

TÜRK İMALAT SANAYİNDE SEKTÖRLER ARASI KİRLİLİK YOĞUNLUĞU VE ENERJİ TÜKETİMİNİN KİRLİLİK ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ

Yrd.Doç.Dr. Ebru Güven Solakoğlu
Fatih Üniversitesi
İ.İ.B.F. Ekonomi Bölümü
egsolakoglu@fatih.edu.tr

ÖZET

Bu çalışma Türk imalat sanayiinde sektör bazında enerji yoğunluğunun kirlilik yoğunluğuyla olan ilişkisini incelemektedir. İnceleme, hava, su ve toprağa atılan zehirli madde türlerini içeren bir kirlilik yoğunluğu endeksi oluşturmakla başlamış ve kirlenme davranışının kompozisyon ve ölçek etkilerine ayrıştırılmasıyla devam etmiştir. Enerjinin kirlenme davranışı üzerindeki etkisinin önemi vurgulanmış ve bu çerçevede 1995-2000 yılları arasında Türk imalat sanayiinde enerji yoğunluğunun kirlilik yoğunluğu üzerindeki etkileri ampirik bir çalışmayla tartışılmıştır.

Anahtar Kelimeler: *Türk İmalat Sanayi, kirlilik, enerji yoğunluğu*

ABSTRACT

This study investigates the relationship between energy intensity and pollution intensity for the sub-sectors of the Turkish manufacturing industry. First, an index for pollution intensity that includes pollutants in air, water and land is created. Second, the change in pollution is decomposed into composition and scale effects. After a discussion of the role and importance of energy intensity in affecting pollution levels, the relationship between energy intensity and pollution intensity is analyzed using information on the Turkish manufacturing industry between 1995 and 2000.

Keywords: *Turkish manufacturing sector, pollution, energy intensity*

GİRİŞ

1980'lerin ortalarından itibaren Türk imalat sanayii hızlı bir şekilde büyümeye başlamıştır. O yıllardan günümüze imalat sanayiinin büyüme hızı bazen ekonomik krizlerle birlikte düşüş bazen de ekonomik büyümeyle artışlar göstermiş olsa da uzun dönem içerisinde sanayide büyüme artmıştır.¹ İmalat sanayiinde üretim artışıyla birlikte fosil yakıtlarının tüketimi de artmış ve dolayısıyla kirlilik oranı artmıştır. Çevre ile ilgili anayasal düzenlemeler 1982 Anayasası ile başlamış, bunu 1983 yılında Çevre Kanunu, Kültür ve Tabiat Varlıklarını Koruma Kanunu, Boğaziçi Kanunu gibi düzenlemeler izlemiştir.² Bu dönem içerisinde hükümet kirlilik konusunda çeşitli önlemler de almıştır. 1986 yılında çıkarılan Hava Kalite Kontrol düzenlemeleri bunun bir örneğidir. Bu düzenleme ile (atık) yakma tesislerinin yanı sıra hem sanayii hem de sanayii dışı bölgelerde global emisyon sınırlamaları konulmuştur. Su kirliliği kontrol yönetmeliği (1988) ve katı atıkları kontrol etme yönetmeliği (1991) çevre kanununa dayalı çıkarılan yönetmeliklerden bazılarıdır.

1991 sonrası da Çevre Bakanlığı'nca çeşitli önlemler alınmaya devam edilmiştir. Örneğin, 1992 yılında Çevre Bakanlığı motorlu araçların emisyon testlerine tabi tutulmasına dair yönetmeliği yürürlüğe koymuş ve cezai yaptırıma gitmiştir. Bir çok önlem ve düzenlemeler bunu takip etmiştir. Fakat bilindiği gibi çevresel önlemler son derece maliyetlidir. Özellikle Türkiye örneğinde olduğu gibi imalat sanayiinin yüzde 99'u küçük ve orta ölçekli işletmelerden oluşuyorsa, çevre kirliliğini azaltmak için alman tedbirler üretimde rekabeti kısıtlayıcı rol oynayabilmektedir. Bir yandan bu tür işletmeler çevre dostu teknolojilerden haberdar olmayabildikleri gibi, diğer yandan haberdar olsalar dahi kontrol edecek insan gücü ve kaynak

¹ 1980-1981 yılları arasında dolar cinsinden %15 artış gösteren Türk imalat sanayii, 1982-1985 arasında önemli bir üretim artışı sağlayamamıştır. 1986 sonrasında ise 1993 yıllarına kadar üretim ortalama yüzde 14 artmıştır. Türk imalat sanayiinde üretim 1994 yılında büyük bir düşüş yaşamış, 1995 yılında tekrar artmış 1999 yılında yaklaşık yüzde beşlik bir düşüş yaşadktan sonra artmaya devam etmiştir. (INDSTAT, 2005) 1990 sonrası üretim davranışını Şekil 1 de görebilirsiniz.

² 1980'lerden günümüze çevre politikalarının ayrıntılı bir çalışması içi bakınız Görmez (2003).

kısıdı dolayısıyla düzenlemeler bürokratik prosedür olmak dışına çıkmayabilirler.³

Literatürde kirlilik unsuru genellikle üretim fonksiyonunda ek bir girdi olarak ifade edilir.⁴ Çevre yönetmelik ve kanunları kirlilik için arz tarafını teşkil ederken, pek çok faktör kirliliğe olan talep yönünü belirler. Bu faktörlerden en önemlileri enerji tüketimi, faktör yoğunluğu ve kullanımdaki etkinliği, sektörün büyüklüğü, teknoloji ve modern üretim tesisleri olarak sayılabilir. Sanayii ne kadar petrol, kömür gibi fosil atıkları tüketiyorsa, o kadar çok kirlenme talebinde bulunuyor demektir. Enerji tüketimini sabit varsayarsak, sermaye kullanımının yoğun olduğu sektörlerde kirlenmeye olan talebin daha yüksek, işgücü kullanımı yoğun sektörlerde ise bu talebin daha düşük olduğu görülebilir.⁵ Üretimin çok olduğu sektörlerde ise ölçek ekonomilerinden faydalanarak kirlilik düşüşü sağlanabilir. Tabii bu etki kaynakların etkin kullanılmasıyla doğrudan ilişkilidir.⁶

