

## Çevresel Kuznets Eğrisi (ÇKE): Türkiye Üzerine Gece Işıkları ile Mekânsal Bir Modelleme

**Sevgi Eda TUZCU**

*Ankara Üniversitesi, Siyasal Bilgiler Fakültesi,  
İşletme Bölümü stuzcu@politics.ankara.edu.tr*

**Akın USUPBEYLİ**

*Sorumlu Yazar, Ankara Üniversitesi, Siyasal Bilgiler Fakültesi,  
İktisat Bölümü, ausupbeyli@politics.ankara.edu.tr*

### Öz

Çevresel Kuznets Eğrisi (ÇKE)'nin geçerli olup olmadığı Türkiye'de ve yabancı literatürde uzun süredir tartışılmaktadır. Bu hipotezin geçerli olması durumunda, gelir arttıkça çevre üzerindeki negatif etkiler kendiliğinden yok olacağından hükümetlerin ek bir önlem almasına gerek kalmayacaktır. Ancak araştırmalar örnekleme ülkelere, kullanılan zaman dilimine ve yönteme göre farklı sonuçlar göstermektedir. Bu çalışma, literatürden farklı olarak Türkiye'de hava kirliliği açısından ÇKE'nin varlığını test etmek için 81 ili kapsayan yeni bir veri seti kullanmakta ve böylelikle güncel durumu yansıtabilmeyi hedeflemektedir. Çalışmanın bir diğer katkısı ise iller arası mekânsal etkileşimi dikkate alan mekânsal modellemeyi kullanmasıdır. Bulgular, Türkiye'de iller arası yoğun bir etkileşim olduğunu, bir ildeki hava kirliliği seviyesinin diğer komşu illerdeki kirliliği de arttırdığını göstermektedir. Ne var ki, ÇKE hipotezi Türkiye için desteklenmemiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Çevresel Kuznets Eğrisi, Mekânsal Modelleme, Gece Işıkları, Türkiye  
**JEL Sınıflandırma Kodları:** Q53, C21

**Environmental Kuznets Curve: A Spatial Modeling on Turkey by Using Night Time Lights\***

### Abstract

There has been a long time debate both in Turkey and foreign literature that tests the validity of the Environmental Kuznet's Curve (EKC) hypothesis. If EKC is valid, then there will be no need for governments to take extra precautions, since the environmental degradation will fade away as the income increases. However, the literature presents various findings depending on the sample, country, time period and research method. This study uses a recent dataset which covers 81 provinces to assess the existence of EKC for air pollution in Turkey; hence, it aims to reflect the current situation. Another contribution of this study is that it employs spatial modelling which accounts for the spatial interactions between provinces. The findings indicate that there is an intense spatial interaction among Turkish provinces so that an increase in the air pollution level in a city also escalates the pollution level in the neighboring cities. On the other hand, the EKC hypothesis cannot be supported for Turkey.

**Keywords:** Environmental Kuznet's Curve, Spatial Modeling, Night Time Lights, Turkey  
**JEL Classification Codes:** Q53, C21

\* Extended abstract is presented at the end of the article.

### Atıfta bulunmak için/Cite this paper:

Tuzcu, S. E. ve Usupbeyli, A. (2018). Çevresel Kuznets Eğrisi (ÇKE): Türkiye üzerine gece ışıkları ile mekânsal bir modelleme. *Çankırı Karatekin Üniversitesi İİBF Dergisi*, 8 (1), 141-164.

## 1. Giriş

Her ne kadar Çevresel Kuznets Eğrisi (ÇKE), uzun süredir literatürde tartışılrsa da, konuya olan ilginin kaybolmadığı görülmektedir. Bu görüş, temelde, ekonomik büyümenin ilk aşamalarında çevre kirliliğinin arttığı; belirli bir gelir seviyesinden sonra ise teknolojik değişim ve ölçek ekonomileri sayesinde çevreye olan zararın azaldığını ifade eder. Gerek Türkiye’de gerek dünyada bu hipotezin geçerliliği sıklıkla sorgulanmıştır. Ampirik çalışmalar, genellikle birbiri ile çelişen sonuçlara ulaşmıştır. Bu çalışma da söz konusu literatüre mekânsal ilişkilerin de dâhil edilmesi ile katkıda bulunmayı amaçlamaktadır. Bu çerçevede, çalışmanın araştırma sorusunu ÇKE hipotezinin, Türkiye’de, il bazında mekânsal ilişkilerin de dikkate alınması halinde geçerli olup olmadığı oluşturmaktadır.

Bu makalenin, literatürdeki diğer çalışmalardan ayrılan önemli bir yönü, sonuçların Türkiye için mümkün olan en güncel veri ile elde edilmiş olmasıdır. Bilindiği gibi TÜİK, 2001 yılından bu yana il bazında gelir hesaplaması yapmamaktadır. Bu durum, söz konusu verinin kullanılacağı araştırmaları için bir kısıt oluşturmaktadır. Nitekim ÇKE literatürü de, söz konusu ilişkinin yıllar içinde değişebileceğini ifade etmektedir (Dinda, 2004; Kaika ve Zervas, 2013b) . Bu nedenlerle, bu makale, TEPAV tarafından Gece Işıkları verisi kullanılarak hesaplanan il bazında güncel milli gelir verisi ile analizleri gerçekleştirmektedir.

ÇKE literatürü, gelir ve çevre kirliliği arasındaki ilişkiyi açıklamaya çalışırken genellikle panel veri kullanarak ve pek çok ülkeyi bir havuzda toplayarak bu hipotezin varlığını sınamaktadır (Dinda, 2004). Bir başka yaklaşım ise eldeki verinin durağanlığı, eşbütünleşmesi veya otokorelasyonun varlığı gibi zamansal etkiler üzerinde durmaktır (Maddison, 2006). Zamansal etkilerin, regresyon üzerindeki etkisi elbette ki tartışılmazdır. Ne var ki, bölgelerin/ ülkelerin coğrafi birbirine yakınlığı da regresyon sonuçları üzerinde benzer etkiler yaratmaktadır ve bu etkiler çoğu zaman göz ardı edilmektedir. Üstelik panel veri kullanıldığında elde edilen ters U şeklinde ve ÇKE hipotezini destekleyen bulguların, ülkelerin tek tek ele alınması durumunda bulunamaması da mekânsal etkilerin analizde hatalar yaratma potansiyeline işaret etmektedir (Maddison, 2006). Bu nedenle, bu çalışma önceki literatürdeki eleştirileri de dikkate alarak Türkiye’de il bazında ÇKE’nin söz konusu olup olmadığını incelerken, komşu illerin birbiri üzerindeki etkisini de modelleme sürecine dâhil etmekte ve mekânsal modellerden yararlanmaktadır.

## 2. Literatür Taraması

Mekânsal modellere olan temel ihtiyacı ilk olarak Tobler (1970), yakın nesnelere uzaktakilere göre birbiri ile daha çok etkileşim halinde olduğunu belirterek ortaya

koymuştur. Buna örnek olarak, bir bölgedeki nüfus yoğunluğunun komşu bölgelerden bağımsız düşünülmemeyeceğini belirtmiştir. Aynı şekilde Anselin (2001), ev fiyatları, tarımsal üretim veya çevresel özelliklerin de nüfus yoğunluğu gibi ilişkili olduğunu, ne var ki bunların ölçümü sırasında ortaya çıkan “mekânsal etkilerin” çoğunlukla modelleme sırasında dikkate alınmadığını ifade etmektedir.

Ansuategi (2003) ise, hava kirliliğindeki değişim ile çevresel etkilerin gelir ile ilişkisini açıklamaya çalışan klasik ÇKE modellerini; mekânın, fiziksel ve sosyo-ekonomik değişkenler üzerindeki etkisini dikkate almaması yönünden eleştirmektedir. Bu çalışmaya göre, her ne kadar ÇKE modeline iklim veya topografya gibi bir bağımsız ve mekâna ilişkin bir değişken eklense de; bu değişken, hava kirliliği düzeyinin bir bölgedeki karar vericilerin kararlarını etkilediğini göstermeyecektir. Bir başka deyişle, karar vericilerin birbirlerinden ve çevresel etkilerden bağımsız karar aldığı varsayımı sürecektir. Oysaki insan sağlığını etkileyen en önemli etmenlerden olan hava kirliliği, söz konusu kararları değiştirdiğinden, modellemenin bağımsız hata terimleri varsayımını sarsacaktır. Mekânsal bağımlılık ve mekânsal heterojenlikten kaynaklanan bu bağımlılık, standart Gauss Markov Teorimi ile çelişecek ve bir regresyon modelinde tahminleri sapmalı hale getirecektir. R<sup>2</sup> sonuçları ise gerçeği yansıtmayacaktır (Anselin, 1988; LeSage, 1997). Nitekim Ansuategi (2003), 21 Avrupa ülkesi için yıllık veri ile 1987-1992 arasında yaptıkları çalışmanın sonucunda kirliliğin sınırların ötesine taşıdığını göstermiştir.

