

DÖNGÜSEL EKONOMİYE GEÇİŞTE ENDÜSTRİYEL SİMBİYOZUN MALİYETLER ÜZERİNE ETKİSİ

Elif N. DEMİRCİOĞLU¹
Demet EVER²

ÖZ

Endüstriyel ekolojinin işletmeler arası çalışma alanı olan endüstriyel simbiyoz, birbirine yakın konumdaki işletmeler arasında malzeme, su, enerji, yan ürünler ve atıkların değişimine odaklanmakta olup, bu durum işletmelere maliyetleri azaltmak ve çevresel performansı arttırmak yoluyla rekabet avantajı sağlayabilmektedir. Bu döngüsel sistem sayesinde işletmelerin birbirleriyle sürekli etkileşim hâlinde olabilmemesinin yanı sıra maliyetlerde önemli tasarruflar sağlanabilecektir. Endüstriyel simbiyoz ile malzeme tüketimi ve atık israfı azaltılarak endüstriyel sistemlerin kaynaklarının verimliliği artırılabilir, bu da büyük ekonomik ve çevresel faydalar sağlamaktadır. Bu nedenle döngüsel ekonominin geliştirilmesinde endüstriyel simbiyoz sisteminin kullanılması önemli avantajlar sağlamaktadır. Bu doğrultuda bu çalışmanın amacı, döngüsel ekonominin güçlendirilmesini sağlayan endüstriyel simbiyozun, maliyetler üzerindeki etkilerini ve yarattığı faydaları ortaya koymaktır. Bu kapsamda yapılan bu teorik çalışma ile öncelikle endüstriyel simbiyoz kavramı ve kullanılan yöntemler açıklanmış, daha sonra döngüsel ekonomide endüstriyel simbiyozun önemi açıklanarak, dünyada ve Türkiye’de endüstriyel simbiyoz örneklerinin yarattığı faydalar ve maliyet avantajları ortaya konulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Döngüsel Ekonomi, Endüstriyel Simbiyoz, Çevre ve Üretim Maliyetleri

THE EFFECT OF INDUSTRIAL SYMBIOSIS ON ENVIRONMENTAL COSTS IN TRANSITION TO CIRCULAR ECONOMY

ABSTRACT

Industrial symbiosis, a business to business subfield of industrial ecology, concentrates on exchanging of material, water, energy, by-product and waste between companies which are located close to each other and by this way companies can increase their competitive advantages by reducing production cost and increasing environmental performance. By means of this circular system, companies can have significant cost savings as well as they can interact with each other continuously. With industrial symbiosis, it is possible to increase the efficiency of resources and energy of industrial systems by reducing material consumption and waste, which provides great economic and environmental benefits. Therefore, the use of the industrial symbiosis system provides important advantages in the development of the circular economy. Accordingly the aim of this study is to expose the benefits and cost effect of industrial symbiosis which ensures the strengthening of the circular economy. Within this context, through this theoretical study first industrial symbiosis concept and its methods has been explained, then the importance of industrial symbiosis on circular economy has been stated and benefits and cost savings of the industrial symbiosis examples on the World and Turkey have been exposed.

Keywords: Circular Economy, Industrial Symbiosis, Environmental and Production Cost

¹Dr. Öğr. Üyesi, Çukurova Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, İşletme Bölümü, elunal@cu.edu.tr
ORCID: 0000-0001-9711-2081

²Doktora Öğrencisi, Çukurova Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İşletme Bölümü,
dever@student.cu.edu.tr ORCID: 0000-0002-9790-3569

Received/Geliş: 10/08/2020 Accepted/Kabul: 09/10/2020, Research Article/Araştırma Makalesi

Cite as/Alıntı: Demircioğlu, E.N., Ever, D. (2020), “Döngüsel Ekonomiye Geçişte Endüstriyel Simbiyozun Maliyetler Üzerine Etkisi”, Çukurova Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, cilt 29, sayı 3, s 461-473.

Giriş

18. yüzyılın ortalarındaki ilk sanayi devriminden bu yana, sanayi faaliyetleri üretkenliği arttırmış ve insanların refah seviyesini yükseltmiştir (Zhao, Zhao, ve Guo, 2017, s. 2262). Ancak bunun yanı sıra aşırı endüstriyel üretim; su ve toprak kaynaklarının tükenmesi, sera gazlarında artış, biyolojik çeşitliliklerin azaltılması gibi birçok çevresel ekolojik sorunları da beraberinde getirmiştir (Neves, Godina, Azevedo ve Matias, 2020, s. 2; Zhao vd., 2017, s. 2262). Bu doğrultuda yeni bir kavram olan *Endüstriyel Ekoloji* (Industrial Ecology, IE); çevreye duyarlı üretim ve tüketimin geliştirilmesi için, endüstriyel kalkınmayı, doğal kaynakların sürdürülebilir kullanımı ile dengelemeyi amaçlamakta olup, toplum, ekonomi ve çevre arasındaki ilişkiyi sağlayarak, doğal kaynakların korunması, enerji kullanımı ve geri dönüşüm gibi konulara odaklanmaktadır (Berkel, Willems ve Lafleur, 1997, s. 11; Özkan, vd., 2018, s. 85). Görüldüğü üzere, endüstriyel ekoloji, ürünlerin ve süreçlerin endüstriyel tasarımına ve sürdürülebilir üretim stratejilerinin uygulanmasına yeni bir yaklaşım olup, çevresel sorunlara odaklanmaktadır (Jelinski, Graedel, Laudise, McCall ve Patel, 1992, s. 793; Mirata ve Emtairah, 2005, s. 994). Bu yönüyle endüstriyel ekolojinin amacı; atıkları kullanmak ve kaliteli hizmetler sunmak için endüstriyel gelişme ile enerji ve malzeme gibi doğal kaynakların sürdürülebilir kullanımını dengelemektir (Berkel, vd., 1997, s. 51). Son zamanlarda sanayi dünyasında, tekil endüstri sanayisinden birbiriyle daha çok iletişim hâlinde olan ve bütünsel bir yaklaşımı destekleyen çoğul endüstri yaklaşımına doğru hızlı bir ilerleme görülmektedir (Özkan, Günkaya, Özdemir ve Banar, 2018, s. 84). Öyle ki birçok sanayi kolları birbirine yakın ve bağlantılı bir şekilde kurulmaktadır (Chertow, 2000, s. 313). İşletmeler arasındaki birçok bağlantı nedeniyle, bir sanayi bölgesi artık bir endüstriyel ekosisteme dönüşmekte, bu sinerjik bağlantılar da endüstriyel simbiyoz olarak nitelendirilebilmektedir (Giurco, Bossilkov, Patterson, ve Kazaglis, 2011, s. 868). Chertow (2000) tarafından '*Endüstriyel Simbiyoz*' (Industrial Symbiosis), endüstriyel ekoloji ilkelerinin belki de en iyi bilinen uygulaması olarak nitelendirilmiş olup, birbirine yakın konumdaki işletmeler arasında malzeme, su, enerji, yan ürünler ve üretim süreci atıklarının değişimi olarak tanımlanmıştır (Giurco vd., 2011, s. 868; Chertow, 2000, s. 313). Ayrıca yeni kurulacak olan işletmeler ve mevcuttaki işletmeler için de uygulanabilir bir sistemdir (Özkan, vd., 2018, s. 87).