Literatürde bir çok çalışma imalat sanayiinde kirlen sektörlerin daha fazla enerji tüketen sektörler olduğunu göstermektedir (Miketa (2001), Mani ve Wheeler (1997)). Ekonomik büyüme enerji tüketimiyle doğrudan ilişkili olmakla birlikte, büyüme belli bir sınıra eriştikten sonra üretim enerji yoğun, dolayısıyla da daha çok kirlen, sektörlerden, daha az enerji yoğun, dolayısıyla daha az kirlen, sektörlerle kaymaktadır. Nitekim gelişmiş ülkeler bir yandan ağır sanayii gibi kirli sektörlerini geliştirmekte olan ülkelere kaydırırken, diğer yandan da teknolojik ilerlemeyle birlikte daha etkin enerji tüketen makineler, teçhizatlar üretmektedirler. Miketa (2001) çalışmasında gelişmiş ülkelerin daha düşük ve artış göstermeyen enerji yoğunluklarına

³ Türkiye’de sanayii ve sürdürülebilir kalkınma hakkında daha fazla bilgi için UNIDO (2001) raporuna bakınız.

⁴ Pargal ve Wheeler (1996) gibi biz de kirlilik emisyonlarını çevre hizmetinin bir kullanımı olarak düşünüyoruz.

⁵ Bu argüman iki yönlüdür. Sermaye yoğun sektörler ileri teknoloji kullandıklarından dolayı işgücü yoğun sektörlerle kıyasla daha etkin ve daha az enerji yoğun dolayısıyla daha temiz sektörler olabilirler. Diğer taraftan, bu tip sektörler karmaşık bir yapıya sahip olup işgücü yoğun sektörlerle göre çok daha yüksek miktarlarda kirliliğe yol açabilirler. (Mani ve Wheeler ,1997; Rock, 1996; Copeland ve Taylor, 2003)

⁶ Kirlilikle ilgili saydığımız arz ve talep faktörlerinin benzerlerinin ilişkileri ve denge durumuyla ilgili analitik çalışmalar literatürde mevcuttur. Bkz. Cole, Elliot ve Shinamoto (2005), Pargal ve Wheeler (1996).

sahip olduklarını saptamış ve diğer birçok çalışmanın içerisinde bir örnek teşkil etmiştir.

Enerji yoğunluğu bir ülkedeki ekonomik aktivitenin doğasını olduğu kadar, enerji kompozisyonunu ve enerji etkinliğini yansıtır. Örneğin, enerji fiyatlarının artmasıyla birlikte enerji koruma programlarının uygulanması enerji yoğunluğunun düşmesine neden olabilir.

Bu çalışma hızla büyüyen Türk imalat sanayiinin sektör bazında kirlilik yoğunluğuyla enerji yoğunluğunun nasıl bir ilişkisi olduğunu incelemektedir. Enerji tüketimi ile ilgili verileri bulmak o kadar zor olmasa da, sektörler bazında toplam atıkların (emisyon) verilerine ulaşmak mümkün olmamıştır. Hükümetin toplam emisyonlar için yeterli istatistik verileri olmadığından dolayı, devletten toplanan verilerle ayrıntılı değerlendirmeler yapmak oldukça zor olmuştur. Örneğin, Devlet İstatistik Enstitüsü (DİE) İmalat Sanayii Atık İstatistiklerinde sadece katı ve sıvı atık verileri sunmaktadır.⁷ Oysa, literatürde kirlilik ölçmek amacıyla yapılan çalışmalar genellikle hava, su ve toprağa atılan zehirli madde türlerinin miktarları kullanarak ölçülmektedir (Lucas, Wheeler ve Hettige, 1992; (Hettige, Martin, Singh ve Wheeler, 1995; Mani ve Wheeler, 1997).

Bu çalışmadaki amacımız Türk imalat sanayiinde sektör bazında enerji yoğunluğunun kirlilik yoğunluğuyla olan ilişkisini incelemek olduğuna göre, öncelikle sektörel kirliliği daha ayrıntılı hesaplayabilmek için belli varsayımlar altında bir veri seti oluşturmak durumunda kaldık. Kullandığımız yöntemle Türk imalat sanayii için uzun dönemli bir kirlilik yoğunluğu endeksi oluşturmak mümkün hale gelmektedir. Veri setimizi nasıl elde ettiğimizi ikinci bölümde ayrıntılı bir şekilde açıkladıktan sonra, üçüncü bölümde imalat sanayiinde kirletme davranışını kompozisyon ve ölçek etkilerine ayırdık. Böylece toplam kirliliğin üretim artışıyla doğru orantılı bir artış gösterip göstermediğini tartışmak mümkün oldu. Dördüncü bölümde ise Türk imalat sanayiinde sektör bazında üretim ve kirletme davranışı detaylı olarak incelenmektedir. Sektör bazında enerji yoğunluğunun kirlilik yoğunluğu üzerinde 1995-2000 yılları arasında Türk imalat sanayii için bir etkisi olup olmadığını ampirik bir çalışmayla beşinci bölümde incelenmektedir. Çalışmamızı altıncı bölümle sonlandırdık.

⁷ Bu verileri kullanarak Türkiye için yapılan bir kirlilik endeksi oluşturma çabasına Akbostancı, Tunç ve Türüt-Aşık (2004) çalışmasını örnek olarak verebiliriz. Fakat bu çalışmalar da tanımsal özelliklerin dışına çıkamamaktadır.