ABD eyaletleri için komşuluk ilişkilerini de dikkate alan bir diğer ÇKE çalışması ise Rupasingha, Goetz, Debertin ve Pagoulatos (2004) tarafından yapılmıştır. Mekânsal gecikmeli model ve mekânsal hata modellerinin yanı sıra, bu çalışma mekânsal Tobit modelinden de yararlanmıştır. Sonuçlar, mekânsal bağımlılığın varlığına işaret etmekte ve bu modellerde parametre tahminlerinin iyileştiğini göstermektedir. Buna göre, havaya, suya ve toprağa bırakılan toksik atıklar için ÇKE hipotezi desteklenmiştir. Ayrıca, ABD eyaletleri için mekânsal bağımlılığın, ters U şeklindeki ilişkisinin dönüm noktasını yükselttiği de tespit edilmiştir.

ÇKE literatüründe mekânsal etkileri de dikkate alan en bilinen çalışmalardan biri ise Maddison (2006)'ya aittir. Maddison (2006); şimdiye kadar yapılmış çalışmaları, zaman serisinin getirdiği sapmaları dikkate aldığı kadar mekânsal etkileri analize dâhil etmemekle eleştirmektedir. Buna göre, ÇKE'de gözlenen mekânsal etkiler, ülkelerin kendi sınırlarını aşan kirlilik akımlarına verdikleri stratejik yanıtların bir sonucudur. Bir başka deyişle, örneğin gelir düzeyi yüksek ülkelerde ÇKE'nin gözlenmesinin sebebi, dış ticaret sayesinde kirlilik yaratacak etkenleri kendilerine komşu ve daha düşük gelir düzeyine sahip ülkelere ötelemesinden kaynaklanmaktadır. Bu durumda, ortak bir sınırın varlığı veya ülkeler arası uzaklık özel bir önem taşımaya başlamaktadır.

Maddison (2006), 1990 ile 1995 yılları arasında 135 ülkenin hava kirliliğine ilişkin verileri ele alarak ÇKE'nin varlığını tartışmıştır. Mekânsal etkileri; mekânsal gecikmeli model, mekânsal hata modeli ve mekânsal gecikmeli X modeli olmak üzere üç ayrı kıyaslama yaparak analize dâhil etmiştir. Sonuçlar, hava kirliliği göstergelerinden sülfür dioksit ve nitrojen oksit için komşu ülkelerin kirlilik düzeylerinin etkili olduğunu göstermektedir. Bir başka deyişle, komşu ülkelerdeki kişi başına hava kirliliği düzeyi, belirli bir ülkedeki hava kirliliği düzeyini de doğrudan etkilemektedir. Öte yandan, mekânsal etkilerin de dâhil olduğu modellerde, gelir artışının çevresel sorunları otomatik olarak çözdüğüne yönelik bir kanıt bulunamamıştır.

ÇKE teorisinin ekonomi literatüründeki bu otuz yıllık popülerliği Türkiye'deki çalışmalara da sirayet etmiştir. Ancak söz konusu hipotez ile ilgili yapılan çalışmalar; gerek ulaşılan sonuçlar, gerek kullanılan yöntemler, gerekse çalışılan dönemler itibarıyla farklılıklar göstermektedir. Türkiye'nin ÇKE ile ilgili öncül çalışmalarından biri Lise (2006) tarafından gerçekleştirilmiştir. 1980-2003 yılları arasını inceleyen bu çalışmada enerji tüketimi ile tarım, sanayi ve hizmet sektörlerinde ortaya çıkan karbon emisyonu ilişkisi ayrıştırma (decomposition) analizi yöntemi kullanılarak ayrı ayrı incelenmiştir. Ulaşılan sonuçlara göre, söz konusu dönemde Türkiye'de kişi başı GSYİH ile karbon emisyonu arasında aynı yönlü doğrusal bir ilişki tespit edilirken kişi başı GSYİH değişkeninin karesel değerinin katsayısı analizde anlamsız çıkmıştır (Lise, 2006). Dolayısıyla bu öncül çalışmada Türkiye verileri ile ÇKE ilişkisi tespit edilememiştir.

Türkiye için ÇKE teorisini test eden diğer bir çalışma Başar ve Temurlenk (2007) tarafından 1950-2000 yılları için yapılmıştır. Kirlilik değişkeni olarak kişi başı, fosil yakıt kaynaklı, katı yakıt kaynaklı ve fuel oil kaynaklı karbon emisyonunun alındığı çalışmada bağımsız değişken olarak kişi başı GSYİH kullanılmıştır. Tüm serilerin düzeyde durağan olduğunu ifade eden çalışma, gelir ile katı yakıt ve fuel oil kaynaklı karbondioksit arasında anlamlı bir ilişki bulunamışken, gelir-kişi başına karbon dioksit ( $CO_2$ ) miktarı ve gelir-katı yakıt karbondioksit düzeyi arasında ÇKE iddiasının aksine ters-N biçimli bir ilişki elde etmiştir. Soytaş ve Sari, (2009) 1960-2000 yılları arasını kapsayan çalışmalarında enerji tüketimi, gelir ve karbon emisyonu arasında Toda-Yamamoto yöntemiyle VAR ve uzun dönem Granger nedensellik yöntemlerini kullanmıştır. Türkiye için karbon emisyonunun enerji tüketiminin Granger nedeni olduğu sonucuna varıldığı çalışmada, gelir ile karbon emisyonu arasında bir nedensellik bulunamamış, dolayısıyla ÇKE hipotezi desteklenememiştir.

Akbostancı, Türüt-Aşık ve Tunç, (2009) 1968-2003 dönemi için karbon emisyonu ve kişi başı GSYİH ilişkisini zaman serilerini kullanarak eş bütünleşme yöntemiyle, 1992-2001 yılları için ise sülfür dioksit ( $SO_2$ ) ve parçacıklı madde ( $PM_{10}$ ) ile kişi başı

GSYİH arasındaki ilişkiyi panel veri kullanarak 58 il için genelleştirilmiş EKK yöntemiyle tahmin etmiştir. Ulaşılan bulgular, ÇKE'yi teyit etmemiş, kişi başı GSYİH ile kirliliği temsil eden veriler arasına N şeklinde bir ilişki tespit edilmiştir.

ÇKE hipotezinin doğrulanamadığı bu çalışmaların yanında, Türkiye için söz konusu hipotezin geçerliliğini ortaya koyan çalışmalar da dikkat çekmektedir. Bunlardan ilki Atıcı ve Kurt, (2007) tarafından gelir düzeyi, toplam ve tarımsal ihracat ve ithalat değerleri ile karbondioksit emisyonu ile temsil edilen çevre kirliliği arasındaki etkileşim zaman serileri verileri kullanılarak test edilmiştir. 1968-2000 dönemi kapsayan ve standart EKK yönteminin uygulandığı çalışmada ÇKE ve Kirlilik Sığmağı hipotezi ile uyumlu sonuçlara ulaşılmıştır.

ÇKE hipotezini Türkiye için destekleyen diğer bir çalışma Halıcioğlu (2009) tarafından 1960-2005 yılları için ARDL sınır testiyle gerçekleştirilmiştir. Karbon emisyonu, enerji tüketimi, gelir düzeyi ve dış ticaret (çalışmada dışa açıklık, dış ticaret göstergesi olarak kullanılmıştır) arasındaki ilişkinin incelendiği analizde, karbon emisyon düzeyinin temel belirleyenin gelir düzeyi olduğu, karesel değer anlamlı olması nedeniyle ÇKE hipotezini destekleyen bulgulara ulaşıldığı görülmüştür.

Özcan (2015), Brezilya, Hindistan, Çin ve Türkiye'den oluşan bir yükselen piyasa ekonomileri seti için ÇKE hipotezini incelediği çalışmada, 1971-2008 döneminde enerji tüketimi, kişi başı gelir ve karbon emisyonu değişkenleri arasında kısa ve uzun dönem nedensellik ilişkisini tamamen değiştirilmiş en küçük kareler (FMOLS) tahmin edicileri ile bootstrap ECM eşbütünleşme testini ve panel hata düzeltme modeli (PVECM) kullanarak tahmin etmiştir. Türkiye için ulaşılan bulgularda karbon emisyonu ile gelir arasında ÇKE hipotezinin öngördüğü ters U ilişkisine ulaşılmıştır.

