

**T.C.
ÇEVRE, ŞEHİRCİLİK VE İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ
BAKANLIĞI**

Coğrafi Bilgi Sistemleri Genel Müdürlüğü



Endüstriyel Simbiyoz Kılavuzu

2023



YÖNETİCİ ÖZETİ

Özellikle sanayi devriminden bu yana nüfus artışına bağlı olarak üretim ve tüketimin artması, üretim ve bu tüketimi karşılamaya yönelik faaliyetlerle ilgili sorunlara yol açmıştır. Artan kaynak tüketimi, atıklar ve üretim süreçleri nedeniyle çevreye verilen zarar her geçen gün artmaktadır. Öte yandan, bir üreticiler de kaynak tüketimini azaltmak, maksimum miktarda ürün elde etmek ve uzun vadede enerji tasarrufu sağlamak için yeni yollar arıyorlardı. Sınırlı kaynaklar ve geri döndürülemez çevresel tahribat, toplumu sürdürülebilirliği sağlamak için çözüm ve önlemler aramaya yöneltmiştir. Zaman içinde bu arayışa yönelik birçok yaklaşım önerilmiştir ve 20. Yüzyılın ortasında endüstriyel alanda yeni bir kavram ortaya çıkmıştır. Bu yaklaşım endüstriyel simbiyoz yaklaşımıdır.

Endüstriyel simbiyotik yaklaşım, doğanın simbiyotik ağına dayalı olarak geliştirilmiştir ve endüstriler arasında madde ve enerji alışverişine dayanmaktadır. Esasen, bir fabrikanın üretim aşamalarında ortaya çıkan ve nihayetinde başka bir fabrika için hammadde veya üretimin herhangi bir aşamasına girdi olarak hizmet eden atıkların değerlendirilmesidir. Endüstriyel simbiyoz, kaynak tüketimini, düzenli depolama alanlarına gönderilen atık miktarını, CO2 emisyonlarını, su ve enerji tüketimini, üretim maliyetlerini ve üretimdeki riskleri önemli ölçüde azaltır. Ayrıca önemli işler yaratır, yeni ürünler yaratır, firmaların maliyetlerini düşürmelerini sağlar, çevre kanunları başta olmak üzere birçok kanuna uyumu teşvik eder, rekabeti teşvik eder ve işbirliğine önemli katkılar sağlar. Bu bağlamda, endüstriyel simbiyoz hem bölgelere hem de uluslara yarar sağlar. Bu organizasyonun kurulması birçok açıdan önemlidir.

Endüstriyel simbiyoz çalışmaları Coğrafi Bilgi Sistemleri Müdürlüğü'müz tarafından da önem verilen bir konudur. Ulusal Akıllı Şehirler Stratejisi ve Eylem Planı'nda da endüstriyel simbiyoz çalışmalarının öne çıkarılmasına özen gösterilmiştir. Bu doğrultuda endüstriyel simbiyoz kavramının daha iyi anlaşılması, uygulama sürecinde yardımcı olması, rehberlik etmesi amacıyla "Endüstriyel Simbiyoz Kılavuzu" hazırlanmıştır.



İçindekiler

YÖNETİCİ ÖZETİ	1
1. GİRİŞ	4
2. ENDÜSTRİYEL SİMBİYOZ	4
2.1. ENDÜSTRİYEL SİMBİYOZ TANIMI	4
2.2. ENDÜSTRİYEL SİMBİYOZUN TARİHSEL GELİŞİMİ	6
2.3. ENDÜSTRİYEL SİMBİYOZUN BİLEŞENLERİ	7
2.3.1. Kapalı Döngü.....	7
2.3.2. Çevresel Etki Değerlendirmesi.....	8
2.3.3. Enerji Denetleme	8
2.3.4. Risk Denetleme.....	8
2.3.5. Kirlilik Önleme ve Atık Denetimi.....	9
2.3.6. Yenilik Oluşturma	9
2.3.7. Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi.....	10
2.3.8. Çevresel Yönetim Sistemleri.....	10
2.4. ENDÜSTRİYEL SİMBİYOZUN TEMEL BELİRLEYİCİ FAKTÖRLERİ	10
2.4.1. Teknik	10
2.4.2. Ekonomik	11
2.4.3. Organizasyon	11
2.4.4. Sosyal.....	11
2.4.5. Kurumsal.....	11
2.5. ENDÜSTRİYEL SİMBİYOZ MODELLERİ	11
2.6. ENDÜSTRİYEL SİMBİYOZ GELİŞİM ADIMLARI.....	13
2.7. ENDÜSTRİYEL SİMBİYOZUN ETKİLERİ	14
2.7.1. Ekonomik.....	14
2.7.2. Çevresel	15
2.7.3. Sosyal.....	16
3. ENDÜSTRİYEL SİMBİYOZ PERFORMANS GÖSTERGELERİ	17
4. DÜNYA'DA BAŞARILI ENDÜSTRİYEL SİMBİYOZ ÖRNEKLERİ	21
4.1. Danimarka	21
4.2. Çin.....	25
Lihou Endüstriyel Simbiyozu.....	27
Jinan Endüstriyel simbiyozu	27
5.1. Birleşik Krallık – Ulusal Endüstriyel Simbiyoz Projesi (NISP).....	29



5.2.	Hollanda – Rotterdam Limanı.....	30
6.	TÜRKİYE’DE ENDÜSTRİYEL SİMBİYOZ KAVRAMININ GELİŞİMİ VE UYGULAMALARI	32
6.1.	TÜRKİYE’DE ENDÜSTRİYEL SİMBİYOZ KAVRAMININ GELİŞİMİ	32
6.2.	TÜRKİYEDE ENDÜSTRİYEL SİMBİYOZ KAVRAMINI TEŞVİK EDEN VE DESTEKLEYEN YASALAR	33
6.2.1.	Türkiye’de Endüstriyel Simbiyozla Benzer Amaçları Güden Planlar ve Belgeler	33
6.2.2.	Türkiye’de Endüstriyel Simbiyoz Kavramının Dayanağı Kanun Ve Yönetmelikler	34
6.2.3.	Kalkınma Ajansları Kanunu/Gerekçesi Politik Çerçeve	34
6.2.4.	Sanayide Döngüsel Ekonomi ile İlgili Çalışmalar.....	34
6.2.5.	Temiz Üretim Kapsamındaki Teşvikler, Destekler ve Projeler	35
6.3.	TÜRKİYE’DE ENDÜSTRİYEL SİMBİYOZ UYGULAMALARI	35
6.3.1.	İskenderun körfezi endüstriyel simbiyoz projesi	35
6.3.2.	Bursa – Eskişehir – Bilecik bölgesi endüstriyel simbiyoz uygulamaları	40
6.4.	TÜRKİYEDE POTANSİYEL ENDÜSTRİYEL ÇALIŞMALARI	42
6.4.1.	Aksaray Organize Sanayi Bölgesi İçin Endüstriyel Simbiyoz Çalışması	42
6.4.2.	İzmir Endüstriyel Simbiyoz Projesi.....	43
6.4.3.	Ankara OSTİM Organize Sanayi Bölgesinde Endüstriyel Simbiyoz	44
7.	ÖNERİLER.....	44
	KAYNAKÇA	47



1. GİRİŞ

Son yıllarda sanayileşme ve kentleşmedeki artış, sera gazlarından büyük ölçüde sorumlu olan karbondioksit emisyonlarında artışa neden olmuştur (Dong, Wang, Su, Hua, & Zhang, 2019). Bu artış, Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli raporlarında da belirtildiği gibi, çevre ve insan sağlığı üzerinde olumsuz sonuçları olan küresel ısınmaya yol açmıştır. Sanayileşme ve kentleşmenin büyümesinin bir sonucu olarak endüstriyel ve evsel katı atıktaki artış ve artan kaynak tüketimi de vurgulanmıştır. Ancak, uzun vadeli ekonomik büyüme için sanayileşmenin önemli rolü kabul edilmiştir. Bu nedenle, ekonomik büyümeyi tehlikeye atmadan, bu olumsuz etkilerin azaltılmasına imkan verecek çözümlerin bulunması elzemdir (Haraguchi, Martorano, & Sanfilippo, 2019).

Şu anda 195 ülke tarafından onaylanan 1992 tarihli Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi'nden Aralık 2015'te varılan en son anlaşma olan Paris Anlaşması'na kadar oluşturulan uluslararası anlaşmalar, iklim değişikliği konularında farkındalığın artmasına ve sürdürülebilir çözümler arayışına büyük katkı sağlamıştır. Bu çözümler, karbondioksit emisyonlarını uluslararası anlaşmalarda belirlenen limitlerin altında tutmak ve aynı zamanda kaynakların giderek daha verimli kullanılması için vazgeçilmezdir (IPCC, 2014).

Gelişmekte olan endüstriyel ekoloji alanı, yerel, bölgesel ve küresel ekonomiler yoluyla malzeme ve enerji akışına kararlı bir dikkat gösterilmesini gerektirir. Endüstriyel ekolojinin endüstriyel simbiyoz olarak bilinen kısmı, geleneksel olarak ayrı varlıkları, malzeme, enerji, su ve yan ürünlerin fiziksel değişimini içeren rekabet avantajına yönelik kolektif bir yaklaşımla birleştirir. Endüstriyel simbiyozun anahtarları, işbirliği ve coğrafi yakınlığın sunduğu sinerjik olanaklardır. Eko-endüstriyel parklar, endüstriyel simbiyoz kavramının somut gerçekleştirmeleri olarak incelenir.

Endüstriyel simbiyoz ilişkileri, kaynakların korunması, ekonomik faydalar elde edilmesi, sera gazı emisyonlarının azaltılması gibi çevresel gerekliliklerin karşılanması, doğal kaynakların kıtlığı ve aksi halde düzenli depolama ve yakma fırınlarında duracak olan atıkların azaltılması gibi bir dizi faktör aracılığıyla teşvik edilmiştir. Bu nedenle, bu ihtiyaçları karşılamak için endüstriyel simbiyoz, olumlu ekonomik, çevresel ve sosyal sonuçlarla tüm dünyaya yayılmıştır.