1. VERİ SETİ

Türk imalat sanayii üretim değerlerini bir sanayii istatistik veri tabanı olan INDSTAT3 (2005, UNIDO) kaynağından aldık. Bu veri tabanında imalat sanayii kolları üç haneye kadar ayrılmaktadır. Üretimde sektör düzeyindeki kirlilik yoğunluğunu hesaplamak için kullandığımız veriyi ise *Industrial Pollution Projection System (IPPS)* (Hettige, Martin, Singh and Wheeler, 1995) veri tabanından elde ettik. Bu veri tabanı 1987 fiyatlarıyla bir milyon dolarlık üretim içerisindeki kirlilik payı tahmin değerlerini vermektedir. IPPS veri tabanı 1987 fiyatlarıyla kirlilik payı tahmininde bulunduğu için bir anlamda bu çalışma Türkiye'nin 1987 yılında Amerika Birleşik Devletleri'nin kullandığı teknolojinin aynısını (incelediğimiz yıllar itibariyle) kullandığını varsaymaktadır. Bu varsayım kısıtlayıcı bir varsayım gibi düşünülse de aslında bu varsayımın gerçekçi olup olmaması çalışmamız için bir önem teşkil etmemektedir. Bu varsayım sadece imalat sanayiinin çevre kirliliğine katkısına baktığımızda teknolojinin ilerlemediğini varsayarak kötümser bir bakış açısı sağlar. Dolayısıyla, sonuçları yorumlarken dikkat etmemiz gereken husus analizimizin kirli sektörlerle doğru bir sapmaya yol açacağıdır.⁸

Üç haneli sektörler ve 14 kirlenici (pollutant) tipi için tahmin edilen bu değerleri iki haneli ana sektörler altında topladık. İncelediğimiz 14 kirlenici tipini şöyle sıralayabiliriz: Hava, su ve topraktaki toksin kimyasal maddeler; hava, su ve topraktaki biyoakümülatif metaller; havayı kirlen maddeler: Nitrojen oksit (NO_x), sülfür dioksit (SO₂), uçucu organik bileşikler (VOC), partiküller (PT, PM10), karbon monoksit (CO); ve suyu kirlen biyolojik oksijen ihtiyacı (BOD) ve toplam askıda katı madde (TSS).⁹

2. İMALAT SANAYİNDE KİRLİTME DAVRANIŞI: KOMPOZİSYON VE ÖLÇEK ETKİLERİ

İlk önce imalat sanayii içerisindeki her ana sektör için yıllar itibariyle kirlilik emisyonları (e) hesaplandı. Bu değerler milyon dolar cinsinden çıktı değeriyle kirlilik emisyon katsayılarının çarpılmasıyla elde edildi.

⁸ Benzer bir varsayım Vukina et al (1999) ve Guven Solakoglu ve Solakoglu (2005) çalışmalarında da görülebilir.

⁹ Bu maddelerde SO₂ ve NO_x asit yağmurlarına yol açan maddeler olup bölgesel ve bölge dışı etkilerde bulunabilir. SO₂ en çok güç istasyonlarında elektrik üretimiyle ortaya çıkar. NO_x ve CO maddelerinin ana kaynağı ise yol ulaşımıdır. PM10 ve CO₂ ise ana bir kaynağa bağlı olmadan ulaşım, sanayii ve güç istasyonlarından dolayı ortaya çıkan kirlilik maddeleridir.

Bulduğumuz değerler (diğer her şeyi sabit varsaydığımızda) imalat sanayiinin hızlı büyümesi sonucunda artan kirlilik değerini göstermektedir. Fakat, imalat sanayiinde üretim artışı sonucunda daha fazla kirlilik oluşacağı gibi, üretim kompozisyonu ve/veya teknoloji değişimleri kirlilik artış oranlarını yavaşlatıcı etki de yapabilir. Dolayısıyla kirlilik üretim artışıyla doğru orantılı bir artış göstermeyebilir. Bu iki etki hesapladığımız emisyon değerlerinde birlikte yer aldığından dolayı kompozisyon değişikliklerinin kirlilik üzerindeki etkilerini anlamak mümkün değildir. Bu etkiyi anlayabilmek için kirlilikteki değişmeyi ikiye ayırmak gerekir. Bu ayırma sonucu elde edeceğimiz kompozisyon etkisi sektörler arası kirlilik yoğunluğunu, ölçek etkisi de sektör üretiminin imalat sanayiindeki payını ifade eder. Aşağıdaki denklem kirlilikteki değişmeyi bu iki etkiye ayırmaktadır.¹⁰

$$\frac{\dot{E}}{E} = \sum_i \left(\frac{e_i}{E} \frac{\dot{S}_i}{S_i} \right) + \frac{\dot{X}}{X}$$

Bu denklemdeki \dot{E}/E toplam kirliliğin ilgilendiğimiz dönem içerisindeki değişme oranını, e_i/E sektör i'deki kirlilik yoğunluğunu, \dot{S}_i/S_i sektör i'nin üretim içindeki payındaki değişme oranını, ve \dot{X}/X toplam üretimin değişme oranını ifade eder.¹¹ Bu denklemin sağında yer alan ilk parça ($\sum_i (e_i/E) * (\dot{S}_i/S_i)$) kompozisyon etkisini gösterir. Bu denklemin sağında yer alan ikinci parça (\dot{X}/X) ise ölçek etkisini göstermektedir. Dolayısıyla, toplam kirlilikteki değişme oranı bu etkilerden hangisinin baskın olduğuna dayanır.

¹⁰ Matematiksel açılımı Ek'de verilmiştir.

¹¹ Benzer çalışmalar için bakınız Vukina et al (1999), Lucas, Wheeler ve Hettige (1992), ve Boyd et al (1988). Ticaretin liberalleşmesi sonucunda oluşan çevresel faktörleri incelerken de benzer çalışmalar yapmış örnekler için bkz. Grossman and Krueger (1993, 1995), Stern (1998).