Endüstriyel simbiyoz sisteminin kurulması, döngüsel ekonominin geliştirilmesinde faydalı olmaktadır (Wen ve Meng, 2015, s. 218). Öyle ki endüstriyel simbiyoz, endüstriyel ekolojinin gerçekleştirilmesi ve döngüsel ekonominin uygulanması için giderek daha önemli hâle gelen stratejik bir araç olarak kabul edilmektedir (Mortensen ve Kornov, 2019, s. 56). Bu doğrultuda endüstriyel simbiyoz uygulamalarının ekonomik gelişmelere fayda sağladığı gibi ağır sanayide, su ve arazi tasarrufları, atık kullanımı ve sera gazı azaltımlarıyla ilişkili kirliliğin giderilmesi gibi birçok konuda avantaj sağladığı görülmektedir (Chertow, 2007, s. 13). Endüstriyel simbiyoz, atık, enerji ve su için işletmeler arası değişimleri teşvik etmenin faydalarına odaklanmakta ve çevresel sorunları çözebilmek için endüstriyel faaliyetlerin mekânsal yakınlığından faydalanmaktadır (Giurco vd., 2011, s. 868; Mirata ve Emtairah, 2005, s. 994). Endüstriyel simbiyoz ile bir işletmenin atıklarının bir diğersinin girdisine dönüşmesiyle, üretim maliyetlerinin azaltılması ve çevresel performansın artırılması yoluyla, işletmelerin rekabet avantajları arttırılabilmektedir (Yuan ve Shi, 2009, s. 1295).

Bu çalışma ile döngüsel ekonomiye geçişte endüstriyel simbiyozun, işletmenin maliyetlerini nasıl etkilediği ortaya konulmuştur. Bu doğrultuda çalışmada öncelikle endüstriyel simbiyoz kavramı açıklanmış, ardından endüstriyel simbiyoz uygulamalarında kullanılan yöntemler ortaya konmuştur. Daha sonra döngüsel ekonomiye geçişte endüstriyel simbiyozun önemi ve işletmelere sağladığı maliyet avantajları dünyadaki ve Türkiye'deki örnekler incelenerek açıklanmıştır.

1. Endüstriyel Simbiyoz

Endüstriyel ekoloji kavramı daha önce de belirtildiği üzere, bir endüstriyel sistemin kendisini çevreleyen sistemlerden bağımsız olarak değil, bu sistemlerle birarada olması gerektiğini ifade etmekte olup, Tablo 1'de görüldüğü gibi işletme düzeyinde, işletmeler arası düzeyde ve bölgesel/küresel düzeyde olmak üzere üç düzeyde incelenebilmektedir (Chertow, 2000, s. 314). Endüstriyel simbiyoz ise endüstriyel ekolojinin, işletmeler arası düzeyde gerçekleştiği bir boyutu olup, farklı işletmeler arasında değişimleri içermektedir (Chertow, 2000, s. 314).

Tablo 1. Endüstriyel Ekoloji Düzeyleri

Endüstriyel Ekoloji		
İşletme	İşletmeler Arası	Bölgesel/ Küresel
<ul style="list-style-type: none">• Çevreye Uygun Tasarım• Çevre Kirliliğini Önleme• Yeşil Muhasebe	<ul style="list-style-type: none">• Endüstriyel Simbiyoz (Eko-Endüstriyel Parklar)• Ürün Yaşam Döngüleri• Endüstriyel Sektör Girişimleri	<ul style="list-style-type: none">• Bütçeler• Malzeme ve Enerji Akışı Çalışmaları

Kaynak: Chertow, 2000, s. 315.

Endüstriyel simbiyoz kavramını tanımlamadan önce, simbiyoz kelimesinin anlamını açıklamak yararlı olacaktır. Simbiyoz ifadesi, doğadaki biyolojik simbiyotik ilişkiler kavramı üzerine kurulu olup, içerisindeki en az iki farklı türün tek bir organizma gibi birbirleriyle yardımlaşarak, karşılıklı fayda sağlayacak şekilde malzeme, enerji veya bilgi alışverişinde bulunarak bir arada yaşamaları anlamına gelmektedir (Chertow, 2000, s.314; Subaşı ve Demirer, 2014; Özkan, vd., 2018, s.86). Bu yönüyle simbiyoz kavramı farklı iki canlının birbirinden karşılıklı faydalandığı ortak yaşama şekli olarak nitelendirilebilmektedir. Kısaca simbiyoz kelimesi karşılıklı fayda amaçlayan fiziksel değişimi ortaya koymaktadır (Lambert ve Boons, 2002, s. 474). Bu doğrultuda simbiyoz kavramı “ortak yaşam” olarak ifade edilmekte olup, endüstriyel simbiyoz kavramı ise “endüstriyel ortak yaşam” olarak nitelendirilmektedir (Özkan, vd., 2018, s. 86).

Endüstriyel ekolojiye dayanarak endüstriyel simbiyoz kavramı ortaya çıkmış olup, bu kavram ilk olarak Lowe ve Evans tarafından 1995 yılında ortaya atılmıştır (Lambert ve Boons, 2002, s. 472). Endüstriyel simbiyoz kavramı, coğrafik olarak birbirine yakın olan, farklı sektörlerde faaliyet gösteren işletmeler arasında; malzeme, su, enerji, yan ürünler ve üretim süreci atıklarının fiziksel olarak değişimini teşvik eden bir yaklaşım olarak tanımlanabilmektedir (Chertow, 2000, s. 313; Chertow, 2007, s. 12; Lambert ve Boons, 2002, s. 474; Giurco vd., 2011, s. 868; Boons, Spekkink ve Mouzakitis, 2011, s.