Görüldüğü üzere bu konuda Türkiye üzerine yapılan çalışmalar literatürde geniş bir yer bulsa da, mekânsal ilişkileri dikkate alan pek fazla çalışma bulunmamaktadır. Bunlar arasında en göze çarpanı, hava kalitesi ve gelir ilişkisini ölçen Çatık, Karaçuka ve Huyugüzel Kışla (2016) makalesidir. Söz konusu çalışmada yazarlar, 1990-2001 yılları arasında 58 ille ait verilerle çalışmış ve mekânsal gecikmeli model ile mekânsal hata modelini kıyaslamıştır. Elde edilen bulgular, mekânsal hata modelinin daha uygun olduğunu göstermiştir. Buna göre, Türkiye'deki iller arasındaki hava kirliliği birbiri ile ilişkili olmakla birlikte, bu ilişki ekonomik olarak değil hata düzeltme seviyesinde anlamlı bulunmuştur. Yine de mekânsal etkilerin varlığı tespit edilmiş ve klasik en küçük kareler ile yapılan bir regresyon tahminin sapmalı olacağı ortaya konmuştur.

Çatık vd. (2016), Türkiye'deki iller için hava kirliliği – gelir ilişkisinde ÇKE hipotezini destekleyen ters U şeklindeki ilişkiyi doğrulamışlardır. Bu çalışmanın en önemli kısıtının ise bölgesel bazda toplanan gelir verisinin eksikliği olduğunu belirtmişlerdir. Bizim çalışmamızda ise, bu eksikliği telafi etmek ve daha güncel veri ile 81 ili kapsayan bir analiz gerçekleştirmek istenmektedir. Bu amaçla, il bazında gelir verisi için TEPAV tarafından hesaplanan gece ışıkları verisi kullanılmakta ve analiz dönemi olarak 2007-2013 dönemi seçilebilmektedir. Böylelikle hem verinin güncelliği ve 81 ilin tamamının analize katılabilmesi hem de mekânsal etkilerin dâhil edilmesi sayesinde literatüre katkı yapmak amaçlanmaktadır.

Türkiye'de ÇKE' nin geçerli olup olmadığını benzer bir veri seti ile tartışan bir diğer çalışma ise Güçlü (2016) tarafından gerçekleştirilmiştir. 2008-2013 arasında yıllık veri ile yapılan bu çalışma, mekânsal gecikmeli model, mekânsal hata modeli ve mekânsal panel modellerini dikkate almıştır. 81 il için gerçekleştirilen bu analiz, hava kirliliği göstergelerinden yalnızca sülfür dioksiti bağımlı değişken olarak kullanmış ve komşuluk ilişkilerinde ortak bir sınırı ifade eden ikili matristen yararlanmışır. Bu açıdan bakıldığında, bizim çalışmamız farklı iki hava kirliliği göstergesini yine farklı komşuluk ilişkileri bakımından değerlendirmektedir. Kullanılan modellerin de değişik olması, bulgular üzerinden yapılacak yorumları farklılaştırmaktadır.

### 3. Veri ve Yöntem

ÇKE, uzun zamandır pek çok ülke için tartışılmakta olan bir konudur. Özellikle ülkeler arası karşılaştırmalar için gerekli olan gözlem sayısını arttırabilmek ve geleceğe yönelik tahminlerde bulunabilmek için panel veri kullanma eğilimi yüksektir (Dinda, 2004). Ne var ki, panel veri kullanımı sıklıkla eleştirilmektedir. Öncelikle bu veri, tüm ülkeler için aynı gelişmişlik seviyesini, dolayısıyla da ÇKE'nin büküm noktalarının tüm örneklem için aynı olduğunu varsaymaktadır. Söz konusu homojenliğin ise gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerin birlikte gruplandığı bir veri setinde bulunması pek mümkün olmamaktadır (Dinda, 2004; Kaika ve Zervas, 2013a; Millimet, List ve Stengos, 2003). Yine bu nedenle, tek ülke bazındaki çalışmaların daha doğru bir yaklaşım olacağı savunulmaktadır (Rupasingha vd., 2004). Söz konusu nedenlerle, bu çalışma, ÇKE'nin varlığını yalnızca Türkiye'deki şehirler için test etmektedir.

Dinda (2004) tarafından da belirtildiği gibi ÇKE'de savunulan gelir – çevresel etkiler ilişkisi, ulusal ve bölgesel politikalardan yoğun biçimde etkilenmektedir. ÇKE hipotezini test ederken karşı karşıya kalınan bir diğer eleştiri de, dışlanmış değişkenlerin hata terimleri arasında ilişkiye neden olabileceği gerçeğidir (Millimet vd., 2003; Rupasingha vd., 2004). Bu ilişkinin temel sebeplerinden biri de, mekânsal bağımlılıktır.

Mekânsal modellere duyulan ihtiyaç aslında yeni değildir. Bu modeller, klasik modellerde ekonomik birimler veya komşular arasındaki ilişkilerin dikkate alınmamasının, temel bazı varsayımlar üzerinde etkisi olduğunu göstermektedir. Örneğin pek çok modelin dayandığı hata terimlerinin birbirinden bağımsız olduğu ve varyansın değişmediği varsayımı, mekânsal etkilerin varlığı durumunda kolayca ihlal edilebilmektedir. Böyle durumlarda, örneğin EKK ile tahmin edilen regresyon modellerinde uyumun iyiliği testleri geçerliliğini yitirmekte, bulunan katsayılar ve anlamlılık düzeyleri sapmalı olabilmektedir (LeSage, 1997). Anselin (1988), söz konusu etkilere sebep olabilen mekânsal etkilerden mekânsal heterojenliğin geleneksel yöntemlerle de çözülebileceğini ancak mekânsal ekonometrinin daha etkin bir çözüm sunacağını belirtir. Öte yandan, mekânsal bağımlılık sorunu için ise mekânsal yöntemlerin kullanımı uygun olacaktır.

Millimet vd. (2003), gelir - çevresel etkiler ilişkisinde kullanılan varsayımların önemli olduğundan bahsetmektedir. Yukarıdaki tartışmalar ışığında, hata terimlerinin mekânsal olarak birbirinden bağımsız olduğu varsayımını savunmak kolay değildir. Bu nedenle, bu çalışma ÇKE'nin Türkiye'de geçerli olup olmadığını test ederken, mekânsal modellemeden yararlanmaktadır.

Literatürde, ÇKE ve gelir ilişkisi genellikle aşağıdaki gibi modellenmektedir (Akboşta vd., 2009; Dinda, 2004):

$$E=f(Y, Y^2, Y^3, Z).$$

Burada E çevre kirliliğini, Y gelir seviyesini, Z ise diğer kontrol değişkenlerini ifade etmektedir. Söz konusu olan bir regresyon modeli ise, Y, Y<sup>2</sup> ve Y<sup>3</sup> değişkenlerinin katsayılarının anlamlı olup olmamasına göre, çevre kirliliği ile gelir arasındaki ilişkinin şekli, dolayısıyla da ÇKE hipotezinin desteklenip desteklenmediği anlaşılabilir (Dinda, 2004; Kaika ve Zervas, 2013b). Buna göre, çalışmada temel model olarak kullanılacak havuzlanmış regresyon modeli aşağıdaki gibidir:

$$E_{i,t} = \beta_0 + \beta_1 Y_{i,t} + \beta_2 Y_{i,t}^2 + \beta_3 \ln Pop_{i,t} + \varepsilon_{i,t} \text{ ve } \varepsilon_{i,t} \sim N(0, \sigma^2) \quad (1)$$

ÇKE literatüründe mekânsal etkileri dikkate alan çalışmalar (örneğin, (Çatık vd., 2016; Maddison, 2006; McPherson ve Nieswiadomy, 2005; Rupasingha ve diğerleri, 2004) genellikle mekânsal gecikmeli model (spatial autoregressive model SAR) ile mekânsal hata modeli (SEM) arasında bir seçim yapmışlardır. Bu çerçevede, mekânsal gecikmeli model aşağıdaki gibi gösterilebilir:

$$E_{i,t} = \gamma_0 + \rho \sum_{j=1}^n W_{ij} E_{i,t} + \gamma_1 Y_{i,t} + \gamma_2 Y_{i,t}^2 + \gamma_3 \ln Pop_{i,t} + \psi_{i,t}$$

$$\text{ve } \psi_{i,t} \sim N(0, \sigma^2) \quad (2)$$

Mekânsal gecikmeli modelde,  $\rho$  katsayısı komşu illerin kirlilik düzeyinin, söz konusu ildeki kirliliğe etkisini ifade etmektedir. Öte yandan, mekânsal hata modeli ise aşağıdaki gibi ifade edilmektedir:

$$E_{i,t} = \alpha_0 + \alpha_1 Y_{i,t} + \alpha_2 Y_{i,t}^2 + \alpha_3 \ln Pop_{i,t} + v_{i,t}$$
$$v_{i,t} = \varphi \sum_{j=1}^n W_{ij} v_{j,t} + \lambda_{i,t} \text{ ve } \lambda_{i,t} \sim N(0, \sigma^2) \quad (3)$$

(3) nolu eşitlik ile tarif edilen mekânsal hata modeli, mekânsal gecikmeli modelin aksine ekonomik bir anlam taşımamaktadır. Daha ziyade dışlanmış değişkenlerin varlığından kaynaklanan mekânsal bağımlılığı çözmeye yöneliktir. Maddison (2006) ve Rupasingha vd. (2004) bu nedenle mekânsal gecikmeli modeldeki etkiyi “asıl etki” olarak tanımlarken, mekânsal hata modelini yalnızca “hata” etkisi olarak isimlendirmektedir<sup>†</sup>.