Tablo 1: 1995-2000 Yılları Arasında İmalat Sanayiindeki Kirliliğin Değişme Oranı

		Kirlilikteki Değişme Oranı (E/E)					
		1995	1996	1997	1998	1999	2000
Su Kirliliği	BOD	0.30119	-0.08249	0.101204	-0.06899	-0.03334	0.104227
	TSS	0.227223	-0.19796	0.166529	-0.07783	-0.08182	0.088207
Toksik	Havada	0.324612	-0.04964	0.112978	-0.0776	-0.02603	0.074324
Kimyevi Maddeler	Katı Maddede	0.307691	-0.06751	0.113098	-0.08049	-0.0196	0.064896
	Suda	0.321652	-0.04688	0.093654	-0.08698	-0.00045	0.069435
Hava Kirliticileri	SO ₂	0.28669	-0.08773	0.113014	-0.08078	-0.02474	0.068566
	NO ₂	0.309246	-0.04693	0.097691	-0.07899	-0.00784	0.062759
	CO	0.293519	-0.08948	0.110898	-0.08603	-0.02347	0.077208
	VOC	0.329793	-0.03799	0.100197	-0.08221	-0.00956	0.070725
	PM10	0.231696	-0.08846	0.131993	-0.03581	-0.0596	0.039283
	Toplam partikül	0.288412	-0.05945	0.106505	-0.06609	-0.02077	0.056683
Bio-Akümülativ Metaller	Havada	0.243907	-0.17005	0.163186	-0.08036	-0.07986	0.083965
	Toprakta	0.248506	-0.16413	0.162259	-0.07598	-0.07553	0.078866
	Suda	0.295357	-0.09133	0.116629	-0.09036	-0.02785	0.076815

Tablo 1 de görüldüğü üzere toplam kirlilik (değişme oranını, E/E , hesapladığımızda) 1996, 1998 ve 1999 yıllarında bir önceki seneye göre düşmüştür. Bu veriler kirlilik oranlarının bir önceki seneye göre düşmesinin sebebini açıklayamadığına göre bize çok bir şey ifade etmediği bir gerçektir. Bu durumda, bu düşüşün imalat sanayiindeki üretim düşüşünden mi, yoksa üretimin daha temiz sektörlerle doğru kaymasından mı kaynaklandığının sorulması gerekmektedir. Bu sorunun cevabını ise ancak kirlilik oranındaki değişimi kompozisyon ve ölçek etkilerine ayırırsak elde etmek mümkündür.

1995-2000 yılları arasındaki toplam kirlilikteki değişimin 14 tip kirlenici için kompozisyon ve ölçek etkileri Tablo 2 de görülmektedir. Pozitif (negatif) ölçek etkisi bahsedilen kirlenici maddeleri atan sektördeki üretimin toplam üretim içerisindeki payının arttığını (azaldığını) göstermektedir. Pozitif (negatif) kompozisyon etkisi ise bize sektörler arası kompozisyonun kirli (temiz) sektörlerde üretim artışı ve/veya temiz (kirli) sektörlerde üretim azalışı olarak değiştiğini gösterir. Tablo 2'de de görüleceği üzere ölçek etkisine göre 1995 ve 1997 yıllarında, Türk imalat sanayii büyürken 1996, 1998 ve 1999 yıllarında küçülmektedir. Kompozisyonadaki değişimler ise istikrarlı değildir.

Tablo 2: 1995-2000 Yılları Arasında İmalat Sanayiindeki Kirliliğin Kompozisyon ve Ölçek Etkileri

		KOMPOZİSYON ETKİSİ					
		1995	1996	1997	1998	1999	2000
Su Kirliliği	BOD	-0.0072	-0.0303	-0.0225	-0.0271	0.0254	0.0487
	TSS	-0.0643	-0.1514	0.0361	-0.0386	-0.0245	0.0271
Toksik	Havada	0.0096	0.0019	-0.0110	-0.0372	0.0353	0.0153
Kimyevi Maddeler	Katı Maddede	-0.0022	-0.0146	-0.0107	-0.0416	0.0423	0.0047
	Suda	0.0057	0.0035	-0.0284	-0.0480	0.0611	0.0099
Hava Kirleticileri	SO ₂	-0.0170	-0.0332	-0.0113	-0.0419	0.0368	0.0087
	NO ₂	-0.0027	0.0043	-0.0249	-0.0397	0.0542	0.0034
	CO	-0.0110	-0.0344	-0.0134	-0.0464	0.0378	0.0172
	VOC	0.0127	0.0134	-0.0227	-0.0409	0.0523	0.0109
	PM10	-0.0613	-0.0328	0.0054	0.0052	-0.0005	-0.0183
	Toplam partikül	-0.0166	-0.0057	-0.0172	-0.0254	0.0414	-0.0024
Bio-Akümülatif Metaller	Havada	-0.0480	-0.1186	0.0334	-0.0415	-0.0225	0.0225
	Toprakta	-0.0444	-0.1121	0.0326	-0.0367	-0.0180	0.0177
	Suda	-0.0093	-0.0365	-0.0080	-0.0520	0.0336	0.0161
ÖLÇEK ETKİSİ		0.3168	-0.0478	0.1258	-0.0403	-0.0571	0.0614

Dikkat edilirse bir çok kirletici tipi emisyonları farklı dönemler için farklı etkiler göstermektedir. İmalat sanayiinde ölçeğin düştüğü dönemlere baktığımızda, özellikle 1999 yılı için, hesaplamalarımız neredeyse her tip kirletici için temiz sektörler doğru bir üretim artışını yansıtırsa da, bu (negatif) kompozisyon etkisinin (negatif) ölçek etkisinden daha az etkili olduğunu görmekteyiz. 1999 yılındaki kirliliğin bir önceki yıla göre değişme oranları her tip kirletici için negatifken, ölçek etkisinin negatif olduğu da tablo değerlerinden görülebilmektedir. Aynı zamanda kompozisyon etkisine göre pek çok kirletici tipi için pozitif bulunan rakamlar kirli sektörlerde üretim artışına yöneldiğini ifade eder. Dolayısıyla, her ne kadar üretim düşüşü ile kirlilik azalsa da, kompozisyonun kirli sektörler kayması sonucu kirlilikte üretim düşüşünden daha az miktarda azalma görülmektedir.