2. ENDÜSTRİYEL SİMBİYOZ

2.1. ENDÜSTRİYEL SİMBİYOZ TANIMI

Simbiyoz kavramı biyolojik bir kavram olarak ortaya çıkmış olup bugün endüstriler için de kullanılmaktadır. Endüstriyel simbiyoz kavramı “doğada hiçbir şey boşa gitmez” metaforunun endüstriye yansıtılmasıyla, bir işletmenin atığının başka bir işletme tarafından hammadde olarak



kullanılmasına dayanmaktadır (Frosch & Gallopoulos, 1989). Geleneksel olarak birbirinden ayrı olan kurum ve şirketlerin kaynak paylaşımında kendi aralarında işbirliği yapmasına imkan veren endüstriyel simbiyoz, çevresel, ekonomik ve sosyal sürdürülebilirliğin artmasına katkı sağlıyor. Endüstriyel simbiyoz atıkların alternatif yakıt ve hammadde olarak kullanılması, hem toplam CO 2 emisyonlarını azaltmak hem de atık yönetimi baskılarını hafifletmek için yenilikçi bir yöntem olduğu için en iyi çözümlerden biridir (Metz, Davidson, Borch, Dave, & Meyer, 2007). Endüstriyel ekolojinin (IE) kilit bir alt dalı olarak IS, değer katmak, maliyeti azaltmak ve çevreyi iyileştirmek için çeşitli endüstriyel süreçler veya aktörler arasında hizmetleri, faydaları ve yan ürün kaynaklarını paylaşmaya yönelik bir sistem yeniliğidir (Desrochers, 2004).



Kaynak 1 (Ardalı)

İş Birliği Alanları	İş Birliği Yapılabilecek Konular
Hammadde / Malzeme	Ortak satın alma Müşteri / tedarikçi ilişkileri Yan ürün uygulamaları Yeni hammadde / malzeme pazarları
Ulaşım/ Lojistik	Ortak tedarik / Ortak sevkiyat Araçların ortak bakım ve onarımı Alternatif paketleme Saha içi ortak nakliye



	Entegre lojistik
Halkla ilişkiler	Entegre iş ve rekreasyon Ortak eğitim fırsatları Gönüllü ve halk programları Bölgesel planlamaya dahil olma
Üretim Süreçleri	Kirlilik önleme Fire azaltımı ve firelerin yeniden kullanımı Üretim tasarımı Ortak altyükleniciler Ortak ekipman/tehcizat kullanımı Teknoloji paylaşımı ve entegrasyonu
İnsan Kaynakları	Eleman alımı Ortak fayda programları Sağlık programları Ortak hizmetler (güvenlik vb.) Eğitim Esnek çalışan atamaları
Bilgi ve İletişim Sistemleri	İç iletişim sistemleri Dışarı ile bilgi paylaşımları İzleme sistemleri Bilgisayar çözümleri Yönetim bilgi sistemleri
Pazarlama	Yeşil etiket Yeşil markete erişim Ortak pazarlama Ortak girişim Yeni katma değerli Şirketler
Çevre / Sağlık / Güvenlik	Kazaların önlenmesi Acil durum müdahalesi Atık azaltımı Çevre dostu tasarım Çevre bilgi sistemleri paylaşımı Ortak idari izinler
Enerji	Yeşil binalar Enerji denetimi Ortak üretim Enerji firması yan ürünleri Alternatif yakıtlar

Endüstriyel simbiyoz ağları kurulurken farklı alanlarda iş birlikleri sağlanabilir. Enerji, hammadde, malze için yapılan işbirlikleri endüstriyel simbiyozun temelini oluşturulur.

2.2. ENDÜSTRİYEL SİMBİYOZUN TARİHSEL GELİŞİMİ

Endüstriyel simbiyoz kavramının ortaya atılması uygulamaların başlamasından sonra olmuştur. 1940'lı yıllarda endüstriler arası simbiyotik ilişki örnekleri görülmeyemeye başlayan endüstriyel simbiyoz,



1947 yılında Renner isimli bir araştırmacı tarafından bahsedilmiştir. Renner, farklı üretim tesisleri arasında atık alışverişine dayanan organik ilişkilerden bahsetmiştir.

Danimarka Kalundborg bölgesinde ilk endüstriyel simbiyoz faaliyetleri 1970 yılında başlamıştır. Petrol rafinerilerinden çıkan gazların alınarak üretim faaliyetlerine girdi olarak kullanılması amacıyla alçıpan tesisleri kurulmuştur. Termik santral rafineriye bağlı olup, rafineri altyapısı ile birlikte Tisso Gölü'nün suyunu kullanmaktadır. Çiftçiler, ilaç fabrikalarının atık çamurlarını tarımsal amaçlarla kullanmaya başlamıştır. Frosh ve Galopoulos, endüstriyel ekoloji teorisine ilk olarak 1989 tarihli "Üretim Stratejisi" başlıklı bir makalelerinde atıfta bulunmuştur.

Kalundborg'daki kurumsal sinerjiler ilk olarak bir üniversite projesinde tartışılmış ve bu ilişkiler 'endüstriyel simbiyoz' terimiyle tanımlanmıştır. 1990'larda ABD Sürdürülebilir Kalkınma Konseyi, işletmeler arası etkileşim teorisini ortaya atmış ve Karandborg sinerjisini örnek olarak kullanarak "eko-endüstriyel park" modelini geliştirilmiştir. 1996 yılında, iş ilişkileri kurmak ve sistem hakkında eğitim vermek için Kalundborg Endüstriyel Simbiyoz Merkezi kurulmuş ve dernek 2000 yılında da endüstriyel simbiyoz faaliyetlerine devam etmiştir. Şirketler arasında yeni sinerjiler yaratılmış ve yan ürün alışverişi için yeni tesisler inşa edilmiştir.

Uluslararası Endüstriyel Ekoloji Birliği 2001 yılında kurulmuştur. Dernek, dünya çapında araştırma, eğitim, politika, geliştirme ve endüstriyel uygulamada endüstriyel ekoloji yaklaşımlarının önemini vurgulamıştır. 2004 yılında Yale Üniversitesi'nde ilk Uluslararası Simbiyoz Sempozyumu düzenlenmiştir. Sonraki yıllarda Stockholm, İsveç, Birmingham, İngiltere ve Kanada'da endüstriyel simbiyoz araştırmaları üzerine sempozyumlar düzenlenmiştir. 2005 yılında, ülkenin ilk endüstriyel simbiyoz konsepti olarak NISP (Ulusal Endüstriyel Kalkınma Planı) kurulmuş, Mart 2010'da Çin'in Tianjin Binjai Bölgesinde 80 sinerji ile yeni bir "Endüstriyel Simbiyoz Ağı" kurulmuştur. 2012 yılında İngiltere'de endüstriyel simbiyozun iklim değişikliği ve enerji güvenliği üzerine etkisi, yeşil büyüme, kaynak güvenliği ve eko-inovasyonda endüstriyel simbiyozun rolü gibi konuların işlendiği Uluslararası Endüstriyel Simbiyoz Konferansı düzenlenmiştir.

2.3. ENDÜSTRİYEL SİMBİYOZUN BİLEŞENLERİ

2.3.1. Kapalı Döngü

Hammadde ve enerji akışları kapalı döngüdür ve tüm çıktılar (atık, atık enerji, yan ürünler) üretim sistemine geri beslenir. Boşa harcanan ürün yok. Bu felsefeyi esasen endüstriye ve iş dünyasına taşıma girişimleri yeni kavramların ortaya çıkmasına neden olmuştur. "Endüstriyel simbiyoz" kavramı,



endüstriyel süreçler ve ekolojik çevre arasındaki etkileşime dayalı disiplinler arası bir yaklaşım olarak gelişmiştir.

2.3.2. Çevresel Etki Değerlendirmesi

Olası çevresel zararlar belirlenerek bunların önlenmesi için gerekli önlemler alınmalı ve alınan önlemler çeşitli kontrol ve takip yöntemleriyle ekonomik uygulamalara dönüştürülmelidir. Uygulama 3 adımda yapılır. Eleme aşamasında öncelikle proje çerçevesinde gerçekleştirilen veya gerçekleştirilecek faaliyetlerin çevresel etkilerin niteliğine göre proje sürecine uygulanabilir olup olmadığına bakılır. Kurum, kuruluş ve bireyler bu yöntemi kullanarak kaynak israfının önüne geçebilirler (Serter, 2005). İkinci adım olan kapsam belirleme, raporun kapsamını tanımlar. Uygulanacak faaliyetlere göre rapor içeriğini ve uygulanacak süreci değiştireceğiz. Faaliyetlerin neden olduğu etkilerin kapsamı ve önemi sürece göre değişir (Serter, 2005). Üçüncü ve son adım izlemedir. Şu anda, diğer herhangi bir adım gibi kullanılabilecek belirli bir bilimsel yöntem yoktur. Başvuruyu yapan kuruma ve kişilerin ekonomik, teknik ve politik yapısına bağlıdır (Serter, 2005). Temiz bir operasyonel uygulama geliştiricisi olmasına rağmen, uygulamayı uygulayan kişilerin bilgisi, farkındalığı ve hedefleri gibi faktörlere bağlıdır.

2.3.3. Enerji Denetleme

Kullanılan enerjinin cinsini ve miktarını kontrol ederek, kullanılan enerji maliyetlerindeki yıllık ve mevsimsel değişimleri ve enerji kullanım verimliliğini kontrol ediyoruz. Enerjiyi daha etkin kullanma, maliyetleri düşürme ve verimliliği artırma çabaları. Amacı, üretimin tüm süreçleri için gerekli olan enerji kullanımını belirlemek, gereksiz kullanımları tespit ederek tasarruf sağlamak ve gerekli enerji politikasını oluşturmaktır.

2.3.4. Risk Denetleme

Risk değerlendirme, riskleri değerlendirmek, karşılaştırmak ve önceliklendirmek için önemlidir ve sonuçlar maliyet ve fayda analizi için kullanılabilir (Schierow, 1994). Kriz yönetimi; mevcut risklere karşı nasıl önlem alındığı açısından önemlidir. Çevresel risk değerlendirme, kirleticilere maruz kalmanın potansiyel olumsuz etkilerini tahmin etmeyi ve bunlara karşı önlem almayı amaçlayan bilimsel bir faaliyettir (Holmes, Singh, & Theodore, 1993). Bu yöntemin amacı, atığın çevre üzerindeki mevcut ve/veya potansiyel etkisini belirlemek, atık konusunda alınan önlemlerin çevresel etkisini değerlendirmek ve seçilen yönteme alternatifler bulmaktır. Ayrıca kirlilik kontrolü ve atık yönetimi araştırmalarında kullanılabilecek temiz teknolojiler ve süreçler geliştirmeyi amaçlar (Çelik, 2000).

Kullanılan hammaddelerden, üretilen ara mamullerden ve nihai ürünlerden kaynaklanabilecek riskler belirlenmeli ve bu olumsuz etkilere karşı önleyici tedbirler alınmalıdır. Bu süreçte de üretim sürecindeki



kaynak tüketimini ve kayıpları azaltmak veya önlemek ve her süreçten kaynaklanan etkiyi izlemek ve takip etmek mümkündür. Risk değerlendirmesinden sonra elde edilen sonuçlar, çevre korumayı geliştirmek için faaliyetleri değiştirmek, mevcut süreçleri iyileştirmek veya yeni standartlar geliştirmek için kullanılabilir (Erdmenger, 1998).