Öte yandan, ÇKE literatüründeki “Kirlilik Sığınağı Hipotezi” komşuların gelir düzeylerinin de bir ülkedeki/ bölgedeki kirlilik üzerinde etkili olduğunu ifade etmektedir. Genellikle gelir düzeyi yüksek ülkeler, üretimi çevreye zarar verecek ürünleri gelir düzeyi daha düşük komşulara ürettirmeyi ve onlardan satın almayı tercih etmektedirler (Dinda, 2004; Kaika ve Zervas, 2013b; Maddison, 2006). Bu nedenle gelir düzeyi de mekânsal komşuluk matrisi ile ağırlıklandırılarak aşağıdaki mekânsal Durbin modeli (SDM) oluşturulmuştur.

$$E_{i,t} = \xi_0 + \xi_1 \sum_{j=1}^n W_{ij} E_{j,t} + \xi_2 Y_{i,t} + \xi_3 \sum_{j=1}^n W_{ij} Y_{j,t} + \xi_4 Y_{i,t}^2 + \xi_5 \ln Pop_{i,t} + u_{i,t}$$

ve

$$u_{i,t} \sim N(0, \sigma^2) \quad (4)$$

Çevre kirliliği göstergesi olarak literatürde; başta hava kirliliği olmak üzere, sudaki kirlilik düzeyi ve toprağın kirlilik düzeyi ile ilgili pek çok değişken kullanılmaktadır (Dinda, 2004; Kaika ve Zervas, 2013b). Gerek Akbostancı vd. (2009), gerekse Çatık

---

<sup>†</sup> Ansuategi (2003), en iyi uyumu belirleyen modeli tespit edebilmek için GSYİH'nin doğal logaritmasının alınmış ve alınmamış hallerinin ayrı ayrı denenmesi gerektiğini ifade etmektedir. Benzer şekilde, Türkiye için ÇKE'nin varlığını test eden Akbostancı vd., (2009) da, iki ayrı modelde logaritma ve logaritma olmadan testlerini sürdürmüştür. Bu nedenle yukarıdaki her üç modelde de hem emisyonu gösteren E hem de Y değişkeni, doğal logaritması alınarak da analize dâhil edilmiştir.



vd., (2016), parçacıklı madde yoğunluğunun ( $PM_{10}$ ), fabrikalardan doğrudan havaya karışan toz, kir, duman ve sıvı parçacıkları olduğunu ve hava kirliliği yaratan en önemli etken olduğunu vurgulamaktadır. Hava kirliliği konusunda yoğun olarak kullanılan bir diğer ölçüt ise sülfür dioksittir ( $SO_2$ ). Akbostancı vd. (2009)  $SO_2$  ve  $PM_{10}$ 'nun yerel,  $CO_2$  ise global bir ölçüt olduğunu belirtmektedir. Bu nedenlerle, bu çalışma hava kirliliği (E) göstergesi olarak kişi başına  $SO_2$  seviyesinin yanı sıra  $PM_{10}$ 'nu dikkate alacaktır. Hem  $PM_{10}$  hem de  $SO_2$  verisi için, TÜİK veri tabanları ve Çevre Bakanlığı verilerinden yararlanılmıştır. Söz konusu veriler, 1990 – 2006 yılları arasında Sağlık Bakanlığı tarafından toplanmış ve TÜİK veri tabanlarına aktarılmıştır. 2007 yılından itibaren, hava kirliliği göstergeleri Çevre Bakanlığı tarafından tutulmaya başlamıştır. 2011 yılından itibaren ise TÜİK, verilerin raporlanmasını tamamen Çevre Bakanlığı'na devretmiştir. Sağlık Bakanlığı tarafından yayınlanan parçacıklı madde yoğunluğunun ise  $PM_{10}$  düzeyinde değil,  $PM$  düzeyinde ölçüldüğünün belirtilmesinde fayda vardır. Bu çalışma, gerek verilerin kaynak ve içerik bakımından tutarlılığı gerekse ilk yıllardaki eksik verinin fazlalığı nedeniyle 2007'den itibaren sadece Çevre Bakanlığı tarafından raporlanan veriyi ele almaktadır.

Türkiye'de bölgelerin kişi başına gelir verisini çalışmalarda kullanmak kolay değildir. TÜİK, bu veriyi 2001'den itibaren hesaplamayı bırakmıştır. Nitekim Çatık vd. (2016) da makalelerinde 1990 – 2001 yılları için 58 şehre göre kişi başına GSYİH verisini kullanmışlardır. Bir diğer alternatif ise gayri safi katma değer verisini, gelir verisi için kullanmak olabilir. Ne var ki, Kaika ve Zervas (2013), bir sektördeki fiyatların düşmesinin, ilgili üretim miktarındaki bir düşüş gibi algılanabileceğini belirtip bu verinin kullanımını eleştirmektedir. Çatık vd. (2016) ise, TÜİK'in bu veriyi yalnızca 2007 – 2011 yılları arasında ve sadece 26 bölge için hesapladığını belirtmektedir. ÇKE'nin şeklinin belirlenmesinde güncel verinin ve uzun bir zaman serisinin önemli olduğu bilindiğinde, bizim çalışmamız, gelir verisi olarak TEPAV tarafından gece ışıkları kullanılarak hesaplanan il bazında milli gelir tahminini kullanmaktadır. Söz konusu veri, 81 il için 1992 ile 2013 arasında yıllık bazda GSYİH'yi kapsamaktadır.

Yukarıdaki tüm modellerde, kontrol değişkeni olarak bir şehirdeki nüfus yoğunluğu (POP) dikkate alınmıştır. Bu veri, TÜİK veri tabanlarından elde edilmiştir. Tüm verilere ilişkin kısıtlar dikkate alındığında, çalışmanın dönemi 2007 – 2013 yılları olarak belirlenmiştir. Tüm veriler yıllık bazda kullanılmıştır.

Mekânsal modelleri, diğerlerinden ayrı kılan, bölgeler arası etkileşimleri dikkate almasıdır. Bunun için bir uzaklık matrisinden (W) yararlanır. Temel argümanı ise, daha önce de belirtildiği gibi, “uzaydaki her nesnenin birbiri ile ilişkili olduğu, ancak birbirine yakın nesnelerin birbirinden daha çok etkilendiğidir” (Tobler, 1970). Komşuluğu veya şehirlerarası yakınlığı ifade W matrisi, bu çalışmada iki şekilde

tanımlanmıştır. Bunlardan ilki, bir şehrin diğerine her yönde sınırının olup olmadığını belirten ve vezir uzaklık tanımına göre düzenlenmiş ikili bir matrisken ( $W_b$ ); ikincisi şehir merkezlerinin birbiri ile km bazında uzaklığının tersine göre düzenlenmiş genel uzaklık matrisidir ( $W_g$ ).

#### 4. Bulgular

Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'nın Çevre Sorunları ve Öncelikleri Raporlarına göre, 2005 – 2006 yılları arasında 24 ilin en önemli çevre sorunu hava kirliliğidir (T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2008). Bu rakam, 2009-2010 döneminde 33 ile ulaşmış (T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2012); 2015 yılında ise 22 il olarak belirlenmiştir (T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2017). Aşağıdaki tabloda (Tablo 1), analiz döneminde seçilmiş illere ilişkin hava kirliliği göstergeleri ( $SO_2$  ve  $PM_{10}$ ) ve il bazında GSYİH ile nüfus yoğunluklarının ortalamaları, genel bir bakış açısı sağlamak amacıyla sunulmaktadır.