905). Öyle ki işletmeler birlikte çalışarak, tek başlarına çalışarak elde edebilecekleri bireysel faydaların toplamından, daha büyük fayda sağlayabileceklerdir (Chertow, 2000, s. 314). Bu tür işbirliği işletmeler arası sosyal ilişkilerin gelişmesine de katkı sağlayabilmektedir (Chertow, 2000, s. 314). Chertow 2007 yılında yaptığı çalışmasında endüstriyel simbiyoz modelini; kendi kendine organize olan model ile planlanan model olmak üzere ikiye ayırmıştır. Kendi kendine organize olan endüstriyel simbiyoz modelinde merkezi bir kurum tarafından herhangi bir planlama yapılmadan, işletmelerin maliyet azaltma, gelir artırma veya iş genişletme gibi amaçlarını yerine getirmek üzere kaynak alışverişinde bulunma kararlarından doğmaktadır (Chertow, 2007, s. 21; Genç, 2020, s. 5). İlk aşamalarda, işletmelerin endüstriyel simbiyozda dâhil olma bilinci yoktur, ancak bu zamanla gelişebilir (Chertow, 2007, s. 21). Planlanan endüstriyel simbiyoz modelinde ise bilinçli bir şekilde farklı sektörlerden işletmeler belirlenip bir araya getirilerek kaynak alışverişinde bulunulması sağlanmaktadır (Chertow, 2007, s. 21). Endüstriyel simbiyozun bazı uygulamaları eko endüstriyel parklarda geliştirilmiş olup, bu eko endüstriyel parklar, endüstriyel simbiyoz kavramının somut gerçekleri olarak görülmektedir (Chertow, 2007, s. 21; Genç, 2020, s. 5). Eko endüstriyel park, ortak bir alan üzerinde faaliyet gösteren işletmeler topluluğu olarak tanımlanabilmekte olup, bu işletmeler çevre ve kaynak problemlerini yönetmede işbirliği yaparak sürdürülebilirlik performansını arttırmaya çalışmaktadır (Genç, 2020, s. 6). Söz konusu bu eko-endüstriyel parklar, endüstriyel parkların çevreye duyarlı versiyonu olup, mal ve hizmetlerin üretim süreçlerine doğa perspektifinden bakmakta ve kaynakları koruyarak, geri dönüştürerek doğal bir sistemi oluşturabilmek için her türlü çabayı göstermektedir (Chertow, 2000, s. 314; Zhao vd., 2017, s. 2262; Ehrenfeld ve Gertler, 1997, s. 68; Genç, 2020, s. 5). Endüstriyel simbiyoz sayesinde çevresel sorunlar azaltılarak, enerji ve kaynak verimliliği sağlanmaktadır (Chopra ve Khanna, 2014, s. 87; Jacobsen, 2006, s. 241). Ayrıca kaynak paylaşımı maliyetleri azaltabilmekte ve dolayısıyla işletme kârını arttırabilmektedir (Chertow, 2007, s. 13).

2. Endüstriyel Simbiyoz Uygulamalarında Kullanılan Yöntemler

Endüstriyel simbiyoz uygulamalarında kullanılan birçok yöntem ve analiz teknikleri bulunmaktadır. Bunlardan literatürde en çok kullanılanları girdi çıktı analizi, malzeme ve madde akış analizi, ürün yaşam döngüsü analizi, çok kriterli karar verme yöntemleridir (Özkan, 2018, s. 88-91; Bailey, Allen ve Bras, 2004, s. 47).

2.1. Girdi Çıktı Analizi

Girdi-çıkıtı analizi, endüstrideki çevresel konularla ilgili faaliyetleri içine alan bir yaklaşımdır (Bailey, vd., 2004, s. 47). Bailey ve arkadaşları (2004), girdi çıkıtı yöntemini “ekolojik girdi çıkıtı analizi” veya “girdi-çıkıtı akış analizi” olarak da adlandırmıştır. Girdi-çıkıtı tablosu ile girdilerin kaynağı ve çıkıtların neye sebep olduğu açık bir şekilde ortaya konulmaktadır (Kayacan, 2007, s. 4). Çevresel performansın izlenmesini ve çevresel maliyetlerin takip edilmesini sağlayan çevresel muhasebe uygulamalarında ilk adım malzeme ve enerji kullanımına ilişkin girdi-çıkıtı analiz modelinin geliştirilmelisi olmaktadır (Memiş, 2009, s. 91.93).

2.2. Malzeme ve Madde Akış Analizi

Malzeme akışları, endüstriyel sistemlerde finansal akışlar kadar önemlidir (Bailey vd., 2004, s. 47). Bu kapsamda malzeme akış analizi (material flow analysis), endüstriyel

simbiyoz uygulamalarında fayda sağlamak ve sıklıkla kullanılan bir yöntem olmaktadır (Özkan, vd., 2018, s. 89). Malzeme akış analizi, ekonomi, çevre yönetimi, kaynak yönetimi ve atık yönetimi gibi çeşitli alanlarda temel bir araç olarak kullanılmaktadır (Brunner ve Rechberger, 2016, s. 13). Malzeme akış analizi genellikle malzeme akış muhasebesi ile eşanlı olarak kullanılabilir (Bringezu ve Moriguchi, 2002, s. 79). Öyle ki Özçelik, 2017 yılında yaptığı çalışmada malzeme akış maliyet muhasebesi olarak nitelendirmiş olup, bir işletmede hem fiziksel hem de parasal olarak malzeme akışlarını ve stokları izleyen ve malzeme eşitliğini temel alarak ürün maliyetleri ile kayıpların maliyetlerini ayrı ayrı hasaplamayı sağlayan bir araç olarak tanımlamıştır. Bu yöntem ile malzeme ve enerjinin verimli kullanılması yoluyla çevresel sorunları ve maliyetleri azaltmak amaçlanmakta olup, bu yönüyle bu yöntemin çevre muhasebesinin önemli araçlarından biri olduğu söylenebilmektedir (Özçelik, 2017, s. 928). Diğer taraftan malzeme akış analizinin bir dalı olarak madde akış analizi ise (substance flow analysis) belirli bir madde veya sınırlı bir madde grubu ile ilgili bir yönetim stratejisi için ilgili bilgi sağlamayı amaçlamaktadır (Wen ve Meng, 2015, s. 212; Van der Voet, 2002, s. 91). İki yöntem arasındaki fark, malzeme akış analizinin tüketici veya yatırım gibi ekonomik terimlere odaklanarak, ekonomik bir sistemdeki mal akışlarının ve stoklarının analiziyle ilgilenmesi, madde akış analizinin ise genel bir yönetim stratejisi ile ilgili bilgileri sağlamak amacıyla, kimyasal bileşikler ve elementler gibi belirli maddelerin akışlarını ve stoklarını incelemesidir (Karakaş, 2014, s. 14).