Risk denetleme sonrasında ortaya çıkan sonuçlar faaliyetlerin değiştirilmesi veya mevcut sürecin iyileştirilmesinde, çevrenin korumasını arttırmak için yeni standartlar geliştirmede kullanılabilir (Erdmenger, 1998).

2.3.5. Kirlilik Önleme ve Atık Denetimi

Mevcut üretim süreçlerini iyileştirmeye dayalı kirlilik önleme anlayışı, üretim tesislerinden ve süreçlerinden kaynaklanan kirliliğin ve atıkların azaltılmasına ve/veya ortadan kaldırılmasına odaklanmakta ve çevreyi kirletmeyen endüstriyel süreçlerin oluşturulmasını savunmaktadır (Lowe, 1997). ABD Çevre Koruma Ajansı (EPA) üreticilere endüstriyel ekosistemle uyumlu üretim faaliyetleri geliştirme fırsatları yaratmak için çevre yönetim yöntemleri oluşturulmuştur. Atık yönetimi faaliyetleri ile birlikte çevrenin korunmasını sağlamak için kaynaklar ve kaynaklar dahil olmak üzere ekolojik ve endüstriyel sistemlerde atıkların azaltılması ve/veya bertaraf edilmesine yönelik politikaları savunur. EPA'nın Kirlilik Önleme Stratejisi. Kaynak azaltma, geri kazanım, arıtma ve imha/imha. İşletmeler bu yaklaşımı benimseyerek atık ve kaynak maliyetlerini azaltabilir ve daha güvenli ve daha çevre dostu faaliyetlerde bulunarak kamu imajını iyileştirebilir (Lowe, 1997).

2.3.6. Yenilik Oluşturma

Teknolojik gelişme ancak yeni ürünler icat edilerek veya mevcut ürünlerin kalite ve üretkenlik özelliklerinin iyileştirilmesiyle sağlanabilir. İnovasyon yaparak öğrenme, insan sermayesi, araştırma ve geliştirme ve kamu altyapısı yoluyla gerçekleşir (Romer, 1990). Ar-Ge faaliyetlerinin büyüme üzerindeki etkisi, beşeri ve fiziki sermaye gibi girdilerin niteliğine ve niceliğine bağlıdır. Teknolojik değişim ve artan araştırma ve geliştirme seviyeleri, içsel büyüme yoluyla artan getirilere yol açar (Romer, 1990). İnovasyonun yaratılması, fiziksel ve beşeri sermayenin kullanımına ve genel faktör verimliliğinin iyileştirilmesine katkıda bulunur. "Sıfır Atık Yönetimi" adı altında geliştirilen teknik araştırmalar, üretim faaliyetleri sonucunda oluşan atıkların azaltılması, nötralizasyonu, bertarafı, geri dönüşümü ve yeniden kullanımı gibi süreçlerin uygulanmasına bağlı olarak, temiz teknoloji geliştirmeye istekli olduğunu göstermektedir. Teknoloji geliştirme örnekleri, yenilenebilir enerji ve fosil olmayan yakıtlarla çalışan araçları içerir. Bu faaliyetler tipik olarak atık aşamasından önce gerçekleşen süreçleri hedefleyerek, üretilen atık miktarının kaynağında azaltılmasını sağlar.



2.3.7. Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi

Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi, mal ve/veya hizmetlerin üretimi, üretim sonucunda kullanımları, kullanım sonucunda toplanmaları ve/veya bertaraf edilmeleri ve azaltılmaları ve/veya kaçınılması gereken politikalar dahil olmak üzere süreçteki çevresel etkileri analiz eder. Mal ve hizmetlerin yaşam döngüsü boyunca (hammadde temini, ürün imalatı, ürün dağıtım faaliyetleri, ürün kullanımı, geri dönüşüm, geri dönüşüm) çevreye salınan kaynakların etkisini en aza indirmeyi amaçlayan bu yöntemi yapıyorum. /veya). veya kullanım sonunda oluşan atıkların bertaraf edilmesi). ISO 14000 tarafından standartlaştırılmış ve dünya çapında kullanılan bilimsel analiz. Öncelikle sorunu tanımlamamız gerekiyor. Envanter analizi, değerlendirilecek ürün ve/veya hizmet grubunu, hangi verilerin kullanılacağını, nasıl toplanıp uygun yöntemlerle işleneceğini belirler. Her süreç için kaynak tüketimi ve kaynak gereksinimleri belirlenir ve bunların kullanımı sonucunda oluşan veya oluşabilecek etkiler önem derecelerine göre gruplandırılır. Gruplandırma ile belirlenen çevresel ve/veya kaynaklı çevresel zararların ve/veya proses etkilerinin azaltılması veya ortadan kaldırılması sağlanır. YDD, ürünleri, kaynak türlerini, ürünlerde kullanılan enerji ve yöntemleri, ürün tasarımını, kullanım sırasında oluşan atıkların yönetimini ve pazarlama stratejilerini kontrol etmek için kullanılabilir. Toplanan bilgilerin kalitesi, güvenilirliği ve bilgileri analiz etmede kullanılan yöntemler analistin öznellik ve nesnellik düzeyine bağlı olarak değişebileceğinden bu bilgilerin diğer araçlarla birlikte kullanılması başarı oranını artırır (Özbay, 2005).

2.3.8. Çevresel Yönetim Sistemleri

Bu standartlaştırılmış sistemin amacı şirket kaynaklarını korumak ve kaynak kullanımını azaltmaktır (ISO 14000). Ayrıca kuruluşlar ulusal ve uluslararası yasalara uyumlarını güçlendirebilir, çevresel performanslarını geliştirebilir, yeni pazar stratejileri geliştirebilir, rekabet avantajı elde edebilir, kullanılan kaynak ve atık miktarını azaltabilir ve sonuçta verimsizliğin maliyetini azaltabilir.

2.4. ENDÜSTRİYEL SİMBİYOZUN TEMEL BELİRLEYİCİ FAKTÖRLERİ

Endüstriyel simbiyoz akışını yönlendiren bazı faktörler vardır ve bu faktörleri aşağıdaki gibi 5 başlık altında gruplandırmak mümkündür (Park, Duque-Hernández, & Díaz-Posada, 1990):

2.4.1. Teknik

- Girdi ve çıktı akışlarının nitelik, nicelik ve süreklilik nitelikleri
- Sinerji sağlamak için güvenilir ve uygun maliyetli teknolojilerin mevcudiyeti (örneğin, yan ürünlerin işlenmesinde)
- Altyapının mevcudiyeti (örn. boru hatları)



2.4.2. Ekonomik

- Net maliyet tasarrufları (örneğin, bakir girdilerin, atık yönetimi, operasyonlar, nakliye ve işlemlerin maliyetindeki herhangi bir değişiklik) ve gelir (örneğin, yan ürün satışları) dahil olmak üzere potansiyel ekonomik faydalar
- Gerekli sermaye yatırımının boyutu ve finansmanın mevcudiyeti
- Rekabet avantajına katkı

2.4.3. Organizasyon

- Endüstriyel simbiyoz kavramı ve potansiyel faydaları hakkında farkındalık ve bilgi
- Yöneticinin tutumları ve/veya kurum kültürü (ör. açıklık, taahhüt, isteklilik)
- Kurumsal kapasite ve kurumsal kaynakların mevcudiyeti (örn. personel, para, zaman)
- Risk algısı (ör. bilgilerin ifşa edilmesinde ve/veya bağımlılık yaratılmasında)

2.4.4. Sosyal

- Sosyal etkileşim ve zihinsel yakınlık veya güven düzeyi
- İletişim ve müzakere kapasitesi
- Ortak, uyumlu stratejik vizyon ve inanç
- Karar verme gücü ve yapısında denge veya asimetri

2.4.5. Kurumsal

- Çevre politikaları ve standartları (ör. endüstriyel simbiyoz için politika hedefleri ve müdahaleler)
- İlgili yasa ve yönetmeliklerin doğası ve sonuçları
- Politika araçları (ör. vergiler, harçlar, para cezaları, harçlar, sübvansiyonlar, krediler)
- Paydaş baskısı

2.5. ENDÜSTRİYEL SİMBİYOZ MODELLERİ

Endüstriyel simbiyozun en etkin ve yaygın uygulama alanları eko-endüstriyel parklardır. Eko-endüstriyel parklar üzerine yapılan çalışmalarda 5 farklı malzeme değişim modeli öne çıkmıştır (Chertow M. R., 1999).

2.5.1. Atık değişimi yoluyla

Bu değiş tokuş şekli tipik olarak tek yönlüdür ve genellikle kullanım ömrünün sonuna odaklanır. Atık takasları, bir kuruluşun elden çıkarmak isteyebileceği ve başka bir kuruluşun ihtiyaç duyabileceği materyallerin basılı veya çevrimiçi listelerini oluşturarak ticaret fırsatlarını



resmileştirir. Ticaretin ölçeği yerel, bölgesel, ulusal veya küresel olabilir ve son derece uzmanlaşmış kimyasalları ve hatta bölge yardım kuruluşlarının ihtiyaç duyduğu ürün listelerini içerebilir. Bu tür değiş tokuşlar tipik olarak malzeme akışı manzarasının daha eski, daha geleneksel yönlerini içerir.

2.5.2. Tesis, Firma veya kuruluş içinde

Bazı türde maddi mübadele, bir grup dış tarafla değil, öncelikle bir organizasyonun sınırları içinde gerçekleşebilir. Büyük kuruluşlar genellikle ayrı varlıkları gibi davranırlar ve endüstriyel simbiyoz için çok firmalı bir yaklaşıma yaklaşabilirler. Satın alma ve ürün tasarımı gibi üretime dönük operasyonlar da dahil olmak üzere ürünlerin, süreçlerin ve hizmetlerin tüm yaşam döngüsü dikkate alınarak tek bir organizasyon içinde önemli kazanımlar elde edilebilir. Bu modeli daha iyi anlamak için Ebara Corporation tarafından Japonya'nın Fujisawa kentindeki Fujisawa tesis kompleksinde uygulanan proje incelenebilir.

2.5.3. Tanımlanmış bir eko-endüstriyel parkta aynı yerde bulunan firmalar arasında

Bu yaklaşımda, bir endüstri parkı eşdeğerinde bulunan işletmeler ve diğer kuruluşlar enerji, su ve malzeme alışverişinde bulunabilir ve izin, ulaşım ve pazarlama gibi bilgi ve hizmetleri paylaşmak için daha da ileri gidebilir. 3. tip değiş tokuşlar, öncelikle sanayi bölgesinin tanımlanmış alanı içinde gerçekleşir, ancak diğer ortakları "çitlerin üzerinden" dahil etmek mümkündür. Bu yaklaşımın uygulanabileceği alanlar yeni gelişmeler veya mevcut olanların güçlendirilmesi olabilir. Bu modeli daha iyi anlamak için New Hampshire Londonderry Kasabasındaki Londonderry Eko-Endüstriyel Parkı ya da Choctaw County, Mississippideki Red Hills EcoPlex projesi incelenebilir.