Ölçek etkisi pozitif olduğunda hangi etkinin diğerine baskın olduğunu görmek daha kolaydır. Örneğin, 1995 yılında ölçek pozitifken kirlilikteki değişme oranları da her tip kirletici için pozitif olmaktadır. Fakat kompozisyon etkisine bakıldığında pek çok kirleticinin emisyon oranlarının temiz sektörler doğru kayılmasından dolayı azaldığı görülmektedir. Yine de

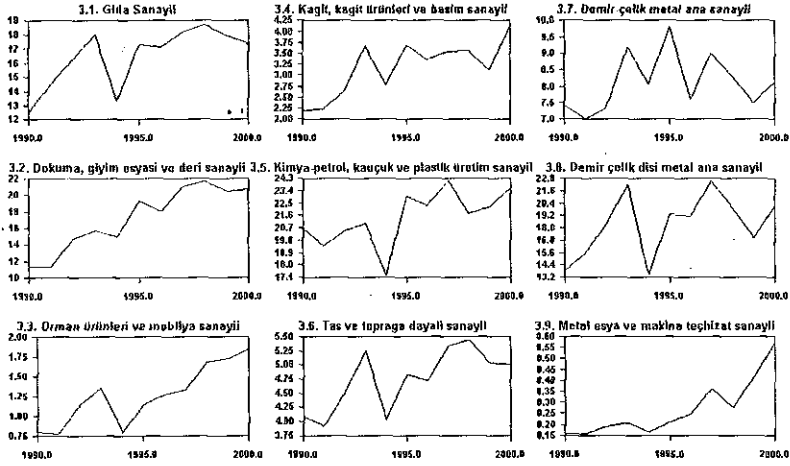
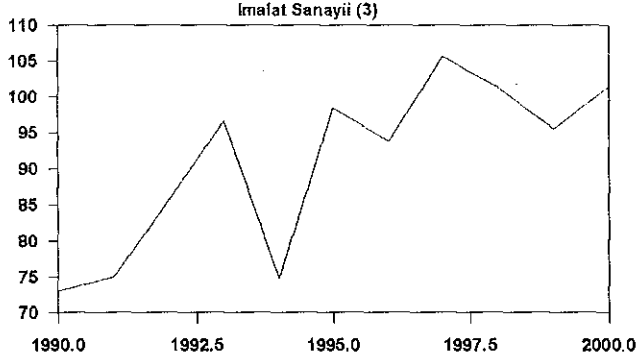
bu etki ölçek etkisinden daha az olduğu için toplamda kirlilikteki değişmeyi azaltmaya yetmemektedir.¹²

3. İMALAT SANAYİNDE SEKTÖR BAZINDA ÜRETİM VE KİRLETME DAVRANIŞI

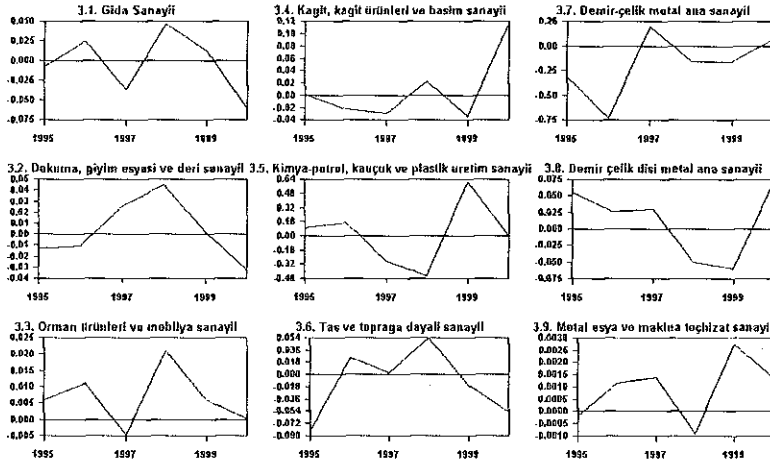
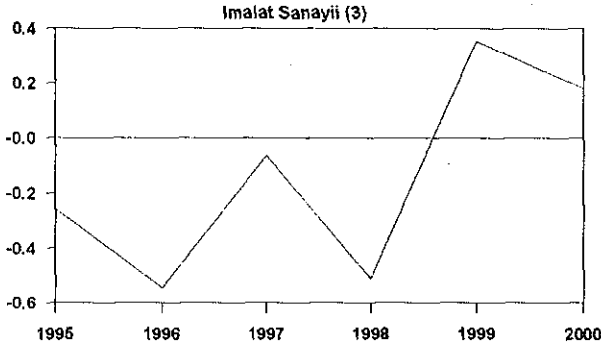
Ekonomik krizlerle birlikte 1994 sonrası imalat sanayiinde üretimin düşüşe geçtiği ve üretim davranışının istikrarlı olmadığını görmekteyiz. Bu sebeple incelememizi kirletici tiplerine göre değil de sektörler bazında yapmak daha uygun olabilir. Şekil 1'e baktığımızda kolayca bir örnek şablon (pattern) saptamak mümkün değildir. Dolayısıyla, ölçek etkisi negatifken pozitif kompozisyon etkisinin imalat sanayiinde üretimin kirli sektörlerle kaymasına yol açtığını söylemek yanlış olur. Aslında bu gibi durumlarda, kirleten sektörlerdeki üretim payının temiz sektörlerle göre daha fazla olduğunu söylemek daha doğru olur. Böylece, toplamını aldığımızdaki etkisi pozitif çıkar. Bu sebeplerden dolayı sektör bazında olmak üzere ve kirletici tiplerini tek bir kalemde ifade ettiğimiz zaman elde ettiğimiz kompozisyon etkisi Şekil 2'de görülebilmektedir.

Türk imalat sanayiinin (sektör bazında) temiz sektörlerle doğru bir kompozisyon çizip çizmediğini sorgularken kirli sektörlerdeki üretim ve kirlilik davranışı üzerine yoğunlaşmak daha uygun olur. Bu çerçevede hesaplarımıza göre en yüksek üretim değeri olarak Kimya-petrol, kauçuk ve plastik üretim sanayii 1995-2000 yılları arasında en önde yer almaktadır. Bunu çok farklılık gözetmeden takip eden sanayiler ise demir çelik dışı metal ana sanayii, dokuma giyim eşyası ve deri sanayii, ve gıda sanayii olmaktadır. Bu sanayilerden sonraki en yüksek üretim değerine sahip olan sanayii demir-çelik metal ana sanayidir. Bu sanayii dallarından demir çelik metal ana sanayii, demir çelik dışı metal ana sanayii ve kimya-petrol, kauçuk ve plastik üretim sanayii dalları pek çok çalışma tarafından en kirli sanayiler arasında sayılmıştır. (Mani ve Wheeler, 1997; Hettige, Martin, Singh ve Wheeler, 1995)

¹² Geçmiş dönemlere bakmak istersek, Güven Solakoglu ve Solakoglu (2005) çalışması ölçek etkilerinin 1987-1994 yılları arasında Türk imalat sanayisinde kirlilikle birlikte arttığını göstermektedir. Bu çalışmada ayrıca imalat sanayindeki üretimin daha temiz sektörlerle kaymasıyla birlikte kirliliğin üretimle paralel bir şekilde artmadığı gözlenmiştir.