2.3. Yaşam Döngüsü Analizi

Bir ürünün yaşam döngüsü boyunca çevresel yükünün hesaplandığı yaşam döngüsü analizi, girdi-çıkı tekniklerini genişletmeye odaklanmakta olup, bu yöntem bir endüstriyel simbiyoz durumunda çeşitli sinerjik değişimlerin çevresel etkilerini tahmin etmek ve karşılaştırmak için bir karar verme aracı olarak kullanılmaktadır (Chopra ve Khanna, 2014, s. 87; Bailey, vd., 2004, s. 51). Hammaddelerin elde edilmesinden, üretim, dağıtım ve tüketici tarafından kullanımı ve kullanımı sonrasında atık olarak bertaraf edilmesine kadar yaşam döngüsünün çeşitli aşamalarında ortaya çıkan çevresel etkileri tespit etmek, raporlamak ve yönetmek gibi amaçları bakımından endüstriyel ekolojinin uygulanması için de gerekli bir araç olmaktadır (Özkan, vd., 2018, s. 89).

2.4. Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri

Çok kriterli karar verme yöntemleri birden çok alternatifin ve bunlara ait birden çok kriterin bulunduğu durumlarda, istenilen amaca yönelik en iyi sonuca ulaşabilmek için, karar almayı kolaylaştıran yöntemlerdir (Demircioğlu ve Coşkun, 2018, s. 184). Araştırmacı, bu yöntemde ilk olarak hedefleri doğrultusunda ölçütler belirlemekte, sonra da alternatiflerin ölçütlere uygun olup olmadığını saptamaktadır (Özkan, vd., 2018, s. 90). Zhao ve arkadaşları (2017), endüstriyel simbiyoz uygulamalarında çok kriterli karar verme modelini kullanarak döngüsel ekonomi için eko-endüstriyel parkların kapsamlı faydalarının değerlendirilmesi ve sıralanmasında büyük bir potansiyel sunduklarını belirtmişlerdir. Söz konusu bu yöntemin endüstriyel simbiyoz uygulamalarında kullanılması ile ilgili çalışmalar henüz çok yeni ve sınırlı sayıda olup, bu yöntemin, işletmeler tarafından endüstriyel simbiyoz çalışmalarına dâhil edilerek öncelik verilmesi, çalışmaların seçimi ve fayda maliyet analizi, risk analizi gibi araçlarla desteklenerek endüstriyel simbiyoz uygulamalarını geliştireceği öngörülmektedir (Özkan, vd., 2018, s. 91).

3. Döngüsel Ekonomi ve Endüstriyel Simbiyozun Sağladığı Maliyet Avantajları

Endüstriyel simbiyoz ile amaç birbirine yakın konumdaki işletmelerin birbirleriyle sürekli iletişim ve etkileşim hâlinde olmasını sağlamak olup, bu yönüyle döngüsel sistemler olarak algılanmaktadır (Subaşı ve Demirer, 2014; Özkan, vd., 2018, s. 86). Bu doğrultuda endüstriyel simbiyozun son zamanlarda ülkemizde tartışılmaya başlanan döngüsel ekonominin temelini oluşturduğu söylenebilmektedir (Subaşı ve Demirer, 2014). Döngüsel ekonomi modeli, endüstriyel gelişme ve çevre arasındaki ilişki ile merkezi olarak ilgilenen ekolojik modernleşme teorisine çok yakındır (Geng, Zhu, Doberstein ve Fujita, 2009, s. 997). Endüstriyel simbiyoz ise, endüstriyel ekolojinin gerçekleştirilmesi ve döngüsel ekonominin uygulanması için önemli hâle gelen stratejik bir araçtır (Mortensen ve Kornov, 2019, s. 56). Endüstriyel ekolojinin bir alt alanı olan endüstriyel simbiyoz, döngüsel ekonominin geliştirilmesi için önemli bir yol olmaktadır (Wen ve Meng, 2015, s. 212). Zira endüstriyel simbiyozun bir işletmenin atıklarını bir diğerinin girdisine dönüştürmesi yoluyla üretim maliyetleri azaltılabilmekte, çevresel performansın artırılması sağlanabilmekte ve bunların sonucunda işletmelerin rekabet avantajlarını arttırması mümkün olabilmektedir (Yuan ve Shi, 2009, s. 1295). Döngüsel ekonomi, kullanılan kaynakların uzun süre korunmasını sağlamak, onları sıklıkla kullanabilmek ve oluşabilecek atık seviyesini en aza indirmeyi amaçlamaktadır ki bu doğrultuda döngüsel ekonomi doğadan esinlenerek oluşan bir yaklaşım olarak nitelendirilebilmektedir (Koçan, Gültekin ve Baştuğ, 2019, s. 538). Öyle ki, doğadaki her canlının atığını başka bir canlı kullanmakta ve bu döngü bu şekilde sürekli devam etmekte olup, bu durumun endüstriyel üretimdeki karşılığı ise *Döngüsel Ekonomi* olarak ifade edilmektedir (Koçan, vd., 2019, s. 538). Döngüsel ekonomi aynı zamanda bölgesel rekabet gücüne ve ekonomik büyümeye katkıda bulunmayı amaçlamaktadır (Geng, vd., 2009, s. 997). Endüstriyel simbiyoz ve döngüsel ekonominin topluma ve bir bütün olarak ekonomiye faydalı olacağı vurgulanmaktadır (Andersen, 2007, s. 137). Öyle ki ekonomik büyüme, çevresel bozulma ve kaynak yetersizliği arasındaki artan karmaşa, döngüsel ekonomi ve sürdürülebilir kalkınmayı başarmanın etkili bir yoludur ve bu doğrultuda eko endüstriyel parklar döngüsel ekonomi alanında kritik bir araştırma konusu hâline gelmiştir (Zhao vd., 2017, s. 2262).