2.5.4. Aynı yerde olmayan yerel firmalar arasında

Bu tür bir değiş tokuş, bir alanda halihazırda mevcut olanı bir başlangıç noktası olarak alır, mevcut işletmeleri birbirine bağlar ve bazı yenilerini doldurma fırsatı verir. Kalundborg, birincil ortakların bitişik olmaması ve yaklaşık iki millik bir yarıçap içinde olması bakımından Tip 4 alışverişinin bir örneğidir. Bu alan bir endüstri parkı olarak planlanmamış olmasına rağmen, şirketlerin yakınlığı, halihazırda üretilen malzeme, su ve enerji akışlarından yararlanmalarına olanak sağlamıştır. Porto Rico, Guayamadaki AES Corporation projesi aynı yerde olmayan yerel firmalar arasında gerçekleşen modele örnektir.

2.5.5. Daha geniş bir bölgede "sanal olarak" örgütlenmiş firmalar arasında

Bunun farkında olarak, Tip 5 değiş tokuş modeli, kolokasyondan ziyade sanal bağlantılara dayanmaktadır. Sanal eko-endüstriyel parklar hala yer tabanlı işletmeler olsa da, 5. tip değiş tokuşlar, endüstriyel simbiyozun faydalarının, yan ürün değiş tokuşlarının tespit edilmesi potansiyelinin yalnızca dahil edilebilecek firma sayısı nedeniyle büyük ölçüde arttığı bölgesel bir ekonomik topluluğu



kapsayacak şekilde genişletilmesine izin verir. Kuzey Karolinadaki Üçgen J Hükümetler Konseyi, Araştırma Üçgeni Parkı ve Teksas Brownsville projesi bu modele örnek gösterilebilecek çalışmalardır.

2.6. ENDÜSTRİYEL SİMBİYOZ GELİŞİM ADIMLARI

Endüstriyel simbiyoz oluşturulma aşamasında bazı yaklaşımlar bulunmaktadır. Bu yaklaşımlar arasında en yaygın olanı 3 katmanlı bir yapı göstermektedir (Gümü, 2016):

1. Bölgesel denetim yapılması ve gereken verilerin toplanması
2. İşletmeler arası potansiyel eşleştirmelerin belirlenmesi
3. İşletmeler ile görüşülüp simbiyoz çalışmalarının başlatılması

Bu üç aşamalı süreç, endüstriyel simbiyoz alanlarının belirlenmesi, gerekli bilgilerin toplanması ve verilerin elde edilmesiyle başlar. Elde edilen veriler doğrultusunda, şirket girdi ve çıktılarına dayalı ekonomik ve lojistik değerlemeler dikkate alınarak olası eşleştirmeler yapılmaktadır. Son adımda ise, işbirliği olasılığına göre firmalarla görüşerek işbirliğini sağlıyor ve endüstriyel simbiyoz araştırmalarına başlıyoruz. Endüstriyel simbiyoz, geçmişte endüstriyel firmalar tarafından etkin bir şekilde kullanılan bir yaklaşım olarak bilinmektedir. Bunun en önemli nedenlerinden biri de şirketlere sağladığı ekonomik faydadır. Zamanla endüstriyel simbiyoz kavramı ortaya çıktı ve endüstriyel simbiyozla yönelik yeni yaklaşımlar ekonominin çok ötesine geçti. Endüstriyel simbiyoz, kaynak tüketimini, düzenli depolama alanlarına gönderilen atık miktarını, CO2 emisyonlarını, su ve enerji tüketimini, üretim maliyetlerini ve üretimdeki riskleri önemli ölçüde azaltır. Ayrıca önemli işler yaratır, şirketlere maliyet tasarrufu sağlar, çevre ile ilgili olanlar başta olmak üzere birçok yasaya uyumu teşvik eder, rekabeti teşvik eder ve işbirliğine büyük katkı sağlar. Tüm bu gelişmeler, endüstriyel simbiyozun her geçen gün tüm dünyada öne çıkan bir kavram haline geldiği anlamına gelmektedir. Endüstriyel simbiyoz, dünya çapında ekonomik kalkınma, kaynak verimliliği ve yeşil büyüme gibi eğilimler için bir politika aracı olarak kabul edilmektedir.

(Chertow, Zhu, & Moye, 2015) tarafından önerilen ve Myduru-Hindistan endüstriyel simbiyoz çalışması için adapte edilen 5 adımdan oluşan bir algoritma bulunmaktadır. Bu yaklaşıma göre ilk olarak proje bölgesinin sınırları belirlenmelidir. Bu aşamadan sonra endüstriyel yan ürünlerin ölçülmesi vardır. Bu adımı potansiyel endüstriyel simbiyoz değişimlerini belirleme adımı takip eder. Dördüncü adımda endüstriyel simbiyoz yaşam döngüsü faydaları tanımlanır ve son olarak 5. Adımda kentsel endüstriyel simbiyoz potansiyelleri bağlamına oturtulur.



Kentsel Sınırı Tanımlayın

- Endüstriyel simbiyozun geliştirileceği bölgenin tanımlanması

Endüstriyel Yan ürünleri ölçmek

- Her endüstrinin üretim kütesini tahmin edin
- Sektörleri YGE (Yaşam Döngüsü Envanteri) süreçlerine göre eşleştirin
- Yan ürünleri hesaplamak için YGE veritabanını kullanın

Potansiyel IS Değişimlerini Belirleyin

- Olası tüm değiş tokuşların bir listesini oluşturun
- Hedef ölçütlere dayalı sıralama değişimleri
- Miktarlar tükenene kadar yan ürünleri besleme stoklarıyla eşleştirin

Endüstriyel Simbiyozun Yaşam Döngüsü Faydalarını Tanımlayın

- Ortak yaşam olmayan bir temele dayalı olarak yaşam döngüsü emisyonlarını hesaplayın
- Endüstriyel simbiyoz senaryosuna dayalı yaşam döngüsü emisyonlarını hesaplayın ve farkı alın

Kentsel Endüstriyel Simbiyoz Potansiyelini Bağlama Yerleştirin

Kaynak 2 (Chertow, Gordon, Hirsch, & Ramaswami, 2019)

2.7. ENDÜSTRİYEL SİMBİYOZUN ETKİLERİ

Endüstriyel simbiyoz kavramı sürdürülebilirlik için etkin bir araç olarak ortaya çıkmış olup etkilerini ekonomik, çevresel ve sosyal olmak üzere 3 başlık altında incelemek mümkündür.

2.7.1. Ekonomik

Endüstriyel simbiyoz şirketlere pek çok ekonomik fayda sağlar: değeri endüstriyel atıkların satışından veya değiş tokuşundan, hammadde maliyetlerinden tasarruftan, atık imhasıyla bağlantılı masrafların kısılmasından ve yan ürünlerden pazar erişiminin ve gelirin genişletilmesinden elde edilebilir. Endüstriyel simbiyoz, endüstrilerin pahalı ve sürdürülemez üretim sistemlerinden uygulanabilir, gelir getiren ve daha çevreci üretim tasarımlarına geçişine yardımcı olan, dögüsel ekonominin önemli bir etkinleştirici bileşenidir. Endüstriyel simbiyozun aşağıdakileri içeren çok sayıda ekonomik faydası vardır:



Maliyet Tasarrufu: Endüstriyel simbiyoz katılımcıları, malzeme, enerji ve su dahil olmak üzere kaynakları değiş tokuş ederek, kullanılmamış malzemelere bağımlılıklarını azaltabilir ve atık bertarafı, nakliye ve satın alma ile ilgili maliyetlerden tasarruf edebilir.

Artan Verimlilik: Endüstriyel simbiyoz katılımcıları, kendileri ve başkaları için değer yaratmak için aşırı ısı veya yan ürünler gibi atıl veya yeterince kullanılmayan kaynakları kullanabilir. Bu, artan verimlilik ve üretkenliğin yanı sıra azaltılmış sera gazı emisyonlarına yol açabilir.

İş Yaratma: Endüstriyel simbiyoz, özellikle katılımcı işlerin yoğunlaştığı bölgelerde veya topluluklarda yeni işlerin ve iş fırsatlarının yaratılmasına yol açabilir. Bu, ekonomik büyüme ve gelişmeyi teşvik etmeye yardımcı olabilir.

Rekabet Avantajı: Endüstriyel simbiyoz, işletmelere rakiplerinin erişemeyeceği kaynaklara erişmelerini sağlayarak rekabet avantajı sağlayabilir. Bu, bir şirketin itibarını ve marka imajını artırabilen iyileştirilmiş çevresel performansın yanı sıra yeni ürün ve hizmetlerin geliştirilmesine yol açabilir.

Genel olarak, endüstriyel simbiyoz, işletmelerin maliyetleri düşürmesine, verimliliği artırmasına, yeni işler ve iş fırsatları yaratmasına ve pazarda rekabet avantajı elde etmesine yardımcı olabilir.

2.7.2. Çevresel

Kaynakların sanayi bölgeleri arasında transferi ve paylaşımı, daha az ham madde tedariki, daha fazla enerji ve su geri dönüşümü ve çöp sahalarına daha az atık gitmesi anlamına gelir. Bu, arazinin aşırı kullanılmasını, su kıtlığını önlediğinden ve sera gazı emisyonlarını azalttığından çevre üzerinde büyük bir etkiye sahiptir. Sanayi sektörü, küresel sera gazı emisyonlarının %30'unu oluşturmaktadır. Endüstriyel simbiyoz, bu etkinin azaltılmasına yardımcı olabilir ve Paris anlaşmasının gerekliliklerinin karşılanmasına katkıda bulunabilir. Endüstriyel simbiyozun çevresel faydaları şunları içerir:

Atık üretiminde azalma: Endüstriyel simbiyoz, malzemelerin ve yan ürünlerin yeniden kullanımını ve geri dönüşümünü kolaylaştırarak endüstriler tarafından üretilen atık miktarını azaltır.

Daha düşük sera gazı emisyonları: Endüstriler, enerji kaynaklarını paylaşarak bireysel karbon ayak izlerini azaltabilir ve genel sera gazı emisyonlarını azaltabilir.

Azalan kaynak tüketimi: Endüstriler arasındaki işbirliği, su ve enerji gibi kaynakların daha verimli kullanılmasına yol açarak bu kaynakların tüketiminin azalmasına ve çevresel etkilerin azalmasına yol açabilir.



Doğal kaynakların korunması: Endüstriyel simbiyoz, yeni kaynak çıkarma ihtiyacını azaltarak ve bununla ilişkili çevresel etkileri en aza indirerek doğal kaynakların korunmasına yardımcı olabilir.