**Tablo 1:  $PM_{10}$ ,  $SO_2$ , GSYİH ve Nüfus Yoğunluğu Ortalamalarına Seçilmiş İller Bazında Genel Bakış**

İl Adı	2007				2013			
	$PM_{10}$	$SO_2$	GSYİH	Pop	$PM_{10}$	$SO_2$	GSYİH	Pop
Adana	71	3	16017.27	2006650	55.62	5.48	20352	2149260
Ankara	36	16	44132.69	4466756	70.12	10.23	51287.05	5045083
Antalya	77	2	14671.14	1789295	44.082	3.146	18452.48	2158265
Aydın	100	54	7582.64	946971	71.241	6.415	10678.02	1020957
Balıkesir	95	8	7463.37	1118313	48.478	7.613	9945.35	1162761
Bursa	75	6	23173.92	2439876	67.511	7.696	31070.73	2740970
Denizli	158	49	8570.94	907325	69.75	18.9	12482.56	963464
Eskişehir	52	6	7071.45	724849	34.991	3.891	8276.48	799724
Gaziantep	110	26	8519.82	1560023	77.054	12.174	11464.96	1844438
Hatay	110	12	9422.93	1386224	65.69	10.8	14110.72	1503066
İstanbul	59	10	112291.3	1.26E+07	56.75	6.99	116956.2	1.42E+07
İzmir	108		42428.72	3739353	44.46	7.61	51558.41	4061074
Kayseri	94	19	7003.3	1165088	69.73	9.39	9456.9	1295355
Kocaeli	79	12.5	24537.09	1437926	62.78	5.299	28221.45	1676202
Konya	107	14	10615.7	1959082	56.84	9.93	13703.68	2079225
Manisa	113	20	15267.52	1319920	79.48	23.01	18588.16	1359463
Mersin	112	8	14602.98	1595938	54.88	3.963	18045.44	1705774
Muğla	73.5	23.5	7855.28	766156	77.42	57.77	10121.73	866665
Samsun	58	24	8059.75	1228959	50.84	14.52	10053.89	1261810
Tekirdağ	69	49	6526.19	728396	61.272	72.453	7964.42	874475

Çatık vd. (2016), çalışmalarında sundukları ve 1990 ve 2001 yıllarını kapsayan benzer bir tabloda, ÇKE hipotezinin varlığını genel olarak gözlemleyebilmişlerdir. Söz konusu yıllarda, hava kirliliği göstergelerinde özellikle Ankara, Bursa, İstanbul, Kocaeli gibi illerde ısınma ve üretim yapısındaki değişiklikler sayesinde önemli iyileşmeler kaydedildiğini belirtmektedirler. Bu çalışma için hazırlanan ve Tablo 1’de sunulan veriler ise, her şehirde benzer bir iyileşmenin olmadığını, örneğin Ankara, Muğla gibi bazı illerde önemli bozulmaların olduğuna işaret etmektedir. Bu nedenle daha yeni bir veri seti ile Çatık vd. (2016)’nın çalışmasının benzerinin tekrar edilmesinde fayda görülmektedir.

Öncelikle bir temel oluşturabilmesi için 1 nolu eşitlikte tanımlanan ve bağımsız değişkenleri sırasıyla  $PM_{10}$  ve  $SO_2$  olan havuzlanmış regresyon modelleri tahmin edilerek çalışmaya başlanacaktır. Nitekim, Elhorst (2010) da, mekânsal modellere temel olmak üzere en küçük kareler (EKK) hesaplama yöntemine dayanan klasik bir regresyon modeli kurulmasını önermektedir. EKK ile tahmin edilen sonuçlar Tablo 2’de sunulmaktadır<sup>‡</sup>.

**Tablo 2: Havuzlanmış Regresyon Sonuçları ( $PM_{10}$  ve  $SO_2$  için)**

	(1) $PM_{10}$	(2) $SO_2$
GSYİH	-0.00156*** (0.000239)	-0.00133*** (0.000218)
GSYİH <sup>2</sup>	9.15e-09*** (1.76e-09)	9.32e-09*** (1.65e-09)
lnPOP	11.80*** (1.725)	4.458*** (1.362)
Sabit	-75.53*** (21.67)	-27.86 (16.97)
N	567	565
Düzeltilmiş R <sup>2</sup>	0.062	0.043
AIC	5273.619	5262.356

Parantez içindeki değerler, White standart hatalarını göstermektedir.

\*\*\* p<0.01, \*\* p<0.05, \* p<0.1

<sup>‡</sup> Çalışmada daha önce belirtildiği üzere, kirliliği açıklayacak olan fonksiyonun hem düzey halleri hem de doğal logaritması alındıktan sonraki halleri modele eklenmiştir. Her iki modellemeye de çok benzer sonuçlar bulunduğundan, yer kısıtı nedeniyle sadece yukarıdaki sonuçlar raporlanmıştır.

Yukarıda raporlanan regresyon modelleri, regresyon varsayımları için test edilmiştir. Değişen varyans probleminin varlığı tespit edildiğinden, White standart hataları hesaplanmış ve anlamlılık düzeyleri ona göre elde edilmiştir.

Dinda (2004)'e göre, ÇKE'nin varlığından bahsedebilmek için, GSYİH'nin katsayısı anlamlı ve pozitifken, bu değişkenin karesinin anlamlı ve negatif olması gerekmektedir. Tablo 2'deki sonuçlar ise hem PM<sub>10</sub> hem de SO<sub>2</sub> için ÇKE literatürünün tam tersini göstermektedir. Bu durumda, ilk sonuçlar gelir ve hava kirliliği arasında U şeklinde bir ilişki olduğunu; bir başka deyişle gelir arttığı için otomatik olarak hava kirliliğinde bir iyileşmeye gidilemediğini ifade etmektedir. İlk bulgular, Çatık vd. (2016)'nın aksine ÇKE hipotezini destekler nitelikte değildir. Bu da, daha yeni bir zaman periyodu kullanmanın önemine bir kez daha işaret etmektedir<sup>§</sup>. Öte yandan, nüfus yoğunluğunun hava kirliliği üzerinde pozitif ve anlamlı bir etkisi olduğu da görülmektedir.

Yukarıda da değinildiği üzere, gerek PM<sub>10</sub> gerekse SO<sub>2</sub> modellerinde değişen varyans sorunu gözlenmiştir. Bu sorun aslında genellikle mekânsal etkilerden olan mekânsal bağımlılığın bir göstergesi olabilir. Mekânsal etkilerin varlığı, öncelikle tanımlayıcı istatistiklerden olan Moran's *I* yardımıyla her iki uzaklık matrisine göre test edilmiştir\*\*.

**Tablo 3a: W<sub>b</sub> ile Hesaplanan Moran's *I***

Değişkenler	I	E(I)	sd(I)	z	p*
PM <sub>10</sub>	0.308	-0.002	0.027	11.372	0.000
SO <sub>2</sub>	0.301	-0.002	0.027	11.238	0.000
GSYİH	0.138	-0.002	0.026	5.273	0.000
GSYİH <sup>2</sup>	0.019	-0.002	0.026	0.824	0.205
POP	0.073	-0.002	0.026	2.848	0.002
Ln(POP)	0.180	-0.002	0.027	6.669	0.000

<sup>§</sup> Dinda (2004) ve Kaika ve Zervas (2013b), gelir ve kirlilik arasındaki ilişkinin devamını görebilmek için GSYİH'nin üçüncü kuvvetinin de modele eklenmesi gerektiğini ifade ederler. Çalışmaya bu değişken eklendiğinde, model sonuçları değişmemiş, GSYİH'nin üçüncü kuvveti anlamlı fakat her zaman "0" bulunmuştur. Bu nedenle, ÇKE'nin desteklenmediği ve uzun vadede N şeklinde bir ilişkinin olmadığı sonucuna varılmıştır.

\*\* Hesaplanan ama burada raporlanmayan Geary's C istatistikleri de bu sonuçları teyit etmiştir.

**Tablo 3b:  $W_g$  ile Hesaplanan Moran's  $I$**

Değişkenler	I	E(I)	sd(I)	z	p*
PM <sub>10</sub>	0.159	-0.002	0.009	18.322	0.000
SO <sub>2</sub>	0.070	-0.002	0.009	8.211	0.000
GSYIH	0.035	-0.002	0.009	4.309	0.000
GSYIH <sup>2</sup>	-0.004	-0.002	0.008	-0.301	0.382
POP	0.001	-0.002	0.008	0.360	0.359
Ln(POP)	0.042	-0.002	0.009	5.007	0.000

Görüldüğü gibi, her iki uzaklık matrisine göre GSYIH<sup>2</sup> ve  $W_g$  ile hesaplanan nüfus yoğunluğu dışındaki tüm değişkenler için Moran's  $I$  anlamlı ve pozitif çıkmıştır. Bu durumda, seçilmiş bir gözlem ile komşuları arasında mekâna bağlı olan pozitif yönlü bir korelasyonun varlığından bahsedilebilir. Bu durumda, EKK'nin bize sunduğu katsayılar, standart hatalar ve uyumun iyiliği göstergeleri hatalı olacağından, analize mekânsal modellerle devam etmek gerekecektir (LeSage ve Pace, 2009).