Avrupa Birliği'nde "Döngüsel Ekonomi Paketi" kaynak-verimli, yeşil ve rekabetçi düşük-karbon ekonomisine geçiş hedefi doğrultusunda Aralık 2015'te hazırlanmış ve 2018'de kabul edilmiştir (Veral, 2018, s. 485). Veral (2018) yaptığı bu çalışmasında, döngüsel ekonomiye geçilmesi sonucu yaşanan gelişmeleri incelemiş, döngüsel ekonomi alanında yapılan çalışmaların "2030 Sürdürülebilir Kalkınma" hedeflerini uygulamaya yönelik bir adım olduğunu ifade etmiştir. Bu nedenle bu alandaki çalışmaların Türkiye'deki çalışmalar ve uygulamalar açısından faydalı olacağı öngörülmektedir. Veral (2018, s. 468-469) çalışmasında, döngüsel ekonominin yararlarını şu şekilde sıralamıştır;

- Kullanılan hammaddeler ve enerji bağımlılığı azaltılarak rekabet gücünü arttırmakta ve tasarruf sağlamaktadır.
- Kaynak çıkarımı ve atıkların bertaraf edilmesi ile çevresel sorunların azaltılması sağlanmaktadır.

- Sera gazı emisyonlarının azaltılmasını sağlayarak hem iklim değişikliğiyle mücadeleye hem de sera gazı emisyonundan kaynaklı maliyetlerin azaltılmasına katkı sağlamaktadır.
- Tedarik güvenliği artırılmakta ve maliyetlerin kontrol altında tutulmasını sağlamaktadır.
- İstihdam ve yeni iş fırsatları yaratmaktadır.

Endüstriyel simbiyoz modelinin ilk örneği Danimarka'daki, Kalundborg eko-endüstriyel parkında gerçekleştirilmiş olup, Kalundborg eko-endüstriyel parkı, bu türde yapılan ilk ve en kapsamlı çalışmadır (Chertow, 2000, s. 315-316). Kalundborg, 1960'lı yıllardan beri sürekli izlenen ve analiz edilen bir eko-endüstriyel park olup, Kalundborg'daki bu modelde; bir petrol rafinerisi, enerji santrali, alçıpan tesisi, ilaç fabrikası birincil ortaklar olarak sözleşme çerçevesinde atık, su ve enerji değişim ağı oluşturarak bir endüstriyel simbiyoz örneği oluşturmuşlardır (Chertow, 2000, s. 315-316). Kalundborg endüstriyel simbiyozunda yeraltı suyu, yüzey suyu, atık suyu, buhar ve elektrik paylaşılmış ve ayrıca ham madde hâline gelen çeşitli atıklar değiştirilmiştir (Chertow, 2000, s. 315-316). Bu modelle şehirde su tüketimi toplu olarak % 25 azaltılmış ve 5.000 ev için bölgesel ısı sağlanmış olup, bu nitelikteki işbirliği ile çevresel ve ekonomik verimlilik önemli ölçüde artmış, aynı zamanda bu endüstriler için personel, ekipman ve bilgi paylaşımını içeren faydalar da sağlanmıştır (Chertow, 2000, s. 315-316). Kalundborg bölgesinde, atıkların diğer endüstrilere ham madde olarak tedarik edilmesi yoluyla ek gelir yaratılabilmiş, atık bertaraf maliyetlerinden ve vergilerden tasarruf sağlanabilmiş olup, aynı zamanda malzemelerin geri dönüştürülmüş atıklarla değiştirilmesi maliyetlerin düşmesine neden olmuştur (Desrochers, 2011, s. 30). Zhao vd., (2017, s. 2263), yaptıkları çalışmada, Kalundborg eko-endüstriyel parkları ve yerel topluluk için endüstriyel simbiyoz ile; kömür, yakıt ve su gibi enerji tüketiminde çarpıcı azalma; sülfür dioksit (SO₂) ve karbondioksit (CO₂) emisyonlarında önemli derecede azalma; diğer işlemler için kükürt ve uçucu kül içeren geleneksel atık ürünlerin ham maddeye dönüştürülmesi gibi avantajlar sağlandığını ortaya koymuşlardır.

Başka bir endüstriyel simbiyoz örneği olan Çin'de kömür-kimyasal endüstriyel simbiyoz modellemesi ile, emisyonların azaltılması ve kaynakların yüksek katma değerli kullanımı sağlanmıştır (Chopra ve Khanna, 2014, s. 87). Geng ve arkadaşları, 2009 yılında yaptıkları çalışmada, Çin'in döngüsel ekonomi politikasının, Çin'in endüstriyel simbiyoz gelişimi üzerindeki ana etki faktörlerinden biri olduğunu ortaya koymuşlardır. Yuan ve Shi (2009), Güneybatı Çin'deki büyük bir devlete ait eritme tesisinde endüstriyel simbiyoz sistemini kurarak, farklı üretim sistemleri arasındaki iç ilişkilerin yeniden yapılanmasının uygulanması üzerine bir vaka çalışması gerçekleştirmiştir. Yapılan bu çalışma, üretim maliyetlerini düşürerek ve çevresel performansı artırarak işletmelerin rekabet avantajını etkin bir şekilde geliştirebileceğini göstermiştir. Wen ve Meng, (2015) ise, döngüsel ekonominin güçlendirilebilmesi için endüstriyel ekoloji ortamında endüstriyel simbiyoz sisteminin kurulması gerektiğini ileri sürmüş ve bu durumu destekleyen çalışmaları ile madde akışı analizine dayalı olarak kaynak verimliliğini ölçmüşlerdir. Bu doğrultuda Wen ve Meng, Çin'deki ilk Ulusal Döngüsel Ekonomi bölgelerinden biri olan ve Çevre Koruma Bakanlığı tarafından "Ulusal Pilot Eko-endüstriyel Parkları" olarak kabul edilen bir bölgede bir vaka çalışması yapmışlar ve kaynak verimliliğini ve çevre standartlarını geliştirmek yoluyla döngüsel ekonomiye

katkı sağlamayı amaçlamışlardır. Sonuçta kaynak verimliliğinin sağlanması yoluyla aynı ekonomik çıktı ile daha az kaynak tüketimi gerçekleştirilmiş, işletmeler arasındaki fiziksel malzeme, enerji, su ve yan ürün alışverişini güçlendirdiğini tespit etmişlerdir (Wen ve Meng, 2015, s. 218).