Azaltılmış çevre kirliliği: Endüstriler arasındaki işbirliği, çevreye zararlı kirleticilerin salınmasını en aza indirebilir, hava ve su kalitesini iyileştirebilir ve insan sağlığı ve ekosistemler üzerindeki olumsuz etkileri azaltabilir.

Genel olarak, endüstriyel simbiyoz, daha sürdürülebilir ve esnek bir ekonomiye katkıda bulunabilecek çeşitli çevresel faydalar sunar.

2.7.3. Sosyal

Kaynak paylaşımına ve yeniden kullanıma dayalı döngüsel endüstriyel sistemlerin uygulanması, komşu bölge ve şehirlerin ve bunların nüfuslarının, yerel kaynaklar üzerinde daha az baskı, daha güçlü bölgesel ekonomiler ve artan istihdam fırsatları ile daha yeşil ekosistemlerden faydalanmasını sağlar. Sürdürülebilir ürün üretimi ve kullanımı için yol açar ve bir örnek teşkil eder, bölgesel koruma ve çevredeki alanlardaki depolama alanlarının azaltılması üzerinde büyük bir etkiye sahiptir. Endüstriyel simbiyozun sosyal faydaları çoktur ve şunları içerebilir:

Ekonomik Kalkınma: Endüstriyel simbiyoz, bir bölge veya toplulukta istihdam yaratılmasına ve ekonomik büyümeye yol açabilir. İşletmeler arasında işbirliğini ve iş birliğini teşvik ederek, endüstriyel simbiyoz yeni endüstrileri ve iş fırsatlarını geliştirmeye yardımcı olabilir.

Çevresel Sürdürülebilirlik: Endüstriyel simbiyoz, atık, kirlilik ve enerji tüketimini en aza indirerek çevresel etkilerin azalmasına yol açabilir. Bu, daha temiz hava ve suyun yanı sıra iyileştirilmiş toprak kalitesi ve biyolojik çeşitlilikle sonuçlanabilir.

Topluluk Direnci: Endüstriyel simbiyoz, yerel kaynak kullanımını teşvik ederek ve dış kaynaklara bağımlılığı azaltarak daha güçlü ve daha dayanıklı topluluklar oluşturmaya yardımcı olabilir. Bu aynı zamanda işletmeler ve paydaşlar arasında ortak bir sorumluluk ve hesap verebilirlik duygusu oluşturarak daha fazla sosyal uyuma yol açabilir.

Bilgi Paylaşımı: Endüstriyel simbiyoz, işletmeler ve araştırmacılar arasında bilgi, uzmanlık ve en iyi uygulamaların paylaşımını kolaylaştırabilir. Bu, inovasyona ve bir bütün olarak topluma fayda sağlayan yeni teknolojilerin ve süreçlerin geliştirilmesine yol açabilir.

Türkiye’de ulusal endüstriyel simbiyoz için bir yol haritası hazırlanmıştır ve ulusal endüstriyel simbiyoz çalışmasının sağlayacağı faydalar aşağıda verilen şekilde sıralanmıştır:



- Geliştirilmiş üretkenlik yoluyla daha rekabetçi bir ekonomi
- Gelişmiş iç yatırım fırsatları
- İş yaratma ve elde tutma
- İnovasyonda iş liderliğindeki bir talep çekişi
- Türk temiz teknoloji/yeşil teknoloji çözümlerinin ihracat potansiyelinin belirlenmesi
- Bölgesel ekonomik kalkınmaya ve yenilenmeye yardımcı olacak gelişmiş bir araç
- Paris'te düzenlenen COP 21'de kararlaştırılan, iklim değişikliğinin azaltılması ve Türkiye'nin Amaçlanan Ulusal Olarak Belirlenmiş Katkısına (INDC) katkısı
- Geliştirilmiş atık düzenlemesi ve takibi
- Sıfır atığa giden bir yol
- Avrupa Atık Çerçeve Direktifi ile uyumluluk

Ulusal endüstriyel simbiyozda sağlanacak faydalar bölgesel endüstriyel simbiyoz projelerinden sağlanacak faydalarla paralellik göstermektedir. Genel olarak, endüstriyel simbiyoz sürdürülebilir kalkınmayı destekleyebilir ve hem insanların hem de gezegenin refahına katkıda bulunabilir.

3. ENDÜSTRİYEL SİMBİYOZ PERFORMANS GÖSTERGELERİ

Endüstriyel simbiyoz işlemlerinden kaynaklanan tipik bir anahtar performans göstergeleri (KPI) listesi şunları içerir (Fraccascia, Giannoccaro, & Albino, Ecosystem indicators for measuring industrial symbiosis (Endüstriyel simbiyozu ölçmek için ekosistem göstergeleri), 2020):

- Girdi, süreç, enerji, imha ve nakliye tasarruflarının yanı sıra yakıt ikamesi yoluyla sera gazı (GHG) emisyonlarının azaltılması,
- Atıkların düzenli depolama alanından yönlendirilmesi,
- Hammadde kullanımının önlenmesi,
- Toprak, su ve hava kirliliğini azaltmak,
- Endüstriyel su kullanımının azaltılması,
- Tehlikeli atıkların azaltılması ve
- En iyi uygulamaların yaygınlaştırılması ve talebe dayalı inovasyon yaratılması yoluyla bu etkilerin artırılması.

Endüstriyel simbiyozu ölçen göstergeler halen çalışılmaktadır ve nitel göstergeler daha spesifik olmakla birlikte, nicel göstergeler üzerine tartışmalar ve çalışmalar devam etmektedir ve endüstriyel simbiyozun göstergeleri üzerine çok az çalışma vardır (Fraccascia & Giannoccaro, 2020). Bu

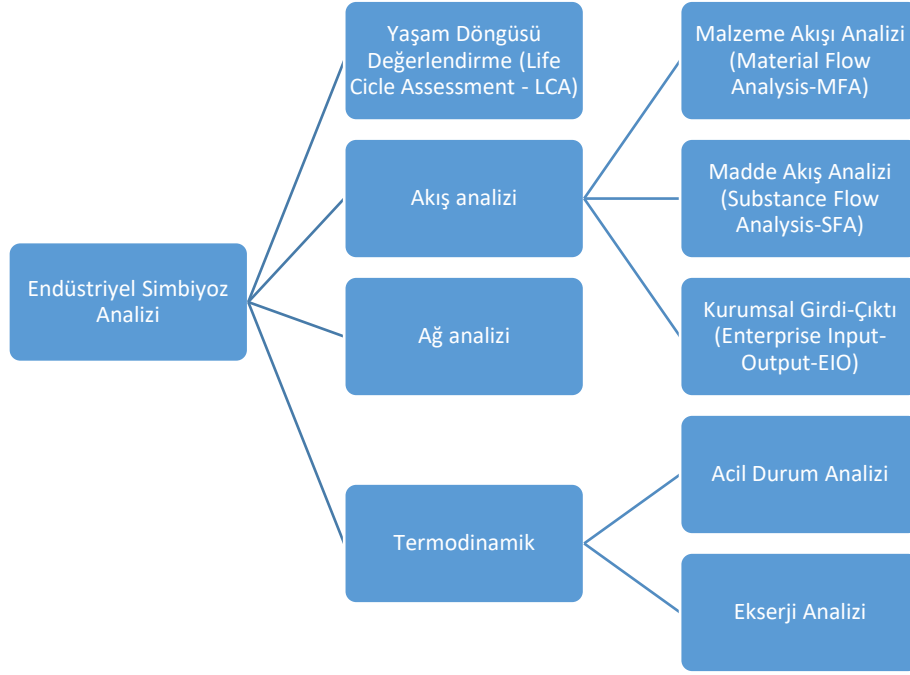


çalışmalardan birinde sosyal, çevresel ve ekonomik olmak üzere 249 sürdürülebilirlik göstergesi belirlenmiştir (Valenzuela-Venegas, Salgado, & Díaz-Alvarado, 2016). Daha sonra bu göstergeler yöntemlerine göre 3 gruba ayrıldı: eko-verimlilik, yaşam döngüsü değerlendirmesi (LCA) ve malzeme akış analizi (MFA).

Bölgesel endüstriyel ortak yaşamı ve şirket içi ortak yaşamı incelemek için farklı göstergeler vardır. Şirketin iç işleyişi değerlendirilirken demir ve karbon metabolizması gibi göstergeler kullanılabilir (Wu, Lu, & Jin, 2021). Demir-çelik endüstrisinin endüstriyel simbiyozu üzerine yapılan çalışmada, malzeme akış analizi ile çevresel sayılar, acil durum indeksi ile ekolojik etkiler değerlendirilmiştir (Sun, ve diğerleri, 2017). Ekolojik Ağ Analizi (ENA) ile sistem içi etkileşimler, doğrudan veya dolaylı olarak girdi-çıkı, enerji veya malzeme akışının bütünsel bir değerlendirmesine olanak tanır (Endrédi, Senánszky, Libralato, & Jordán, 2018) (Zhai, Huang, Liu, Zheng, & Guan, 2019). Eko-endüstriyel parkların planlanmasında ve değerlendirilmesinde kullanılan bir diğer yöntem ise yan ürün ve atık geri dönüşüm oranıdır ve 0-1 arasında bir değer alır (Hardy & Graedel, 2008). Bağlantıların sayısı, yani şirketler arasındaki ağlar da endüstriyel simbiyozun göstergelerinden biridir (Felicio, Amaral, Esposto, & Durany, 2016) (Wahrlich & Simioni, 2019).

Endüstriyel simbiyozu ölçmek için kullanılacak beş seviye vardır. Bunlardan ilki şirket düzeyidir ve bu düzeyde şirketin kendi içindeki farklı süreçler arasındaki simbiyotik ilişki tartışılır. İkinci seviye ise endüstriyel simbiyoz ilişkisidir ve bu ilişkide birden fazla simbiyotik ilişkisi olan iki firma ele alınmaktadır. Üçüncü seviye endüstriyel simbiyoz ağıdır ve eko-endüstriyel parkları, yakınlarda bulunan şirketleri veya daha geniş alanları içerebilir. Kalundborg ve Rotterdam Limanı bu seviyenin örnekleridir. Dördüncü düzey olan coğrafi alan düzeyi, bölge ve ülke düzeyidir ve NISP projesi bu düzeye örnek olarak gösterilebilir. Son olarak beşinci seviye ise genel çevre seviyesidir (Fraccascia & Giannoccaro, 2020). Endüstriyel simbiyoz analiz yöntemleri 4 ana gruba ayrılmaktadır ve her grubun kendi içinde farklı yöntemleri bulunmaktadır.

Şekil 1 Endüstriyel Simbiyoz Analizinde Kullanılan Yöntemler



Kaynak 3 (Fraccascia & Giannoccaro, 2020)

Kalundborg sanayi bölgesinde endüstriyel simbiyoz performans değerlendirmesinde, yeşil alanlar, yenilenebilir enerji ve yeşil binalar, akıllı üretim ve veri altyapıları, yeşil ve akıllı ulaşım, akıllı su yönetimi, akıllı atık yönetimi, topluluk geliştirme, ekonomik katma değer gibi göstergeler, ağ düzeyi kullanılmıştır.