Mekânsal etkilerin modele dâhil edilmesinde Elhorst (2010), öncelikle 2 nolu eşitlikle ifade edilen mekânsal gecikmeli model ile 3 nolu eşitlikle ifade edilen mekânsal hata modeli arasında bir seçim yapılması gerektiğini belirtir. Bu amaçla, sırasıyla Anselin (1988) ve Anselin, Bera, Florax ve Yoon (1996) tarafından geliştirilen Lagrange Çarpanı (LM) ve Robust Lagrange Çarpanı (Robust LM) testleri kullanılmıştır. Bu testler, her iki model için de EKK'yi reddetmiştir. LM ve Robust LM test sonuçları, mekânsal gecikmeli model için daha yüksek olduğundan Çatık vd. (2016)'nın aksine; model seçimi, tüm bağımlı değişkenler için her iki komşuluk matrisinde de mekânsal gecikmeli model yönünde kullanılmıştır. Söz konusu testlere ait sonuçlar, ekler kısmında raporlanmaktadır. Mekânsal gecikmeli modelin, hata modeline göre ekonomik bir anlam taşıdığı da düşünülürse bulguların yorumlanmasının literatüre katkısı olması beklenmektedir. Öte yandan, Elhorst (2010) yukarıdaki gibi bir seçim durumunda, mekânsal Durbin modelinin de mutlaka dikkate alınması gerektiğini, böylelikle daha sapmasız bir tahmin edici elde edileceğini belirtmektedir. Bu amaçla, gelirin komşuluk matrisleri ile ağırlıklandırıldığı 4 nolu mekânsal Durbin modelleri de tahmin edilmiştir.

Tablo 4a ve 4b, sırasıyla ikili ve genel uzaklık matrisleri kullanılarak hesaplanan tahmin edilen tüm mekânsal modellerin sonuçlarını göstermektedir.

**Tablo 4a:  $W_b$  ile Hesaplanan Mekânsal Modeller**

	Bağımlı Değişken $PM_{10}$		Bağımlı Değişken $SO_2$	
	(1) SAR	(2) SDM (GSYİH)	(3) SAR	(4) SDM (GSYİH)
GSYİH	-0.001*** (0.000)	-0.001*** (0.000)	-0.001*** (0.000)	-0.001*** (0.000)
GSYİH <sup>2</sup>	6.30e-09*** 0.000	6.55e-09*** 0.000	4.06e-09** 0.000	4.54e-09** 0.000
lnPOP	8.641*** (1.56)	8.658*** (1.57)	2.211 (1.22)	2.318 (1.26)
W*GSYİH		0.000 0.000		0.000 0.000
Sabit	-68.929*** (19.45)	-69.271*** (19.56)	-13.339 (14.94)	-15.494 (15.92)
Rho	0.454*** (0.050)	0.454*** (0.050)	0.509*** (0.060)	0.514*** (0.060)
Sigma	22.815*** (1.110)	22.814*** (1.110)	22.241*** (1.620)	22.210*** (1.610)
AIC	5192.758	5192.97	5171.758	5173.021
N	567	567	567	567

Parantez içerisindeki değerler, White standart hatalarını göstermektedir.

\*\*\* p<0.01, \*\* p<0.05, \* p<0.1

**Tablo 4b:  $W_g$  ile Hesaplanan Mekânsal Modeller**

	Bağımlı Değişken $PM_{10}$		Bağımlı Değişken $SO_2$	
	(1) SAR	(2) SDM (GSYİH)	(3) SAR	(4) SDM (GSYİH)
GSYİH	-0.001*** (0.00)	-0.001*** (0.00)	-0.001*** (0.00)	-0.001*** (0.00)
GSYİH <sup>2</sup>	7.23e-09*** (0.00)	6.93e-09*** (0.00)	7.45e-09*** (0.00)	8.40e-09*** (0.00)
lnPOP	9.985*** (1.54)	9.890*** (1.57)	3.721** (1.29)	4.033** (1.37)
W*GSYİH		-0.000 (0.00)		0.001 (0.00)
Sabit	-109.884*** (19.85)	-107.396*** (21.01)	-34.636* (16.01)	-42.214* (18.77)
Rho	0.799*** (0.06)	0.795*** (0.06)	0.680*** (0.10)	0.695*** (0.10)
Sigma	22.974*** (1.23)	22.976*** (1.23)	24.058*** (2.00)	24.017*** (2.02)
AIC	5189.282	5191.139	5235.419	5236.091
N	567	567	567	567

Parantez içerisindeki değerler, White standart hatalarını göstermektedir.

\*\*\* p<0.01, \*\* p<0.05, \* p<0.1

Her ne kadar Moran's  $I$  istatistikleri GSYİH için mekânsal etkilerin varlığını gösterse de, Tablo 4a ve 4b, mekânsal Durbin modeli (SDM)'de kullanılan ve uzaklık matrisleri ile ağırlıklandırılarak oluşturulmuş mekânsal gecikmeli GSYİH'nin hiçbir modelde anlamlı olmadığını ifade etmektedir. Bir başka deyişle, komşu şehirlerin GSYİH'sinin,  $i$  şehrindeki hava kirliliği düzeyi üzerine bir etkisi bulunmamaktadır. Bu sonuç, hem  $PM_{10}$  hem de  $SO_2$  cinsinden ölçülen hava kirliliği değişkeni için geçerlidir. Böylelikle SDM, mekânsal gecikmeli model (SAR) haline indirgenmektedir. Nitekim SAR modelinde, komşu şehirlerin etkisini gösteren rho katsayısı, Tablo 4a ve 4b'deki tüm modellerde anlamlı ve pozitif olarak bulunmuştur.

Söz konusu bulgunun bazı önemli sonuçları vardır. Öncelikle, mekânsal etkiler, EKK'nin doğru tahminler sunmasını engellemektedir. Karşılaştırma yapabilmek için hesaplanan Akaike Bilgi Kriteri (AIC) değerleri de EKK'ye göre, tüm mekânsal modellerde daha düşüktür. Bu nedenle, mekânsal modellerin daha iyi bir uyumun iyiliği sergilediği de görülebilir. İkinci olarak, pozitif çıkan rho katsayısı, Türkiye'de komşu şehirlerin hava kirliliği düzeyinin,  $i$  şehrinin kirlilik düzeyini arttırdığını göstermektedir. Bu sonuç, Güçlü (2016)'nın bulguları ile de uyumludur. Bu durumda,  $i$  şehrinin kirlilik düzeyi arttıkça, komşu şehirlerin havası üzerinde de olumsuz bir etkide bulunacağı söylenebilir. Böylelikle aslında Manski (1993) tarafından belirtilen geri besleme/çarpan mekanizması çalışmakta ve toplam kirlilik,  $i$  şehrinin ürettiğinden daha fazla hale gelmektedir. Söz konusu içsel etkinin modelde dikkate alınmamasının sapmalara neden olabileceği açıktır.

Aslında Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'nın raporları da bu mekânsal bulguyu destekler niteliktedir. Bu raporlarda,  $PM_{10}$  ölçüm değerlerinin illere göre hava kalitesi indeksi (1-iyi, 2-orta, 3-hassas) ile sınıflandırıldığı haritalar bulunmaktadır. Örneğin, Ekim 2014 – Mart 2015 dönemi 6 aylık kış sezonu için söz konusu haritada komşu illerin hava kalitesi indekslerinin genellikle aynı olduğu, bu nedenle hava kirliliği indeksinde genel itibariyle bir kümeleşme olduğu görülmektedir (T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2017, 21). Bu veri, bulgularda yer alan ve bir şehirdeki hava kirliliğinin komşu şehirlerin de hava kalitesini bozduğu, diğer bir deyişle mekânsal etkilerin hava kirliliğinde etkin bir rol oynadığı sonucu ile paraleldir.

Öte yandan, mekânsal etkileri de barındıran SAR modelinin sonuçları, EKK ile yapılan tahminden farklıdır. EKK, gelir ile hava kirliliği arasında U şeklinde ve ÇKE hipotezine ters düşen bir ilişkiyi ifade etmekteydi. Nitekim bu sonuç, karbondioksit emisyonu için ÇKE'yi araştıran Akbostancı vd. (2009)'un çalışması ile de tutarlıydı. SAR modelinin sonuçlarında ise, yukarıdaki modellerde GSYİH'nin kendisi negatif ve anlamlı; karesi ise anlamlı ama her zaman "0" a çok yakın bir değerdir. Bu durumda, ilk bulunan U şeklindeki ilişki de zayıflamaktadır. Aslında Dinda (2004), sunduğu ayrıntılı literatür taramasında, hava kirliliği ile ölçülen ÇKE hipotezinin

genellikle desteklenmediğini, aksine pek çok çalışmanın, bu değişkenlerin gelirle ilişkisini genellikle monoton bir artış ya da azalış şeklinde olarak bulduğunu belirtmektedir. Benzer şekilde, Güçlü (2016) da Türkiye'deki iller için ÇKE hipotezini doğrulayamamış, gelir ve çevre kirliliği için monoton azalan bir ilişki bulmuştur.