Şekil 1: İmalat Sanayii Üretim Davranışı: 1990-2000 (milyar dolar)



Şekil 2: İmalat Sanayii ve Alt Sektörlerindeki Üretim Kompozisyonunun 1995-2000 yılları arasındaki değişimi

Tablo 3: Sektör bazında Kompozisyonadaki Değişme

	1995	1996	1997	1998	1999	2000
3. İmalat Sanayii						
3.1 Gıda Sanayii	-0.0039	0.0140	-0.0193	0.0269	0.0076	-0.0316
3.2 Dokuma, giyim eşyası ve deri sanayii	-0.0106	-0.0091	0.0226	0.0447	0.0019	-0.0293
3.3 Orman ürünleri ve mobilya sanayii	0.0036	0.0081	-0.0032	0.0197	0.0058	0.0002
3.4 Kağıt, kağıt ürünleri ve basım sanayii	0.0009	-0.0112	-0.0143	0.0126	-0.0163	0.0699
3.5 Kimya-petrol, kauçuk ve plastik üretim sanayii	0.0811	0.1426	-0.2635	-0.3971	0.5673	-0.0037
3.6 Taş ve toprağa dayalı sanayii	-0.0780	0.0249	0.0032	0.0583	-0.0159	-0.0544
3.7 Demir-çelik metal ana sanayii	-0.3346	-0.6973	0.1985	-0.1563	-0.1483	0.0772
3.8 Demir çelik dışı metal ana sanayii	0.0516	0.0262	0.0325	-0.0512	-0.0541	0.0715
3.9 Metal eşya ve makine teçhizat sanayii	-0.0001	0.0005	0.0008	-0.0005	0.0022	0.0014

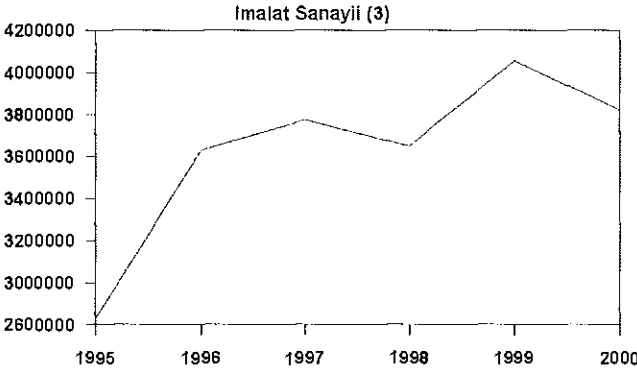
4. ENERJİ YOĞUNLUĞUNUN KİRLİLİK YOĞUNLUĞU ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ

Literatürde bir çok çalışma imalat sanayiinde kirleten sektörlerin daha fazla enerji tüketen sektörler olduğunu göstermiştir (Miketa, 2001; Mani ve Wheeler, 1997). Mani ve Wheeler (1997) Japonya için yaptıkları çalışmada en fazla kirleten beş sektördeki enerji yoğunluğunun en az kirleten beş sektördeki enerji yoğunluğuna göre üç kat daha fazla olduğunu tespit etmiştir. Benzer bir şekilde, Miketa (2001) taş ve toprağa dayalı sanayii, demir çelik ve demir çelik dışında metal ana sanayii, kimya sanayii ve kağıt ve kağıt ürünleri sanayiinin en fazla enerji tüketen sektörler olduğunu belirtmiştir. Türk imalat sanayiindeki enerji yoğunluğundaki değişme ise sektör bazında olmak üzere Tablo 4'te görülebilir.

Tablo 4: Sektör bazında enerji yoğunluğundaki değişme

	1995	1996	1997	1998	1999	2000
3. İmalat Sanayii						
3.1 Gıda Sanayii	0.0859	0.1619	-0.0071	0.0727	-0.0759	-0.0393
3.2 Dokuma, giyim eşyası ve deri sanayii	0.0698	0.0936	-0.0429	0.2654	-0.0976	-0.9039
3.3 Orman ürünleri ve mobilya sanayii	-0.0858	0.0953	-0.1563	0.3663	-0.0547	-0.2400
3.4 Kağıt, kağıt ürünleri ve basım sanayii	-0.2118	0.0287	0.1013	-0.0977	0.2017	0.0101
3.5 Kimya-petrol, kauçuk ve plastik üretim sanayii	0.3677	-0.1277	-0.0687	-0.0658	0.1084	0.1456
3.6 Taş ve toprağa dayalı sanayii	-0.0959	-0.0026	0.0537	-0.0753	0.0436	0.2410
3.7 Demir-çelik metal ana sanayii	-0.1144	0.0014	0.0405	-0.0401	-0.0566	0.3071
3.8 Demir çelik dışı metal ana sanayii	0.1558	0.0292	-0.1713	-0.1312	0.2291	-0.3937
3.9 Metal eşya ve makine teçhizat sanayii	-0.1229	0.0406	-0.0031	0.2340	-0.0872	-0.5109

Enerji tüketimini etkileyen faktörlerin başında ekonomik büyüme gelmektedir. Ekonomik büyümeyi kabaca sanayileşme, nüfus artışı ve motorlu araç sahibindeki artış olarak tanımlayabiliriz. Bu nedenle gelişmiş ülkelerdeki enerji tüketimi gelişmekte olan ülkelere nispeten daha fazladır.¹³ Fakat gelişmekte olan ülkelerdeki gerek doğum artışı, gerek hayat sürelerinin uzamasıyla artan nüfus dikkate alındığında, enerji tüketiminin zamanla daha hızlı bir şekilde artacağı da yadsınmaz. Bazı gelişmekte olan ülkelerde enerji fiyatlarına uygulanan teşvikler enerji tüketimindeki artışı hızlandıran bir faktördür. Şekil 3 ten de görüleceği üzere Türkiye’de de enerji tüketimi 1995 yılından 2000 yıllarına artış göstermiştir.