(GGGI, 20019).

Endüstriyel simbiyozun performans değerlendirmesi için birçok analiz yöntemi vardır, ancak analiz yöntemlerinin uygulanması için nicel verilere ihtiyaç vardır. Bu doğrultuda FISSAC projesi tarafından hazırlanan endüstriyel simbiyoz göstergeleri arasında endüstriyel simbiyoz performansı seçilmiştir. Bu göstergeler şu şekilde sıralanabilir:

- Yerel ekonomiyi ve büyümeyi desteklemek,
- Yerel iş fırsatları,
- Vatandaşlar ve işçiler için geliştirilmiş sağlık,
- Bilgi aktarımı ve yeni beceriler,
- Geliştirilmiş yaşam kalitesi,
- Geliştirilmiş estetik,



- Geliştirilmiş yerel ortam,
- Atık bertarafı için azaltılmış maliyet,
- Topluluk duygusu,
- İyileştirilmiş hava kalitesi ve azaltılmış kirlilik,
- Ekosistem koruması,
- Kaçınılan su kullanımı,
- Kaynakların daha verimli kullanılması,
- Atık azaltma,
- Azaltılmış karbon emisyonları ve iklim değişikliği azaltımı,
- Hammadde bulunabilirliği,
- Maliyet tasarrufu,
- Artan enerji verimliliği,
- Yeni ortaklıklar,
- İnovasyonları hızlandırmak ve araştırma ve geliştirmeye yatırım yapmak,
- Yeni patentler,
- Ek satışlar ve artan ciro,
- Yeşil profil, daha iyi kamu imajı,
- Ayak izini azaltın,
- Yan ürünlerin satışından elde edilen gelir ve
- Altyapı paylaşımı (Özge Yılmaz, Özge Yılmaz ve Emrah Alkaya, 2016).

Yukarıdaki göstergeler 3 farklı kategori içermektedir. Bu göstergelerin ilk 9'u, endüstriyel simbiyozun topluluklar ve yerel yönetimler üzerindeki etkisini ölçer. 10'dan 16'ya kadar olan göstergeler, endüstriyel simbiyozun çevreye sağladığı faydalara ilişkin performansını ölçer. 17'den 26'ya kadar olan göstergeler, endüstriyel simbiyoz performansını işletmeye katkısı açısından değerlendirir.



Topluluklar ve Yerel Yönetimlere Etkisi

- Yerel ekonomiyi ve büyümeyi desteklemek,
- Yerel iş fırsatları,
- Vatandaşlar ve işçiler için geliştirilmiş sağlık,
- Bilgi aktarımı ve yeni beceriler,
- Geliştirilmiş yaşam kalitesi,
- Geliştirilmiş estetik,
- Geliştirilmiş yerel ortam,
- Atık bertarafı için azaltılmış maliyet,
- Topluluk duygusu,

Çevreye Etkisi

- İyileştirilmiş hava kalitesi ve azaltılmış kirlilik,
- Ekosistem koruması,
- Kaçınılan su kullanımı,
- Kaynakların daha verimli kullanılması,
- Atık azaltma,
- Azaltılmış karbon emisyonları ve iklim değişikliği azaltımı,
- Hammadde bulunabilirliği,

İşletmelere Etkisi

- Maliyet tasarrufu,
- Artan enerji verimliliği,
- Yeni ortaklıklar,
- İnovasyonları hızlandırmak ve araştırmaya yatırım yapmak,
- Yeni patentler,
- Ek satışlar ve artan ciro,
- Yeşil profil, daha iyi kamu imajı,
- Ayak izini azaltın,
- Yan ürünlerin satışından elde edilen gelir ve
- Altyapı paylaşımı

4. DÜNYA'DA BAŞARILI ENDÜSTRİYEL SİMBİYOZ ÖRNEKLERİ

4.1. Danimarka

Endüstriyel simbiyoz konusunda literatürdeki en yaygın örnek olan Danimarka/Kalundborg Çevresel Sanayi Sitesi, bilinen ilk endüstriyel simbiyoz uygulamasıydı ve yıllar içinde ihtiyaçlara göre kendiliğinden gelişti. Uygulamada, enerji santralleri, alçıpan fabrikaları, Kalundborg Belediyesi ve petrol rafinerileri gibi taraflar arasında atık su, yeraltı suyu, buhar, elektrik ve diğer birçok atık ve yan ürün sirküle edilmektedir. Uygulama, 5.000 evin su tüketimini yılda %25 oranında azalttı, 2,9 milyon ton malzemeyi değiştirdi ve atık ısı kullandı. Söz konusu bölgede enerji, petrokimya, biyoteknoloji, ilaç, çimento ve alçı endüstrileri ile tarımsal üretim yapan birçok firma, endüstriyel işlemler sırasında üretilen kanalizasyon, buhar, yakıt ve daha birçok yan ürünün mübadelesi yapılmaktadır (Başer, 2017). Yukarıda bahsedilen endüstriyel simbiyozun gerçekleştiği Kalundborg'daki bir şirket. Termik santral



Asnas, petrol arıtma şirketi Statoil, kimya şirketi Kemira, enzim ve ilaç şirketi Novo Nordisk, alçı duvar fabrikası Ziploc, zemin iyileştirme şirketi ve Kalundborg şehri faaliyet gösteriyor (Akman, 2014).



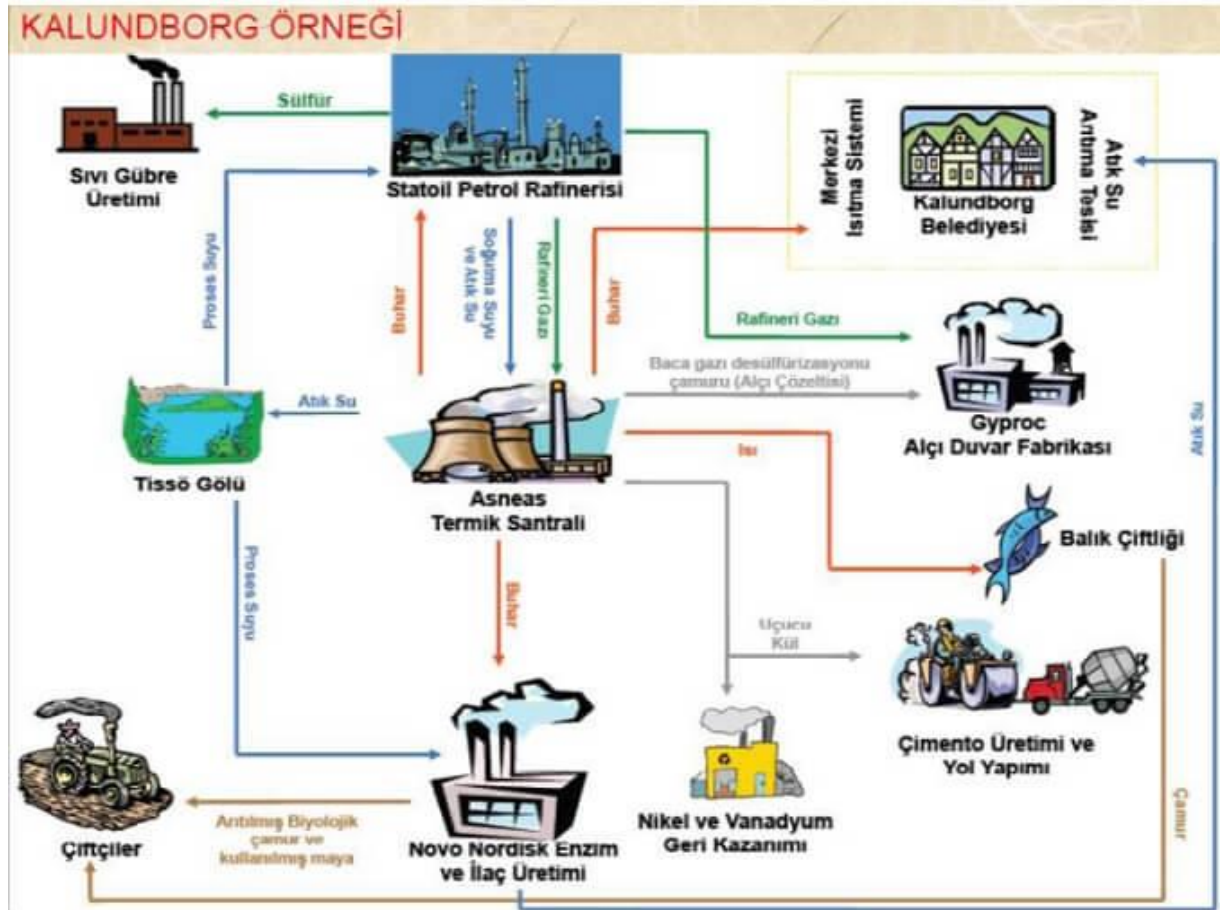
Kaynak 4 (Akman, 2014)

Çiftlik, Çevresel Endüstri Parkı içindeki bir enerji santralinden çıkan atık ısı ile ısıtılacak ve egzoz buharı, kasaba halkı için merkezi ısıtma olarak kullanılacağı Kalundborg şehrine gönderilecek. Egzoz buharının bir kısmı Statoil rafinerisi ile enzim ve ilaç şirketi Novo Nordisk tarafından kullanılacak. Bu atık ısı, enzim ve ilaç şirketlerinin enerji ihtiyacının yüzde 50'sini ve rafineri enerji ihtiyacının yüzde 4'ünü karşılıyor. Kullanıldıktan sonra Statoil rafinerisine gönderilen egzoz buharı santrale geri döndürülür. Bu sayede santralin su ihtiyacının %95'i rafineri atık suyundan, rafinerinin su ihtiyacının ise %98'i santralin ürettiği atık buhardan karşılanmaktadır. Ayrıca termik santrallerden çıkan baca külleri çimento fabrikalarına gönderilerek çimento üretimi ve yol yapımında hammadde olarak kullanılmaktadır. Diğer firmalardan alınan bu uçucu küldeki nikel ve vanadyum çeşitli işlemlerden geçirilerek ayrıştırılarak pazarlanmaktadır (Başer, 2017).