Söz konusu ilişkinin zayıf U şeklinde olmasını Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'nın 2017 yılı "Türkiye Çevre Sorunları ve Öncelikleri Değerlendirme Raporuna" bakarak açıklamak mümkündür. Bu rapora göre, 81 il arasından 22 ilde (illerin %27'si) hava kirliliği birinci öncelikli çevre sorunu olarak tanımlanmıştır. Hava kirliliğinin ikinci ve üçüncü öncelikli sorun olduğu il adedinin sırasıyla 24 ve 23 olduğu da hesaba katılırsa, hava kirliliği 69 ilimizde en önemli çevre sorunu olarak görülmektedir. Bu sorunun birincil öncelik taşıdığı iller incelendiğinde ise, genel olarak gelir düzeyinin düşük olduğu göze çarpmaktadır. Aynı raporda Türkiye'de 66 ilde evsel ısınmanın hava kirliliğinin başlıca kaynağı olduğu vurgulanmıştır. Özellikle gelir düzeyi düşük illerde düşük kaliteli kömür, hayvan dışkısı hatta lastiğin ısınmada yakıt olarak kullanılması söz konusu sorunu arttırmaktadır. Bu açıdan bakıldığında, gelir düzeyi arttıkça evsel ısınmada kullanılan yakıt iyileşmekte, böylelikle hava kirliliği azalmaktadır. Örneğin 2015 yılında Diyarbakır ve Kars'ta doğal gaz kullanımının artması ile hava kirliliği birincil sorun olmaktan çıkmış, su kirliliği bu iki il için birincil çevre sorununa dönüşmüştür. Bu durum çalışmada ulaşılan gelir ile hava kirliliği arasında negatif yönlü ilişkiyi açıklamaktadır.

Öte yandan zaman içerisinde hava kirliliğinin kaynakları da değişmektedir. Örneğin, evsel ısınmanın kirlilik içindeki payı 2002-2004 döneminde %88 iken, 2015 yılında bu oranın %81'e düştüğü görülmektedir. Buna karşın gelir düzeyi arttıkça trafik kaynaklı kirlilik gibi kirlilik kaynaklarının payının artmaktadır. Söz konusu bu bilgi, bu çalışmada tespit edilen zayıf U şeklindeki ilişkinin uzun dönemde kuvvetlenebileceğini, dolayısıyla gelir artışının hava kirliliğini arttırabileceğini göstermektedir.

Son olarak, yukarıdaki tüm uzaklık tanımlarına göre, nüfus yoğunluğunun hava kirliliği üzerindeki pozitif ve anlamlı etkisi gözlenmektedir. Bu etki yalnızca ikili uzaklık matrisi ile hesaplanan mekânsal gecikmeli modelde SO<sub>2</sub> üzerinde bulunamamıştır. Bu nedenle genel olarak bulguların nüfus yoğunluğunun hava kirliliğini arttırıcı etkisinin sürdüğünü söylemek mümkündür.



## 5. Sonuç

Bu çalışma, literatürde sıkça tartışılan ÇKE hipotezinin geçerliliğini Türkiye'deki 81 il için yapılan bir analiz ile test etmeyi amaçlamıştır. Bunun için hava kirliliği göstergelerinden PM<sub>10</sub> ve SO<sub>2</sub> bağımlı değişken seçilmiş ve GSYİH'deki değişimin hava kirliliği üzerindeki etkisine bakılmıştır. Türkiye'de il bazında bu analizi yapabilmenin önündeki en büyük engel, illere göre GSYİH'nin artık TÜİK tarafından hesaplanmıyor oluşudur. Bu engeli aşabilmek ve daha yeni bir dönemi kapsayan veri seti ile illere göre ÇKE hipotezini sorgulayarak literatüre katkıda bulunabilmek için TEPAV tarafından gece ışıkları yardımıyla hesaplanan GSYİH tahminleri analiz için dikkate alınmıştır. Böylelikle 2007-2013 yılları arasını kapsamak mümkün olabilmektedir.

Çalışmanın bir diğer hedeflenen katkısı ise, Türkiye'deki 81 ildeki kirlilik düzeylerinin birbirleri üzerindeki etkisini inceleyebilmek için mekânsal modellemenin kullanılmasıdır. Buna göre, mekânsal gecikmeli modelin her iki hava kirliliği tanımına göre de EKK ile tahmin edilene göre daha iyi ve sapmasız sonuç verdiği tespit edilmiştir. Hem LM testi sonuçları hem de SDM'deki mekânsal gecikmeli GSYİH'nin katsayısının anlamlı olmaması, alternatifler arasından tercihi SAR modeli yönünde kullanmaya neden olmuştur. SAR modeli, ayrıca daha iyi bir uyumun iyiliği de göstermektedir. Sonuçlar, Türkiye'deki şehirlerdeki hava kirliliği düzeylerinin birbirinden bağımsız düşünüleceğini göstermektedir. Aksine, bir şehirdeki hava kirliliği göstergelerindeki bir bozulma, komşu şehirlerin hava kalitesini de aynı yönde etkilemekte ve artarak artan bir etkiye neden olabilmektedir. Çalışmanın Çatık vd. (2016)'dan ayrılan en önemli kısmı da burasıdır. Söz konusu çalışma, daha eski bir veri seti ile yapıldığından geri besleme/ çarpan etkisini işaret eden bir mekânsal etki bulamamıştır. Öte yandan, bu çalışmanın bulguları Çevre ve Şehircilik Bakanlığı raporları ile de uyumludur. Nitekim 2017 raporunda hava kalitesi indeksine göre düzenlenen haritalarda, komşu illerin hava kaliteleri arasında bir kümeleşmenin olduğu görülmektedir (T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2017). Bu kümeleşme de çalışmadaki mekânsal etkileri destekleyici niteliktedir. Bir başka deyişle, bir şehirdeki hava kalitesindeki kötüleşmenin, diğer şehirler için de negatif bir etkisi olabilmektedir. Çarpan etkisini ters yönden düşünmek de mümkündür. Hava kirliliğinin bir şehirde iyileştirilmesinin aynı mekanizma ile diğer şehirler üzerinde de pozitif etki yaratacağı sonucu da bu çalışmanın bulguları arasındadır. Bu nedenle politika yapıcıların uygulayacağı yerel önlemlerin olumlu etkisi daha yüksek olacaktır.

Bu çalışmanın bir diğer sonucu ise literatürde tartışılan ÇKE hipotezinin desteklenemediğidir. Aksine hava kirliliği ile gelir düzeyi arasında zayıf da olsa U şeklinde bir etkinin varlığından bahsedilebilir. Bu durumu, hava kirliliğinin

kaynaklarına bakarak açıklamak mümkün olabilir. Kirliliğin en önemli kaynakları arasında evsel ısınma araçlarının kalitesi gösterilebilir. Özellikle gelir düzeyi düşük şehirlerde kullanılan düşük kaliteli kömür veya hayvansal yakıtlar, kirliliği kış dönemlerinde oldukça arttırmaktadır. Doğalgaz veya mümkün olan illerde jeotermal gibi daha kaliteli ve az kirleten yakıtlara geçilmesi ile birlikte kirlilik sorunu oldukça azalmaktadır. Bu yakıtların kullanılması ise ancak gelir durumunda bir iyileşme ve uygulanacak yerel çevresel politikalar ile mümkündür. Çalışmada bulunan zayıf U biçimindeki ilişkinin negatif ayağını bu şekilde açıklamak mümkündür. Hava kirliliği kaynaklarının, evsel ısınmadan, trafik ve sanayi atıklarına doğru kayması ise gelecekte gelir ile kirlilik ilişkisinin bu şekilde sürmeyeceğini ve U şeklindeki ilişkinin zaman içerisinde güçlenebileceğini de göstermektedir. Bu nedenle, Türkiye'deki illerde sadece gelir düzeyi arttığı için hava kirliliği göstergelerinde bir iyileşme beklemek gerçekçi olmayabilir. Politika yapıcıların, hava kirliliğine ilişkin ulusal ve yerel boyutta önlemler alması bu açıdan büyük önem taşımaktadır.

