağın da doğal gaz olduğu görülmüştür. Hanehalkında petrol kullanımının belli bir oranının doğalgaz ve elektrik ile ikame edildiği 4 ve 5. senaryoların çevresel analiz sonuçlarında da yine tüketim aşamasında elektrik ikamesinin doğalgazdan daha az zararlı olduğu tespit edilmiştir. Senaryolar arasında özellikle petrolün belli bir oranının elektrikle ikamesine dayanan senaryolar dikkatli bir şekilde yorumlanmalıdır. Daha önce de belirtildiği gibi bu senaryolar (3 ve 5. senaryo) üretim aşamasında salınan emisyonlar üzerine yoğunlaşmamaktadır. Söz konusu senaryo analizlerinden elektrik enerjisinin en temiz enerji çeşidi olduğu sonucu anlaşılmalıdır ve üretim aşaması emisyonları da unutulmamalıdır. Bu çalışmada elektrik ikamesine dayalı senaryo sonuçlarında asıl vurgulanmak istenen elektrik enerjisinin tüketim aşamasında temiz bir enerji çeşidi olduğudur.

Senaryoların ekonomik etkileri sonucunda, karayolunda ve hanehalkında petrol kullanımının belli bir oranının elektrikle ikamesi sonucunda en çok etkilenen sektörlerin, elektrik üretimi, iletimi ve dağıtımı, doğalgaz çıkarımı, maden kömürü ve linyit çıkarımı, ham petrol çıkarımı, kok fırını ve rafine edilmiş petrol ürünleri imalatı, mali aracı kuruluşlar ve bunlara yardımcı faaliyetler ve

denizyolu taşımacılığı sektörleri olduğu tespit edilmiştir. Bu sektörlerde kullanılan girdi gereksinimleri incelendiğinde sektörlerin genellikle ithalat gereksinimlerinin sermaye ve işgücü gereksinimlerine oranla daha yüksek olduğu görülmüştür. İleri ve geri bağ etkilerine baktığımızda ise pozitif arz değişiminin en fazla görüldüğü ham petrol çıkarımı ve kok fırını ve rafine edilmiş petrol ürünleri imalatı sektörlerinin ileri bağ etkilerinin geri bağ etkilerine göre çok yüksek olduğu görülmektedir. Hanehalkı doğalgaz senaryosunda, pozitif arz değişiminin en fazla olduğu doğal gaz çıkarımı sektörünün ileri bağ etkisinin geri bağ etkisine göre oldukça yüksek olduğu görülürken, gaz üretimi ve dağıtım sektörünün ise geri bağ etkisinin ileri bağ etkisinden daha yüksek olduğu görülmektedir. En fazla negatif arz etkisi olan ham petrol çıkarımı ve kok fırını ve rafine edilmiş petrol ürünleri imalatı sektörlerinin ise ileri bağ etkisinin oldukça yüksek olduğu gözlenmektedir. Beşinci senaryoda ise pozitif ve negatif arz etkisi en fazla olan sektörlerin hepsinin de ileri bağ etkilerinin geri bağ etkilerine göre daha yüksek olduğu görülmektedir.

Sonuç olarak, ulaştırma sektörü ve hanehalkında en çok kullanılan ve aynı zamanda en çok karbondioksit emisyonuna neden olan enerji kaynağı petrolün elektrikle ikamesi sonucunda çevresel kazanımın maksimum düzeyde olduğu gözlenmiş fakat elektriğin sadece tüketim aşamasında temiz bir enerji çeşidi olabileceği ve ancak bu aşamada çevresel kazanımın en yüksek düzeyde olabileceği vurgulanmıştır. Ulaştırma sektöründe ve hanehalkı kullanımında petrolün elektrikle ikamesinin en çok etkilediği sektörlerin ithalat yoğun sektörler olduğu gözlenmektedir. Bu durumda, böyle bir ikamenin petrol ithalat harcamalarını azaltırken, ithalat yoğun sektörlerde diğer girdiler ithalatına yapılan harcamaları arttırması olasıdır.