Şekil 3: İmalat Sanayii ve Ait Sektörlerindeki Enerji Tüketimi: 1995-2000 (1995 fiyatlarıyla)

Enerji yoğunluğunun Türk imalat sanayiindeki sektör kirlilik yoğunluğuyla ilişkisini ampirik olarak çalışmak amacıyla oluşturduğumuz veri seti 1995 – 2000 yılları arasında sektör bazında enerji ve kirlilik yoğunluklarını içermektedir. Sektörler arası kirlilik yoğunluğu (KY) ve enerji yoğunluğu (EY) arasındaki ilişkiyi Türk imalat sanayii için 1995-2000 yılları için tahmin etmek üzere aşağıdaki modeli kurduk.

$$KY_{it} = \beta_0 + \beta_1 EY_{it} + \epsilon_{it}$$

¹³ Daha ayrıntılı bilgi için OECD 1999 raporuna bakınız.

Bu modelde i sektör tipini, t ise yılları ifade etmektedir. Hata terimi, ε_{it} , sıfır ortalama ve σ^2 varyansa sahiptir. Veri setimiz panel olduğu için (bir başka deyişle hem yatay kesit hem de zaman serisi verilerini içerdiği için) bu ilişkiyi ölçerken ise genelleştirilmiş en küçük kareler (GEK) yöntemini kullandık. Nitekim Lagrange Çarpanı (LM) test sonucumuz da GEK yöntemini sıradan en küçük kareler (SEK) yöntemine tercih etmemiz gerektiğini gösterdi. Dolayısıyla, modelimizi tahmin ederken hata teriminin iki parçadan oluştuğunu varsaydık: $\varepsilon_{it} = c_i + u_{it}$. Bu parçalardan c_i sektörün etkisini, ve u_{it} ise geriye kalan hata payını ifade etti.¹⁴ Modelin sabit etki mi yoksa rastsal etki mi gösterdiğini anlamak ve test etmek gerekir. Sabit etki modeli sektörler arasındaki farklılığın sadece sabit terimden yakalanacağını ifade eder. Dolayısıyla sektörler arası farklılığın sadece parametrik kaymalardan oluştuğu düşünülüyorsa, sabit etki modeli kullanmak yerinde bir yaklaşım olur. Fakat böyle olduğu düşünülüyorsa, yani sabit terimlerin sektörler arasında rastsal olarak dağıldığı zannediliyorsa, rastsal etki modeli kullanmak gerekir. Bu etki modellerinin hangisinin doğru model olduğu Hausman'ın X^2 testi ile anlaşılabilir. Bu test model açıklayıcı değişkenlerle rastsal etkilerin ortogonal olup olmadığını test etmektedir: Sıfır hipotezi korelasyon olmadığını ifade eder, böylece yüksek test değerleri modelin sabit etkili bir model olduğunu gösterir.¹⁵

Tablo 5: Model Tahminlerinin Sonuçları

	SEK	GEK		Test istatistikleri
		Sabit Etki	Rastsal Etki	
Sabit Katsayı	1.46 (4.89)	-	1.4873 (1.919)	LM = 131.03 Hausman $X^2 = 0.79$
GDPK	-1.35 (-0.74)	0.1469 (2.232)	0.1466 (2.227)	(GEK rastsal etki modelini tercih eder)

- Yüksek LM değeri GEK tahminlerini SEK tahminlerine tercih eder.
- Düşük Hausman X^2 test değeri GEK rastsal etki modelini GEK sabit etki modeline tercih eder.
- Parantez içindeki değerler t istatistik değerleridir.

¹⁴ Yatay kesitlerin ortalaması c ve varyansı σ_c^2 olan ortak bir dağılımdan çekildiği varsayılmıştır.

¹⁵ Sıfır hipotezi altında hem SEK hem de GEK tutarlıdır, fakat SEK etkin değildir. Alması hipotez altında ise SEK tutarlıdır, fakat GEK değildir.

Sabit ve rastsal etki modellerinin tahmin değerleri Tablo 5'te görülebilir. İstatistiki test sonuçlarına göre modelimize GEK ve rastsal etki modeli olarak bakmamız daha doğru olacaktır. Tahmin sonuçlarına göre sektörlerdeki enerji yoğunluğu sektörlerdeki kirlilik yoğunluğunu yüzde beş önem derecesinde açıklamaktadır. Dolayısıyla Türk imalat sanayiinde 1995-2000 yılları arasında sektörlerdeki enerji yoğunluğu sektörlerde kirlilik yoğunluğunu artırmaktadır.

SONUÇ

Bu alışma Türk imalat sanayiinde enerji yoğunluğunun kirlilik yoğunluğuyla olan ilişkisini sektör bazında incelemektedir. Bu incelemeyle literatüre birkaç açıdan katkı sağlanmıştır. Birincisi, Türk imalat sanayii için, hava, su ve toprağa atılan zehirli madde türlerini içeren uzun dönemli bir kirlilik yoğunluğu endeksinin belli varsayımlar altında nasıl oluşturulabileceği tasvir edilmiş ve bu endeks çalışmada kullanılmıştır. İkincesi, oluşturulan veri seti ile kirlileme davranışının kompozisyon ve ölçek etkilerine ayrıştırılmadan çok Şey ifade etmediği belirtilmiş, bu ayrıştırma sonucunda toplam kirliliğin üretim artışıyla doğru orantılı bir artış gösterip göstermediğini tartışmak mümkün olmuştur. alışmalar göstermiştir ki, aynı zamanda üretim değeri en yüksek olan sanayii dallarından, demir elik metal ana sanayii, demir elik dışı metal ana sanayii ve kimya-petrol, kauçuk ve plastik üretim sanayii en kirlili sanayiler arasında sayılmıştır. Literatürdeki bir çok çalışma da bu sonucu desteklemektedir.

nc olarak, imalat sanayiinde kirlileten sektörlerin daha fazla enerji tüketen sektörler olduğu bulgularının Türk imalat sanayii için de geçerli olup olmadığını görmek için, 1995-2000 yılları arasında Türk imalat sanayiinde ve alt sektörlerinde enerji yoğunluğunun kirlilik yoğunluğu üzerindeki etkileri üzerine ampirik bir çalışma yapılmıştır. Sonuçlar literatürdeki çalışmalarla tutarlıdır. Çalışmanın sonuçlarına göre 1995-2000 yılları arasında Türk imalat sanayiinde sektörlerdeki enerji yoğunluğu sektörlerde kirlilik yoğunluğunu artırmaktadır.