## Kaynakça

- Akbostanci, E., Türüt-Aşık, S. ve Tunç, G. I. (2009). the relationship between income and environment in Turkey: Is there an Environmental Kuznets Curve? *Energy Policy*, 37(3), 861–867.
- Anselin, L. (1988). *Spatial econometrics: Methods and models*. 1. Baskı, Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Anselin, L. (2001). Spatial effects in econometric practice in environmental and resource economics. *American Journal of Agricultural Economics*, 83(3), 705–710.
- Anselin, L., Bera, A. K., Florax, R. ve Yoon, J. M. (1996). Simple diagnostic test for spatial dependence. *Regional Science and Urban Economics*, 26(1), 77–104.
- Ansuategi, A. (2003). Economic growth and transboundary pollution in Europe: An empirical analysis. *Environmental and Resource Economics*, 26(2), 305–328.
- Atıcı, C. ve Kurt, F. (2007). Türkiye'nin dış ticareti ve çevre kirliliği: Çevresel Kuznets Eğrisi Yaklaşımı. *Tarım Ekonomisi Dergisi*, 13(2), 61–69.
- Başar, S. ve Temurlenk, M. S. (2007). Çevreye Uyarlanmış Kuznets Eğrisi: Türkiye üzerine bir uygulama. *İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 21(1), 1–12.
- Çatık, A. N., Karaçuka, M. ve Huyugüzel Kışla, G. (2016). Air pollution and income relationship in Turkish provinces: A spatial approach. *Marmara Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 38(1), 127–146.
- Dinda, S. (2004). Environmental Kuznets Curve Hypothesis: A survey. *Ecological Economics*, 49(4), 431–455.
- Elhorst, J. P. (2010). Applied spatial econometrics: Raising the bar. *Spatial Economic Analysis*, 5(1), 9–28.
- Güçlü, M. (2016). The Environmental Kuznets Curve For Turkish Nuts-3 regions: A spatial econometric Analysis. *12th ASECU Conference Inclusive and Sustainable Development and the Role of Social and Solidarity Economy*, 29-30 Eylül 2016, Eskişehir, 67–73.

- Kaika, D. ve Zervas, E. (2013b). The Environmental Kuznets Curve (EKC) Theory-part A: Concept, causes and the CO2 emissions case. *Energy Policy*, 62, 1392–1402.
- Kaika, D. ve Zervas, E. (2013a). The Environmental Kuznets Curve (EKC) Theory. Part B: Critical issues. *Energy Policy*, 62, 1403–1411.
- LeSage, J. P. (1997). Regression analysis of spatial data. *Journal of Regional Analysis and Policy*, 27(2), 83–94.
- LeSage, J. P. ve Pace, R. K. (2009). *Introduction to spatial econometrics*. Florida: Chapman and Hall.
- Lise, W. (2006). Decomposition of CO2 Emissions over 1980-2003 in Turkey. *Energy Policy*, 34(14), 1841–1852.
- Maddison, D. (2006). Environmental Kuznets Curves: a spatial econometric approach. *Journal of Environmental Economics and Management*, 51(2), 218–230.
- Manski, C. F. (1993). Identification of endogenous social effects: The reflection problem. *The Review of Economic Studies*, 60(3), 531–542.
- McPherson, M. A. ve Nieswiadomy, M. L. (2005). Environmental Kuznets Curve: Threatened species and spatial effects. *Ecological Economics*, 55(3), 395–407.
- Millimet, D. L., List, J. A. ve Stengos, T. (2003). The Environmental Kuznets Curve: Real progress or misspecified models? *Review of Economics and Statistics*, 85(4), 1038-1047.
- Özcan, B. (2015). ÇKE Hipotezi yükselen piyasa ekonomileri için geçerli mi? Panel Veri Analizi. *Doğuş Üniversitesi Dergisi*, 16(1), 1–14.
- Rupasingha, A., Goetz, S. J., Debertin, D. L. ve Pagoulatos, A. (2004). The Environmental Kuznets Curve for US counties: A spatial econometric analysis with extensions. *Papers in Regional Science*, 83(2), 407–424.
- Soytaş, U. ve Sarı, R. (2009). Energy Consumption, economic growth, and carbon emissions: challenges faced by an EU candidate member. *Ecological Economics*, 68(6), 1667–1675.

- T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı. (2008). *Türkiye çevre sorunları ve öncelikleri envanteri değerlendirme raporu (2005-2006)*. Ankara.
- T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı. (2012). *Türkiye çevre sorunları ve öncelikleri envanteri değerlendirme raporu*. Ankara.
- T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı. (2017). *Türkiye çevre sorunları ve öncelikleri değerlendirme raporu (2015 yılı verileriyle)*. Ankara.
- Tobler, W. R. (1970). A computer movie simulating urban growth in the Detroit region. *Economic Geography*, 46(Supplement: Proceedings), 234–240.

## Ekler

### E1: Wb ile hesaplanan Mekânsal Modeller için LM ve Robust LM sonuçları

	Bağımlı Değişken PM <sub>10</sub>			Bağımlı Değişken SO <sub>2</sub>		
	İstatistik	df	p-değeri	İstatistik	df	p-değeri
<b>SEM</b>						
LM	90.110	1.000	0.000	89.535	1.000	0.000
Robust LM	9.139	1.000	0.003	7.787	1.000	0.005
<b>SAR</b>						
LM	108.187	1.000	0.000	104.547	1.000	0.000
Robust LM	27.216	1.000	0.000	22.799	1.000	0.000

### E2: Wg ile hesaplanan Mekânsal Modeller için LM ve Robust LM sonuçları

	Bağımlı Değişken PM <sub>10</sub>			Bağımlı Değişken SO <sub>2</sub>		
	İstatistik	df	p-değeri	İstatistik	df	p-değeri
<b>SEM</b>						
LM	250.471	1.000	0.000	41.704	1.000	0.000
Robust LM	3.706	1.000	0.054	0.485	1.000	0.486
<b>SAR</b>						
LM	277.778	1.000	0.000	46.264	1.000	0.000
Robust LM	31.014	1.000	0.000	5.045	1.000	0.025

---

## Environmental Kuznets Curve: A Spatial Modeling on Turkey by Using Night Time Lights

---

### Extended Abstract

---

#### 1. Introduction

The existence of environmental Kuznet's curve (EKC) that suggests an inverted U shaped relation between income level and negative environmental impacts has been long discussed for many economies in the world. The aim of this paper is to re-consider the existence of EKC for air pollution in 81 Turkish provinces. To do so, two different air pollution proxies, namely SO<sub>2</sub> and PM<sub>10</sub> levels are employed, while per capita income and population are independent variables.

The novelties of this paper are two-fold. The first contribution is to introduce the spatial effects into the analyses. The main assumption of EKC discussions is that the decision making process is completely independent from the decision makers themselves and the environmental impacts. Only a small number of studies have challenged this assumption and have added spatial effects into these analyses. Following these studies, this paper investigates the existence of EKC for air pollution while considering the impacts of pollution in the neighboring provinces.

There are a few studies that consider spatial interactions while asking the same research question for Turkey. However, their dataset is not recent due to data limitations. They mostly use the per capita income data provided by Turkish Statistical Institute, which covers 58 Turkish provinces and ends in 2001. To conduct a current analysis, another dataset is required. The second novelty of this paper comes from the data employed in the analyses. This paper uses per capita income data based on night time lights and provided by TEPAV. As a result, it aims to reflect the most current situation regarding EKC hypothesis in Turkey.

#### 2. Method

While the second chapter reviews the existing EKC literature for Turkey and other countries, the third chapter explains the method used in this study. Different from many studies, this paper employs spatial methods that consider the neighbors' impact on the current pollution level of a province. This chapter explains why classical regression methods are not sufficient to explain the level of air pollution and how spatial models help to overcome these shortcomings. In addition, the data employed for the analyses and data sources are expressed thoroughly.

#### 3. Results and Discussion

This chapter shows that the existence of spatial interactions makes the results obtained through OLS estimator questionable. The results indicate that the air pollution level of neighboring provinces increases the pollution level of a specific province. Therefore, it is possible to point out that pollution level has a multiplier effect in terms of decreasing the air quality. Second, and most importantly, the EKC hypothesis cannot be confirmed for Turkish provinces. Instead, a monotonic negative relation between income level and air pollution has been observed when spatial interactions are added into the analyses. This finding can be explained through the reports of The Ministry of Environment and Urbanization. These reports note that as the income level increases, the fuels that are used for domestic

heating have better quality, therefore an enhancement in the air quality is observed. The inverted U shaped relation might be observed in the long run, since the pollution based on heavy vehicle traffic might be the case as the per capita income continues to increase.

#### **4. Conclusion**

This paper tries to test the relation between income level and air pollution for 81 Turkish provinces while using the most recent data and considering the spatial interactions among neighboring cities. The findings cannot confirm the existence of EKC hypothesis; instead they point out a negative relation between income level and air pollution. This finding might seem surprising at first. However, the reports of The Ministry of Environment and Urbanization explain that the amelioration in the air quality is a result of better fuels that are used in the domestic heating, as the income level augments. In addition, spatial effects that are added into the models are found to be significant. That is to say, a deterioration of the air quality in one province also affects its neighbors in a negative way. This conclusion can be evaluated on the contrary as well. The policies that enhance air quality in a province will also add to the air quality in the neighborhood. This multiplication effect increases the impact of local policies.