Türkiye’de endüstriyel simbiyoz alanında yapılan en önemli çalışma ise “İskenderun Körfezi Endüstriyel Simbiyoz Projesi” olup, söz konusu bu çalışma 2011-2014 yılları arasında yapılmış, “Bakü Tiflis Ceyhan Petrol Boru Hattı Şirketi (BTC)” tarafından desteklenerek gündeme gelmiş ve Türkiye Teknoloji Geliştirme Vakfı (TTGV) tarafından gerçekleştirilmiştir (Yıldız, 2019, s. 42, BEBKA, 2020). Projenin ilk aşaması ise 2008-2009 yıllarında Birleşmiş Milletler Kalkınma Programı (UNDP) tarafından Adana Sanayi Odası (ADASO) koordinatörlüğünde yürütülmüştür (Yıldız, 2019, s. 43). Yapılan bu proje endüstriyel simbiyozun hem ulusal hem de bölgesel ölçekte geliştirilmesi ve yaygınlaştırılması için önem arz etmektedir (Yıldız, 2019, s. 42). İskenderun Körfezi Endüstriyel Simbiyoz Projesi kapsamında farklı sektörlerde faaliyet gösteren çok sayıda firma arasında iş birliği yapılması sağlanmıştır (Yıldız, 2019, s. 42). Bu projede, meyve posasından hayvan yemi üretimi, tarımsal ve hayvansal atıklardan biyogaz ve enerji üretimi, pamuk tohumu atığından (lint atığı) biyoremediasyon ürünü üretimi, atık yağdan elektrik üretimi, ömrünü tamamlamış lastiklerden granül üretimi, hurda akülerden kurşun geri kazanımı ve demir çelik üretiminden kaynaklanan cürufun yol yapımında kullanılması üzerine sekiz örnek proje ile endüstriyel simbiyoz çalışmaları gerçekleştirilmiştir (Özkan, 2019, s. 93). Yapılan çalışmaya çevresel kazanımlar açısından bakıldığında endüstriyel simbiyoz uygulaması ile İskenderun Körfezinde; yıllık 327.250 ton atık kazanımı sağlanmış, yıllık toplam 33.581.000 kWh enerji tasarrufu elde edilmiş, yıllık 36.700 ton karbondioksit (CO₂) azaltımı sağlanmış, yıllık su tasarrufu 6500 m³ olarak gerçekleşmiş, arazi kazancınının 45.000 m² ve yıllık doğal kaynak ikamesininin 276.250 ton olduğu sonucuna ulaşılmıştır (Yıldız, 2019, s. 46; Özkan, 2017, s. 93). Sosyal kazanımları açısından ele alındığında; 27 adet kurum ve kuruluşun katılımı sağlanmış, 21 kişilik yeni istihdam yaratılmış, 10 adet yeni ürün geliştirilmiş ve 5 üniversite tarafından da destek alınmıştır. Ayrıca 19 Kalkınma Ajansı endüstriyel simbiyozla yönelik stratejileri 2014-2023 dönemini kapsayacak şekilde hazırlanan bölge planlarına dâhil etmişlerdir (Yıldız, 2019, s. 47). Ekonomik kazanımları açısından ele alındığında ise; yatırım maliyeti 6.965.000 ABD Doları, yıllık 6.370.546 ABD Doları tutarında net kazanç öngörülmüş ve yatırımların geri ödeme süresi ise, 1,1 yıl olarak tespit edilmiştir (Yıldız, 2019, s. 47).

Bölgesel düzeyde yapılan ve yapılmakta olan çalışmalar incelendiğinde “Bursa Eskişehir Bilecik Kalkınma Ajansı, (BEBKA)” tarafından “TR41 Endüstriyel Simbiyoz Programı” yürütülmekte ve endüstriyel simbiyoz ile ilgili pilot projeler geliştirilmektedir. “Dicle Kalkınma Ajansı” ise “TRC3 Bölgesi için Endüstriyel Simbiyoz Projesi” tasarlanmış ve bölgedeki endüstriyel simbiyoz olanaklarının araştırılması ve uygulamalarının yaygınlaştırılmasını amaçlanmıştır. “Trakya Kalkınma Ajansı” ise “TR21 Trakya Bölgesi Endüstriyel Simbiyoz Potansiyeli Araştırması Projesi” ve “Ahiler Kalkınma Ajansı” tarafından “TR71 Bölgesi Aksaray Organize Sanayi Bölgesi”nde endüstriyel simbiyoz uygulamalarına yönelik potansiyelin olup olmadığına yönelik tespit çalışmaları tamamlanmıştır. Antalya Organize Sanayi Bölgesi’nde (OSB), “Endüstriyel Simbiyoz ve Eko-Verimlilik Projesi” yürütülmüştür. (s. 49). Türkiye’de 2007-2015 yılları arasındaki dönemde, hem yerel hem de bölgesel düzeyde atık yönetimi ile ilgili

birçok çalışmalar ve yönetmelikler bulunmaktadır. Çevre Şehircilik Bakanlığı tarafından “Ulusal Atık Yönetimi ve Eylem Planı” hazırlanarak AB’deki yeni yaklaşımlara paralel olarak sıfır atık (döngüsel ekonomi) oluşumuna yönelik atıkların yeniden ekonomiye kazandırılması, geri kazanım ve dönüşüm gibi alanlarda daha ileri adımlar atılmasına ihtiyaç duyulmuştur. Bu doğrultuda Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, sıfır atık konusunun yaygınlaşmasına yönelik 2018 yılında bir pilot uygulama başlamış ve bu pilot uygulama ile Ankara’daki kamu binalarında sıfır atık yaklaşımının uygulanması, sıfır atığın yaygınlaştırılması hedeflenmektedir (TCKB, 2020, s. 56).

Endüstriyel simbiyoz ile atıklar alternatif ham madde olarak kullanılabilmekte olup, bu durum çevresel ve ekonomik açıdan fayda sağlamaktadır (Kılıç ve Tüylü, 2019, s. 107). Öyle ki Özsoy (2018), endüstriyel simbiyoz sayesinde üretimin çevresel yükü azaltılabileceği ve üretim maliyetlerini de düşürülebileceğini öngören bir çalışma yapmıştır. Kılıç ve Tüylü ise, 2019 yılında Türkiye’de bir döküm fabrikasında yapılan araştırma sonucunda endüstriyel simbiyoz ile atıktan maksimum fayda sağlandığı sonucuna ulaşmışlardır. Bu doğrultuda atık döküm kumlarının alternatif ham madde olarak hazır beton üretiminde kullanılması neticesinde, hem atık bertaraf maliyetlerinin azaltılabileceği, hem de ekonomik kazanç elde edilebileceği kanıtlanmıştır. Azak, Kaman ve Göncü, 2019 yılında yapmış olduğu çalışmada inşaat sektöründe atığın geri dönüştürülerek kullanımı ile endüstriyel simbiyoz sağlamayı ve söz konusu bu atıkların çevresel etkilerini incelemeyi amaçlayan bir çalışma yapmıştır. Çalışmada gerçekleştirilen geri dönüşümün ekonomiye olan katkıları göz önünde bulundurulması önem arz etmektedir. Çalışma sonuçlarına göre atığın 2017 yılı bertaraf maliyeti ton başına 180 TL olup, yıllık bertaraf edilen atıkların miktarı yaklaşık 698 ton olmakta ve maliyetler üzerinden incelendiğinde ise yalnızca atıkların bertaraf edilmesi için 125.000 TL maliyete katlandıkları tespit edilmiştir. Ekonomik açıdan değerlendirildiğinde Türkiye’de bu çalışmanın uygulamaya geçmesi hâlinde 52.650.000 TL kazanç getireceği öngörülmüştür.