Kaynaklar

- ARI, A. ve ZEREN, F. (2011), “CO₂ Emisyonu ve Ekonomik Büyüme: Panel Veri Analizi”, *Yönetim ve Ekonomi Dergisi*, No. 2, 37-47.
- AYDOĞUŞ, O. (1999), *Girdi-Çıktı Modellerine Giriş*, Gazi Kitabevi, Ankara.
- BHUTTO, N.A. (2007), “Building Environmental Input-Output Model For Turkey With Special Focus On Agri-Food Sectors”, basılmamış Doktora tezi, Hacettepe Üniversitesi, Ekonomi Bölümü, Ankara.
- ÇONDUR, F. ve EVLİMOĞLU, U. (2007), “Türkiye’de Madencilik Sektörünün Girdi-Çıktı Analizi Yöntemiyle İncelenmesi”, *Adnan Menderes Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, No. 17, 26-41.
- HALICIOĞLU, F. (2008), “An Econometric Study of CO₂ Emissions, Energy Consumption, Income and Foreign Trade in Turkey”, MPRA Papers.
- KARAKAYA, E. ve ÖZÇAĞ, M. (2003), “Türkiye Açısından Kyoto Protokolü’nün Değerlendirilmesi ve Ayrıştırma Yöntemi ile CO₂ Emisyonu Belirleyicilerinin Analizi”, *ODTÜ Ekonomi Konferansı VII*.
- KIRAN, M.S. TURANOĞLU, E. ve ÖZCEYLAN, E. (2011), “Artificial Bee Colony Approach To Estimate CO₂ Emission of Turkey”, *Proceedings of the 41st International Conference on Computers & Industrial Engineering*.
- KUMBAROĞLU, G. KARALI, N. and ARIKAN, Y. (2008), “CO₂, GDP and RET: An Aggregate Economic Equilibrium Analysis for Turkey”, *Energy Policy*, No. 36, 2694-2708.
- LISE, W. and VAN MONTFORT, K. (2005), “Energy Consumption And GDP in Turkey: Is There A cointegration Relationship?”, *ECN Policy of Studies*, Energy Research Centre of the Netherlands
- <http://www.ecn.nl/docs/library/report/2005/rx05191.pdf>.
- SAY, N.P. and YÜCEL, M. (2006), “Energy Consumption and CO₂ emissions in Turkey: Empirical Analysis and Future Projection Based on an Economic Growth”, *Energy Policy*, No. 34, 3870-3876.
- SOYTAŞ, U. and SARI, R. (2007), “Energy Consumption, Economic Growth and Carbon Emissions: Challenges Faced by an Candidate Member”, MARC Working Paper Series Working Paper No: 2007-02, 1-27.
- TELLİ, Ç. VOYVADA, E. and YELDAN, E. (2008), “Economics of Environmental Policy in Turkey: A General Equilibrium Investigation of the Economic Evaluation of Sectoral Emission Reduction Policies for Climate Change”, *Journal of Policy Modeling*, No. 30, 321-340.
- TUNÇ, G.İ. AKBOSTANCI, E. ve TÜRÜT-AŞIK, S. (2005), “CO₂ Üretim ve Dış Ticaret: Türkiye İçin Bir Girdi Çıktı Yaklaşımı”, <http://www.ekonometridernegi.org/bildiriler/o13s2.pdf>.
- <http://web.firat.edu.tr/feeb/kitap/C12/119.pdf>.
- <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/.../ch1wb1.pdf>.
- <http://www.ipcc.ch/meetings/session25/doc4a4b/vol2.pdf>.
- <http://www.tuik.gov.tr>.
- http://www.tuik.gov.tr/VeriBilgi.do?alt_id=58.

Extended summary

Emission and economic impacts of alternative energy use in transportation industry and household energy consumption

Abstract

Greenhouse gas emissions constitute the main source of global warming that yields in climate change. Regarding the issue, academic research in Turkey is quite limited when compared to international literature. In this study, the gas emission and economic effects of alternative energy use in transportation industry and household consumption is analyzed. Analyses are carried out by utilizing 1998 input-output table. Five scenarios are assumed to substitute used energy with alternative sources. In the first three scenarios, petroleum and its derivatives used in the transportation industry is assumed to be partially substituted by natural gas, bio-fuels and electric power. In the last two scenarios, household consumption of petroleum and its derivatives is partially substituted by natural gas and electric power. Findings provide the information that use of electricity in the consumption stage emits the least carbon dioxide, therefore electricity seems to be the cleanest energy during consumption, however gases emitted during electricity production should never be forgotten before reaching a final conclusion regarding the cleanness. In addition, industries that are mostly affected by electricity substitution are the ones which are more dependent on imported input use.

Keywords: Greenhouse gases, CO₂ emissions, Environmental input-output matrix, Transportation industry, Alternative energy use

1. Introduction

The rapid growth of emissions in Turkey is mostly based on energy production and use and in addition fossil fuels used in industrial production and transportation industries also contribute significantly to emissions. This study aims at finding the economic and emission effects of energy substitution in transportation industry and households. The 1998 input-output table of Turkey is used in analyses and petroleum as the main energy source is substituted with natural gas, electricity and bio-fuels in the simulations.

2. Literature

Most of the applied studies regarding the issue involved with finding the relationship between energy consumption and GDP growth; and in some cases the relationship between CO₂ emissions and population growth and international trade is also searched. Panel and time series econometrics are commonly used methodologies and in some studies input-output and computable general equilibrium models are also employed. Findings provide the information that there is positive relationship between GDP growth, energy consumption and emissions. This study searches whether energy substitution can be a partial solution to

decrease the emissions and what could be the economic cost of it in terms of inter-sectoral relations.

3. Methodology

Demand side input-output analyses and forward and backward linkage multipliers (equations 3 and 4) are used to derive the economic impacts. Basically, equation 1 is employed to find the new product pattern (X) to compensate for the rise in alternative energy demand (Y) ($(I-A)^{-1}$ is *Leontief inverse*). Then emissions are calculated by using equation 2 where F represents type of fuel, NCV is net calorific value and EF is emission factor.

$$X = (I - A)^{-1} Y \quad (1)$$

$$Emission_{GHG_i, F_i} = F_i Consumption * NCV * EF_{GHG_i, F_i} (I - A)^{-1} Y \quad (2)$$

$$FL_i = \frac{\sum_j x_{ij}}{x_i} \quad (3)$$

$$BL_i = \frac{\sum_j x_{ij}}{x_j} = \sum_i a_{ij} \quad (4)$$

4. Conclusion

In terms of environmental impacts electricity use both in transportation industry and households is observed to be the cleanest energy followed by natural gas. Bio-fuels are also relatively clean compared to petroleum however at this stage of Turkey's production potential it is not feasible to produce enough bio-fuel. In terms of economic impacts production of electricity, natural gas, all types of coal, petroleum, petroleum products and relevant service and transportation industries are observed to be the mostly affected industries. Another common finding is that all these industries are heavily dependent on imported input use. Most of the industries affected by the energy demand shocks have large forward linkages compared to size of backward linkages.