Kükürt giderme sırasında termik santralden boşaltılan alçı çözeltisi, Gyproc alçı duvar değirmenine satılmaktadır. Bölgedeki gübre fabrikalarına Statoil rafinerisinden kükürt gübresi tedarik edilmektedir. İlaç şirketi Novo Nordisk'te enzim ve insülin üretiminden elde edilen maya solüsyonları çiftçilere satılıyor ve domuz yemi üretmek için kullanılıyor. Bölgedeki su ürünleri çiftliklerinden çıkan çamur ve enzim üretim şirketi Novo Nordisk tarafından biyogenetik fermantasyon sonucu oluşan biyokütle, gübre olarak kullanılmak üzere tarım arazilerine gönderilmektedir (Başer, 2017). Bahsedilen endüstriyel simbiyoz ağı, Kalundborg bölgesinde yer alan 20'den fazla yan ürün alışverişi ile seçilmiş bir örnektir. Bu değişimler kapsamında 2015 yılı verilerine göre insülin üretimi sırasında biriken maya

çamurundan biyogaz elde edilmiştir. Su ıslahı için model olabilecek çevreci bir endüstri parkı olan Kalundborg, 75.000 hanenin yıllık elektrik tüketimine eşdeğer 15 milyon GJ enerji değeri ile 3 milyon metreküp su ıslahı ve proses buharı elde etti. . 150.000 ton doğal alçı yerine baca gazı kükürt gidermeden elde edilen alçı kullanılması doğal kaynakların korunması açısından çok önemli bir avantajdır (Özkan, Günkaya, Özdemir, & Banar, 2018).

Kalundborg ağı, 1961'de Kalundborg yakın Kalundborg simbiyozunun ilk su borusu Tisso Gölü ile Statoil arasında döşendi. 1972'de Statoil ile yeni kurulan alçı levha üretim şirketi Gyproc arasında bir anlaşmaya varıldı. Anlaşma kapsamında Statoil, üretim sürecinde oluşan fazla gazı, tesisin fırınlarında üretilen alçı levhayı kurutmak için kullanılan Gyproc'a devretti. Bir yıl sonra Dong Energy (o zamanki Asnæs fabrikası), Statoil'in su borularını birbirine bağlayarak oluşturulan ağa katıldı ve şimdi Kalundborg Symbiosis olarak bilinen şeyin üç ortağı oldu.



Kaynak 5 (Altın, 2021)

1976'da Novo Nordisk, komşu çiftliklere biyoatık taşımaya başladı. 1979'da elektrik santrali, daha önce sorunlu bir atık olarak görülen uçucu külü kuzey Danimarka'daki Alborg Portland gibi çimento



üreticilerine göndermeye başladı. Aynı elektrik santrali tarafından üretilen atık ısı, Kalundborg Belediyesi tarafından kullanılmış ve şehrin bölgesel ısıtma dağıtım ağına tedarik edilmiştir.

1982'de Nono Nordisk ve Statoil rafinerileri, elektrik santrallerine buhar sağlamak için boru hatları kurarak verimsiz buhar kazanlarına olan ihtiyacı ortadan kaldırdı ve onları kapattı. 1987 yılında, Statoil rafinerisinden atık su soğutma suyunu santral için ham kazan besleme suyu olarak kullanıldığı santrale taşımak için bir boru hattı inşa edildi. Santralin tuzlu su soğutma suyundan üretilen atık ısı, alabalık ve pisi balığı üretiminde kullanıldığı yerel balık çiftliklerine gönderildi.

1989 yılına gelindiğinde Nova Nordisk'in soğutma suyu ihtiyacı artmıştı ve bu ihtiyacı karşılamak için şirket Kalundborg şehri, elektrik santrali ve rafineri ile onu Tisso Gölü'nün dibinden bir tedarik ağına bağlamak için bir anlaşma imzaladı. Endüstriyel ağ daha da genişledi ve 1989'da kurulan ağ, "endüstriyel simbiyoz" terimiyle tanımlandı. Ağlar 1990'ların başında 'endüstriyel simbiyoz' olarak tanımlandığında, alan yalnızca uluslararası basın değil, aynı zamanda işbirliği yapmak isteyen uygulayıcıların ve akademi dünyasının da ilgisini çekti.

1990 yılında, Statoil Rafinerisi bir kükürt geri kazanım tesisinin inşaatını tamamladı ve geri kazanılan ürünü, Danimarka anakarası Yetland, Fredericia'daki bir sülfürik asit üreticisine satmaya başladı. 1991 ve 1992'de, Statoil Rafinerisi ile Enerji Santrali arasında iki boru hattı daha inşa etmeye başlandı. 1991 boru hattının amacı, biyolojik olarak arıtılmış atık suyu Statoil Rafinerisi'nden tesise taşımaktı, böylece teslim edilen su tesis tarafından uçucu kül tabanını arıtmak ve stabilize etmek için kullanılabilirdi. 1992 yılında, santral için ek yakıt olarak Statoil Rafinerisi'nden çıkan baca gazlarını tedarik etmek için başka bir boru hattının inşasına başlandı. Daha sonra 1993 yılında, enerji santrallerinden çıkan baca gazını (SO₂ – kükürt dioksit) alçıya (kalsiyum sülfat) dönüştürme projesini tamamladık. İthal ürünler, ürünün kalitesini artıran yeni kalsiyum sülfatla değiştirildi (Olsen, 2016).

Tablo 1 Kalundborg Endüstriyel Simbiyoz Kazanımları

	Kaynak Azalımı	Total Azalım (ton/yıl)
Kaynak	Petrol	19.000
	Kömür	30.000
	Su	1.200.000
Emisyon	CO ₂	130.000
	SO ₂	25.000
Atık	Uçucu kül / kurum	135.000



Sülfür	2.800
Alçı	80.000
Biyolojik çamurdan gelen azot	800
Biyolojik çamurdan fosfor	400

Kaynak 6 (Jacobsen, 2006)

Uçucu kül, kükürt, organik çamur ve alçıtaşı gibi konvansiyonel atıklar ham maddeye dönüştürülerek tekrar üretime kazandırıldı. SO₂ ve CO₂ emisyonlarını azaltarak ve kanalizasyon suyu kalitesini iyileştirerek, çevresel etki azaltılmış ve şehrin temiz bir sanayi şehri imajı iyileştirilmiştir.

Kalandborg Symboiz ve Avrupa Birliği'nin kendi web sitesine göre, ortaklar en az 24 milyon Euro, 14 milyon Euro sosyo-ekonomik tasarruf, 635.000 ton CO₂, 3,6 milyon metreküp su, 100 GWh enerji, 87.000 Euro tasarruf sağladı. tonlarca enerjiyi güvence altına aldı. yıllık veriler. teklif ediyorum Kalundborg Symbiosis örnek bir model haline geldi ve zaman içinde kendi karakterini geliştirdi. Kalandborg'daki simbiyotik özellikler dikkate alındığında (Richards, 1997)

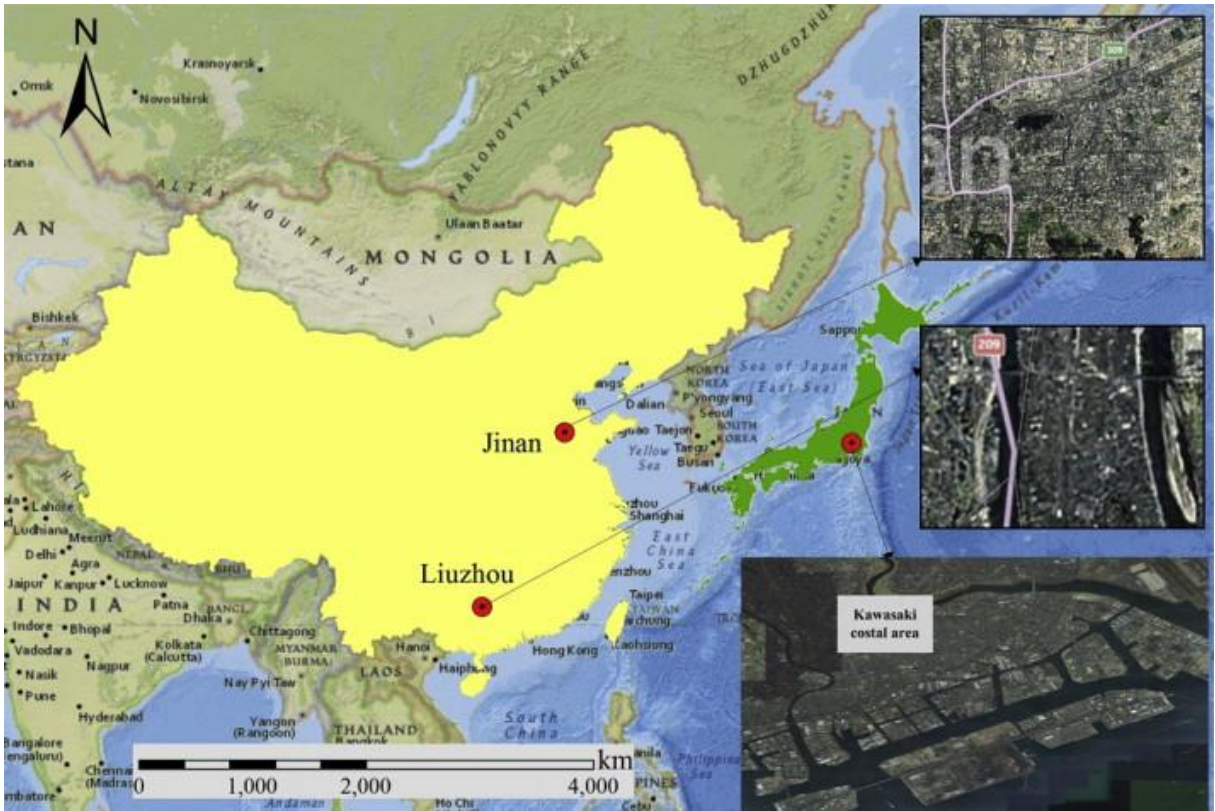
- Ortaklar farklı sektörlerden ama birbirlerinin atıklarını kullanarak birbirlerine katkıda bulunuyorlar.
- Kurumsal sözleşmeler ticari esaslara dayanmaktadır.
- Çevresel zararın azaltılması, kaynakların korunması ve ekonomik fayda eş zamanlı olarak gözetilir.
- Başvurular şirketin inisiyatifindedir ancak yerel yönetimlerle yakın işbirliği gerekmektedir.
- Avantajı, çalışma alanları arasındaki kısa mesafedir.
- Katılımcılar arasında etkili iletişim önemlidir.
- Birlikte yaşamak, güvenlik ve eğitim gibi önemli ikincil faydalar sağlar.
- Yerleşik işbirliği taahhüdü gereklidir.

4.2. Çin

Endüstriyel simbiyoz ilk olarak 1998'de Çin'de önerildi ve 2002'de merkezi hükümet tarafından resmi olarak kabul edildi ve endüstriyel simbiyoz daha sürdürülebilir kentsel ekonomik ve endüstriyel kalkınma için yeni bir kavram sundu (Geng & Doberstein, 2008). Çin, döngüsel ekonomiyi temel bir devlet politikası olarak benimsedi ve 1 Ocak 2009'da "Çin Halk Cumhuriyeti Döngüsel Ekonomiyi Teşvik Yasasını" yürürlüğe koydu. Ayrıca, ulusal 11. beş yıllık plan sırasında Çin, döngüsel ekonomi felsefesini harekete geçirmek için 2005 ve 2007 yıllarında kilit endüstriler, kilit alanlar, kilit işletmeler ve kentsel

gösteriler dahil olmak üzere iki parti döngüsel ekonomi pilot uygulaması yayınladı (Xue, ve diğerleri, 2010).