Yapılan çalışmalar doğrultusunda özetlemek gerekirse, endüstriyel simbiyozun faydaları; sosyal, çevresel ve ekonomik olmak üzere üç kategoride sınıflandırılarak aşağıda belirtilmiştir (Mirata ve Emtairah, 2005, s. 994);

Çevresel faydalar;

- Kaynak kullanım verimliliğinin artırılması,
- Yenilenemeyen kaynakların kullanımının azalması ve
- Kirletici emisyonlarının azaltılması ile bağlantılı çevresel faydalar;

Ekonomik faydalar;

- Kaynak girdilerindeki azalmalar,
- Üretim maliyetlerinde ve atık yönetim maliyetlerindeki düşüşler,
- Daha yüksek yan ürün ve atık akış değerleri nedeniyle ek gelir elde edilmesinden kaynaklanan ekonomik faydalar;

Sosyal faydalar;

- Dış taraflarla olan ilişkilerin iyileştirilmesi,
- Yeşil bir görüntünün geliştirilmesi,
- Yeni ürünler ve yeni pazarlar
- Yeni istihdam yaratarak
- Mevcut işlerin kalitesini yükselterek ve

- Daha temiz, daha güvenli, doğal ve çalışma ortamı yaratarak fayda sağlamaktadır.

Sonuç

Günümüzde kaynakların verimli kullanılması ile, doğrusal (al – kullan – at) ekonomiden dögüsel ekonomiye doğru bir geçiş yaşanmaktadır (TCKB, 2020, s. 58). Bu doğrultuda, endüstriyel simbiyoz yaklaşımı dögüsel ekonomi uygulamalarının güçlendirilmesinde oldukça önemli olmaktadır. Dögüsel ekonomi sistemlerinde, endüstriyel simbiyoz olarak adlandırılan, farklı üretim/sanayi süreçlerinin bir arada ele alındığı ve bir endüstriyel sürecin veya işletmenin atıklarının başka bir endüstriyel sürecin veya işletmenin girdisi (hammadde) olarak kullanıldığı yöntemlerden faydalanılmaktadır (TCKB, 2020, s. 58). Ayrıca bu durum Endüstri 4.0 ve Toplum 5.0 gibi sanayi ortamında “dijitalleşme” yaklaşımı açısından da önem arz etmektedir (TCKB, 2020, s. 91). Dögüsel ekonomiye bir çözüm olarak görülen endüstriyel simbiyoz uygulamalarının Türkiye’de yaygınlaşmasının işletmelere ve tüm topluma katkı sağlayacağı muhakkaktır. Endüstriyel simbiyoz ile işletmeler arası malzeme, su, enerji, atık değişimi yoluyla hem girdi maliyetlerinin hem de çevresel maliyetlerin azaltılmaya çalışılması suretiyle işletmelerin maliyetleri azaltılıp, karı arttırılabilecek ve ayrıca işletme yöneticilerinin doğru stratejik kararlar almasında fayda sağlanacaktır.

Kaynaklar

- Andersen, M. S. (2007). An introductory note on the environmental economics of the circular economy. *Sustainability Science*, 2(1), 133-140.
- Azak, D., Över Kaman, D., & Göncü, S. (2019). Çimento harcı içerisinde kullanılan atık döküm kumunun çevresel risklerinin ve harç mekanik özelliklerine olan etkilerinin değerlendirilmesi. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 1000(1000), 1-10.
- Bailey, R., Allen, J. K., ve Bras, B. (2004). Applying Ecological Input-Output Flow Analysis to Material Flows in Industrial Systems: Part I: Tracing Flows. *Journal of Industrial Ecology*, 8(1-2), 45-68.
- Berkel, V. R., Willems, E., ve Lafleur, M. (1997). Development of an industrial ecology toolbox for the introduction of industrial ecology in enterprises—I. *Journal of cleaner production*, 5(1-2), 11-25.
- Berkel, V. R., Willems, E., ve Lafleur, M. (1997). The relationship between cleaner production and industrial ecology. *Journal of Industrial Ecology*, 1(1), 51-66.
- Boons, F., Spekkink, W., ve Mouzakitis, Y. (2011). The dynamics of industrial symbiosis: a proposal for a conceptual framework based upon a comprehensive literature review. *Journal of Cleaner Production*, 19(9-10), 905-911.

- Bringezu, S., ve Moriguchi, Y. (2002). Material flow analysis. Ayres, R. U., ve Ayres, L. (Eds.), *A Handbook Of Industrial Ecology* (pp.79-90). USA: Edward Elgar Publishing.
- Brunner, P. H., ve Rechberger, H. (2016). *Practical handbook of material flow analysis* (Vol.1).Erişim:https://books.google.com.tr/books?hl=tr&lr=&id=LSiVFMTgvLgC&oi=fnd&pg=PP1&ots=LFJTfnlBs5&sig=qb5sAEIqZ2Mw09TkVJGIQuAzcY&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false, Erişim Tarihi: 09.04.2020.
- Bursa Eskişehir Bilecik Kalkınma Ajansı (BEBKA), Endüstriyel Simbiyoz Programı Erişim:https://www.bebka.org.tr/admin/datas/sayfas/files/EndustriyelSimbiyozBrosur_son.pdf, Erişim Tarihi: Ağustos 2020.
- Chertow, M. R. (2000). Industrial symbiosis: literature and taxonomy. *Annual Review of Energy and the Environment*, 25(1), 313-337.
- Chertow, M. R. (2007). “Uncovering” industrial symbiosis. *Journal of Industrial Ecology*, 11(1), 11-30.
- Chopra, S. S., ve Khanna, V. (2014). Understanding resilience in industrial symbiosis networks: Insights from network analysis. *Journal of Environmental Management*, 141, 86-94.
- Demircioğlu, M. ve Coşkun, İ.T. (2018). Critic-Moosra yöntemi ve UPS seçimi üzerine bir uygulama *Ç.Ü. Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 27 (1), 183-195.
- Desrochers, P. (2001). Şehirler ve endüstriyel ortak yaşam: Bazı tarihsel perspektifler ve politika sonuçları. *Endüstriyel Ekoloji Dergisi*, 5(4), 29-44.
- Ehrenfeld, J., ve Gertler, N. (1997). Industrial ecology in practice: the evolution of interdependence at Kalundborg. *Journal of Industrial Ecology*, 1(1), 67-79.
- Genç, O. (2020). *Doğadan ilham alan sürdürülebilir eko-endüstriyel park gelişimi ve tasarımı*. Doktora Tezi, İskenderun Teknik Üniversitesi / Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü, Hatay.
- Geng, Y., Zhu, Q., Doberstein, B., ve Fujita, T. (2009). Implementing China’s circular economy concept at the regional level: A review of progress in Dalian, China. *Waste Management*, 29(2), 996-1002.
- Giurco, D., Bossilkov, A., Patterson, J., ve Kazaglis, A. (2011). Developing industrial water reuse synergies in Port Melbourne: cost effectiveness, barriers and opportunities. *Journal of Cleaner Production*, 19(8), 867-876.
- Jacobsen, N. B. (2006). Industrial symbiosis in Kalundborg, Denmark: a quantitative assessment of economic and environmental aspects. *Journal of Industrial Ecology*, 10(1-2), 239-255.