EK:

Çevre kirliliği bir ülkenin toplam üretimindeki değişimiyle ya da üretimin sektörel kompozisyonundaki değişimiyle ölçülebilir. Bu taktirde $E(t) = \sum_i e_i(t)$ denklemi ile bir ülkenin t zamanındaki toplam kirlilik miktarını gösterdiğini ve her sektörün oluşturduğu kirlilik toplamına eşit olduğunu varsayalım.

Toplam üretimi $X(t) = \sum_i x_i(t)$ olarak ifade edersek, toplam kirlilik şu şekilde ifade edilebilir:

$$E(t) = \sum_i \left(\frac{e_i(t)x_i(t)X(t)}{x_i(t)X(t)} \right),$$

Bu denklemdeki (e_i/x_i) terimi 1987 A.B.D. teknolojisine dayalı sektörel kirlilik yoğunluğunu ifade etmektedir ve sabit varsayılabılır. Denklem zamana göre diferansiyeli alındığında ise aşağıdaki denklemi elde ederiz.

$$\frac{dE}{dt} = \sum_i \frac{e_i}{x_i} \left(\frac{d\left(\frac{x_i(t)}{X(t)}\right)}{dt} X(t) + \frac{x_i(t)}{X(t)} \frac{dX(t)}{dt} \right).$$

$S_i(t) = \frac{x_i(t)}{X(t)}$ sektör i'nin toplam üretim içindeki payını ifade etsin, ve

böylece $\dot{S}_i = \frac{dS_i(t)}{dt}$ sektör i'nin toplam üretim içindeki payındaki değişme oranını ifade eder.

$\dot{X} = \frac{dX(t)}{dt}$ olduğuna göre, yukarıdaki denklem aşağıdaki şekillerde tekrar yazılabilir:

$$\frac{dE}{dt} = \sum_i e_i \left(\frac{\dot{S}_i}{S_i} + \frac{\dot{X}}{X} \right).$$
$$\frac{\dot{E}}{E} = \sum_i \left(\frac{e_i}{E} \frac{\dot{S}_i}{S_i} \right) + \frac{\dot{X}}{X}$$

KAYNAKÇA

- AKBOSTANCI, E., TUNÇ ,I. ve TÜRÜT-AŞIK, 2004, "İmalat Sanayi ve Kirlilik: Bir Kirli Endüstri Sığınağı Olarak Türkiye?", *ERC Working Paper in Economic* 04/03 T.
- BOYD, G.A., HANSON, D.A., STERNER. T., 1988, "Decomposition of changes in energy intensity," *Energy Economics*, Oct., 309:312.
- COLE M.A., ELLIOTT, R., SHIMAMOTO, K., 2005, "Industrial characteristics, environmental regulations and air pollution: an analysis of the UK manufacturing sector," *Journal of Environmental Economics and Management*, 50(1), 121-143.
- COPELAND, B.R., TAYLOR, M.S., 2003, "Trade, Growth and the Environment," *NBER, Working Paper*, No 9823.
- GÖRMEZ, K., 2003, *Çevre Sorunları ve Türkiye*, Gazi Kitapevi, Ankara.
- GROSSMAN, G.M., KRUEGER, A.B., 1993, "Environmental Impact of a NAFTA," *The US-Mexico Free Trade Agreement*, MIT Press, Cambridge MA.
- GROSSMAN, G.M. KRUEGER, A.B., 1995, "Economic Growth and the Environment," *Quarterly Journal of Economics* 110, 353-377.
- HETTIGE, H., MARTİN, P., SINGH, M., and WHEELER, D. 1995, "IPPS: The Industrial Pollution Projection Project," *Policy Research Working Paper*, 1431, The World Bank, Washington D.C.
- HETTIGE, H., LUCAS, R.E., WHEELER, D., 1992, "The Toxic Intensity of Industrial Production: Global Patterns, Trends, and Trade Policy," *American Economic Review Papers and Proceedings*, 82, 478-481.
- IEA, 1997, *Energy Policies of IEA Countries, Turkey 1997 Review*, OECD.
- KAVAK, K., 2005, *Dünyada ve Türkiye'de Enerji Verimliliği ve Türk Sanayide Enerji Verimliliği İncelenmesi*, DPT: 2689.
- MANI, M., WHEELER, D., 1997, "In Research of Pollution Havens? Dirty Industry in the World Economy, 1960-1995", <http://www.worldbank.org/research>.
- MIKETA, A., 2001, "Analysis of Energy Intensity Developments in Manufacturing Sectors in Industrialized and Developing Countries," *Energy Policy*, 29, 769-775.

- OECD, 1999, *Energy: The Next Fifty Years*.
- PARGAL, S., WHEELER, D., 1996, "Informal regulation of industrial pollution in developing countries: evidence from Indonesia," *Journal of Political Economy*, 104, 1314-1327.
- ROCK, M.T., 1996, "Pollution Intensity of GDP and Trade Policy: Can the World Bank be Wrong?," *World Development* 24(3), 471-479.
- SOLAKOGLU, G. E., ve SOLAKOGLU, N., 2005, "Is there a tendency towards cleaner manufacturing in Turkey?" *Working Paper*.
- STERN, D.I., 1998, "Progress on the Environmental Kuznets Curve?," *Environment and Development Economics*, 3: 173-196.
- UNIDO, 2001, "Industry and Sustainable Development in Turkey: Achievements and Prospects" *Preparatory Activities for Rio+10 XP/GLO/01/005*.
- UNIDO, *Industrial Statistics*, INDSTAT3, 2005.
- VUKINA, T., BEGHIN, J.C., SOLAKOGLU, E. G., 1999, "Transition to markets and the Environment: Effects of the change in the composition of manufacturing output," *Environment and Development Economics*, 4 : 582-598.