- Jelinski, L. W., Graedel, T. E., Laudise, R. A., McCall, D. W., ve Patel, C. K. (1992). Industrial ecology: concepts and approaches. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 89(3), 793-797.
- Karakaş, C. (2014). *Substance flow analysis of nonylphenol and nonylphenol ethoxylates in Turkey* (Master's thesis, Middle East Technical University).
- Kayacan, B. (2007). Ulusal Ekonomide Ormancılık Sektörü: Tanımsal Girdi-Çıktı Analizi Bulgular. *Verimlilik Dergisi*, 2007(1), 147-176.
- Kılıç, M. Y., ve Tüylü, M. (2019). Bursa'daki atık döküm kumlarının endüstriyel simbiyoz ile hazır beton üretiminde ham madde olarak kullanımı. *Uludağ University Journal of The Faculty of Engineering*, 24(1), 99-110.
- Koçan, A., Gültekin, D. G., ve Baştuğ, (2019). M. Yeni Ekonomi Ve İş Modelleri: Döngüsel Ekonomi Ve Paylaşım Ekosistemleri. *Uluslararası Ekonomi Araştırmaları ve Finansal Piyasalar Kongresi 7-8-9. November 2019-Gaziantep*, 529-548.
- Lambert, A. J. D., ve Boons, F. A. (2002). Eco-industrial parks: stimulating sustainable development in mixed industrial parks. *Technovation*, 22(8), 471-484.
- Memiş, M. Ü. (2009). İşletme Yönetim Aracı Olarak Çevresel Muhasebe. *Çukurova Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 13(1), 89-106.
- Mirata, M., ve Emtairah, T. (2005). Industrial symbiosis networks and the contribution to environmental innovation: The case of the Landskrona industrial symbiosis programme. *Journal of Cleaner Production*, 13(10-11), 993-1002.
- Mortensen, L., ve Kornov, L. (2019). Critical factors for industrial symbiosis emergence process. *Journal of Cleaner Production*, 212, 56-69.
- Neves, A., Godina, R., Azevedo, S. G., ve Matias, J. C. (2020). A comprehensive review of industrial symbiosis. *Journal of Cleaner Production*, 247, 119113.1-44.
- Özçelik, F. (2017). Çevre yönetim muhasebesi uygulamaları için yeni bir yaklaşım malzeme akış maliyet muhasebesi. *Uluslararası Yönetim İktisat ve İşletme Dergisi*, 13(4), 927-948.
- Özkan, A., Günkaya, Z., Özdemir, A., ve Banar, M. (2018). Sanayide temiz üretim ve döngüsel ekonomiye geçişte endüstriyel simbiyoz yaklaşımı: bir değerlendirme. *Anadolu University of Sciences & Technology-B: Theoretical Sciences*, 6(1).
- Özsoy, T. (2018). Endüstriyel Ekolojiyi Anlamak Adına Endüstriyel Ortakyaşarlık Örneklerinin İncelenmesi. *Artıbilim: Adana Bilim ve Teknoloji Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 1(2), 22-34.

- Subaşı, E. D. ve Demirer, G.N. (2014). Bir kaynak verimliliği aracı olarak endüstriyel simbiyoz. EKOIQ arşiv, Erişim: <http://ekoIQ.com/2014/12/20/bir-kaynak-verimliliği-araci-olarak-endustriyel-simbiyoz/> Erişim Tarihi: 12.04.2020.
- TCKB, (2020), T.C. Kalkınma Bakanlığı onbirinci kalkınma planı, (2019-2023), Erişim: <http://www.sbb.gov.tr/wpcontent/uploads/2019/07/OnbirinciKalkinmaPlani.pdf>, Erişim Tarihi: 30.04.2020
- Veral, E. S. (2018), Döngüsel ekonomiye geçiş doğrultusunda yeni tedbirler ve AB üye ülkelerinin stratejileri. *Ankara Avrupa Çalışmaları Dergisi*, 17(2), 463-488.
- Voet, Ester van der, (2002). Substance flow analysis methodology. Ayres, R. U., ve Ayres, L. (Eds.), *A Handbook of Industrial Ecology* (pp. 91-101). USA; Edward Elgar Publishing.
- Wen, Z., ve Meng, X. (2015). Quantitative assessment of industrial symbiosis for the promotion of circular economy: a case study of the printed circuit boards industry in China's Suzhou New District. *Journal of Cleaner Production*, 90, 211-219.
- Yıldız, Ö. (2019). *Bölgesel Kalkınmada Endüstriyel Simbiyoz Uygulamaları: Bursa Eskişehir Bilecik Bölgesi Örneği*. Yüksek lisans tezi, Bursa Uludağ Üniversitesi, Bursa.
- Yuan, Z., ve Shi, L. (2009). Improving enterprise competitive advantage with industrial symbiosis: case study of a smeltery in China. *Journal of Cleaner Production*, 17(14), 1295-1302.
- Zhao, H., Zhao, H., ve Guo, S. (2017). Evaluating the comprehensive benefit of eco-industrial parks by employing multi-criteria decision making approach for circular economy. *Journal of Cleaner Production*, 142, 2262-2276.