Liuhou ve Jinan'da gerçekleşen demir/çelik endüstrisi endüstriyel simbiyozuna bakacak olursak Liuzhou'da endüstriler arasında üç simbiyoz faaliyeti var. Yıllık yan ürün/atık değişimi 2 milyon ton/yıl'ın üzerinde olup, demir/çelik şirketi için 36,55 milyon doların üzerinde ekonomik gelir elde etmektedir. Jinan'da endüstriler arasında yedi simbiyotik bağlantı ve kentsel topluluk ile demir/çelik tesisi arasında iki bağlantı bulunuyor. Toplam yan ürün/atık değişimi 8 milyon ton/yıl'ın üzerindedir ve ekonomik kazanç 158 milyon dolardır.



Kaynak 7 (Dong, ve diğerleri, 2013)

Avantajlar başlıca şunları içerir (Yu, Han, & Cui, 2015):

1. Demir/çelik üretimi, yoğun malzeme ve enerjinin yanı sıra ciddi kirliliklerin olduğu açık bir sentez sürecidir. Proses, çapraz bağlı malzeme ve enerji akışlarıyla dinamik bir sistem olmaya uygundur. Bu nedenle, endüstriyel simbiyoz ve döngüsel ekonomi stratejisi ile uygulanan kaynak ve enerji verimliliğini etkin bir şekilde artırılabilir ve kirlilik emisyonlarını azaltabilir.



- Önemli miktarda fazla enerji vardır ve demir/çelik endüstrisinden gelen malzemeler diğer tesisler tarafından kullanılabilir ve çelik tesisi örneğin yakıt ve indirgeyici maddeler ithal edebilir, bu da demir/çelik endüstrisinin bir eko-çelik endüstrisinin çekirdeği olmasını mümkün kılar. endüstriyel ağ ve büyük ölçekte enerji, su ve yan ürünler veya atık alışverişi açısından diğer endüstrilerle bağlantılar.
- Teknoloji ve tesisler açısından bakıldığında , metalurji fırınları gibi çelik üretim çekirdek tesisleri, büyük ölçekli ve yüksek sıcaklıkta çalışma özellikleri nedeniyle neredeyse tüm fiziksel malzemeler için uyumludur. Sonuç olarak, demir/çelik üretim süreci , malzemelerin, enerjinin ve atığın birlikte işlenmesi için ideal bir yer sağlar. Bunlar simbiyotik ağ inşası için önemlidir.
- Son olarak, büyük demir/çelik işletmesi entegre bir eko-endüstriyel sistem oluşturmak için ekonomik, çevresel ve kaynakları koordine etme potansiyeline sahiptir. Atık malzeme arıtma ve enerji geçişi gibi sosyal işlevleri onu kentsel topluluklarla ilişkilendirebilir. Örnekler, toplu belediye atıklarının emilmesini ve mesken ısıtması için fazla metalürji enerjisinin sağlanmasını içerir.

Lihou Endüstriyel Simbiyozu

Projeler	Teknolojiler	Faydalar
İkinci enerji yeniden kullanımı ve geri kazanımından (Temiz Üretim) elektrik üretimi	Üst basınç geri kazanım türbini Kok kuru söndürme (CDQ) teknolojisi	
Hacimli katı atık kullanımı (Endüstriyel Simbiyoz)	Çelik cürufu demirden geri dönüştürüldü ve kalıntı çimento ve inşaat endüstrisi tarafından kullanıldı. Cüruf tozu üretmek için yüksek duman cürufu kullanın	2009 yılında katı atık kullanım oranı %91'e yükselmiştir.
Kirlilik önleme (Temiz Üretim)	Sinterleme baca gazı kükürt giderme teknolojisi Koklaştırma Atıksu Kullanım Teknolojileri Kuru toz giderme teknolojisi	2009 yılında SO ₂ emisyonu, Atık su emisyonu, KOİ emisyonu ve toz emisyonu sırasıyla 2,09 kg/t, 1,42 m ³ /t, 0,11 kg/t ve 0,60 kg/t'a düşürülmüştür .

Kaynak 8 (Dong, ve diğerleri, 2013)

Jinan Endüstriyel Simbiyozu

Projeler	Anahtar Teknolojiler	Kaynağı yeniden kullan/geri dönüştür	Faydalar
----------	----------------------	--------------------------------------	----------



Enerji geri kazanımı, yeniden kullanım ve kademeli kullanım zinciri (CP)	Sinter atık ısı geri kazanım enerji üretimi, CDQ teknolojisi, CCPP teknolojisi, Kombine ısı ve enerji santralleri (CHP), Üstten Gaz Geri Kazanım Türbini	Yüksek ısı değer ve basınçlı atık ısı	Ton çelik başına enerji tüketimi 813 ton kömür eşdeğerinden 613 ton kömür eşdeğerine düşürüldü, toplam elektrik üretim kurulu kapasitesi 2008'de 620 MW oldu, işletmenin elektrik ihtiyacının %60'ını karşıladı, CO ₂ ve SO ₂ 'ya eşit kömür tüketimini 587.000 ton azalttı. CO ₂ emisyon azaltımı sırasıyla 1,6 milyon ton ve 15,1 bin ton oldu.
	Kömür nem kontrol teknolojisi, yüksek verimli sıcak hava fırını teknolojisi, rejeneratif ısıtma fırını teknolojisi.	Orta ve düşük ısı değer ve basınçlı atık ısı	
	Kuru kesinti teknolojisi, ısı ileten yağ kullanılarak kömür kimyasal üretimi, enerji yönetim merkezi.		
Demir açısından verimli kullanım zinciri (CP)	Yüksek kaliteli çelik ürünleri üretimi, çelik kütüğe uygulanan yüksek sıcaklıkta dinamik oksidasyona dirençli kaplama teknolojisi olarak demir kaybını azaltma teknolojisi, proses demir kaynağı üretkenlik geliştirme teknolojisi	Demir, demir tozu, demir/çelik hurdası,	2000'de 1120 kg olan çelik ton başına demir tüketimi 2008'de 1074 kg'a düşürüldü, Çeliğin hadde verimi oranı 2000'de %88,63'ten 2008'de %95,55'e yükseldi, ton çelik başına kireç tüketimi 69,7 kg azaltılarak 2000'den 2008'e eşit yıllık 600.000 ton kireç azaltımı.
Emisyon azaltma ve atık kullanımı teknolojik zinciri	Kok atık su kullanımı, kükürt giderme atık suyundan tuz toplama gibi atık su kullanım teknolojisi; cüruf ve çamur kullanım teknolojisi; sinterleme baca gazı kükürt giderme ve yan ürün kullanımı, eksi basınçla katran damıtma gibi proses kirliliği kontrol teknolojisi.	Atık su, yüksek fırın cürufu, çelik cürufu, alçıtaşı, çamur ve toz.	1,8 milyon ton/yıl cüruf gücü üretin, 1,2 milyon ton/yıl çelik cüruf geri dönüşümü, 51,7 bin ton/yıl koklaşabilir cürufu geri dönüştürün, yılda 4000 ton SO ₂ emisyonu azaltın, 2008'de 950.000 ton demir tozu ve koklaşabilir toz kullanın, atık su emisyonu 2000'de 14,9 m ³ olan ton çelik başına 2008'de 1,01 m ³ 'e düşürüldü.
Su verimli kullanım ve geri dönüşüm zinciri (CP + IS)	Koklaştırma atık suyu hiyerarşik arıtma teknolojisi olarak boru sonu teknolojisi, kanalizasyon ve çamurun yakın döngüsü, atıkların yeniden kullanımı ve ikame teknolojisi, buharsız amonyak teknolojisi olarak sıfır su teknolojisi, su ve enerji tasarrufu entegrasyon teknolojisi, Yakın döngü su	Su, atık su	2000 yılında ton çelik başına su tüketimi 9,63 m ³ 'ten 2008 yılında 3,18 m ³ 'e düşmüş, suyun yeniden kullanım oranı 2000 yılında %90,3'ten 2008 yılında %97,3'e yükselmiştir. Yılda 80.000 ton çamurun yeniden kullanımı.



	teknolojisi olarak yüksek fırın yumuşak su yakın döngü.		
Toplu sosyal atık emme zinciri (IS)	Yılda 2,6 milyon ton kapasiteli atık su tesisleri, Krom cürufunun çevre arıtımı, Alüminyum endüstrisinden kırmızı çamurdaki demirin çıkarılması.	Alüminyum endüstrisinden kırmızı çamur, topluluktan atık su, kimya endüstrisinden atık cüruf, atık çelik.	Çamur ve tozun geri dönüştürülmesi 798.000 ton/yıl, atık suyun 16 milyon ton/yıl geri dönüştürülmesi ve yeniden kullanılması, yılda 120.000 ton krom cürufunun yeniden kullanılması, kırmızı çamurdan yılda 450.000 ton demir cevheri çıkarılması.

Kaynak 9 (Dong, ve diğerleri, 2013)

5.1. Birleşik Krallık – Ulusal Endüstriyel Simbiyoz Projesi (NISP)

Birleşik Krallık ya uygulanan ulusal endüstriyel programı (National Industrial Symbiosis Programı – NISP), dünyanın ilk ulusal endüstriyel simbiyoz programıdır ve 2003 yılında İskoçya, West Midlands ve Yorkshire & Humberside'da üç pilot program olarak ortaya çıkmıştır. Ulusal Endüstriyel Simbiyoz Programı (NISP), Birleşik Krallık'ta Çevre, Gıda ve Köy İşleri Bakanlığı'nın (DEFRA) İş Kaynakları ve Atık (BREW) tarafından finanse edilen programlarının tamamen dış denetimden geçen tek programıdır. International Synergies Ltd tarafından yönetilen NISP, endüstrinin iş döngüsü boyunca israfı azaltmasına ve kaynakları daha verimli yönetmesine yardımcı olan bir dizi girişimden biridir. NISP bir süredir bölgesel tabanlı on iki endüstriyel simbiyoz merkezinden oluşan bir ağ aracılığıyla ulusal düzeyde faaliyet gösteriyor ve Nisan 2005'teki lansmanından bu yana hızla büyümüştür ve şu anda tüm endüstriyel ve ticari sektörlerde 8000'den fazla şirketle çalışmaktadır. Bütüncül bir iş fırsatı programı olarak NISP, kaynak kullanımına yönelik endüstriyel simbiyotik yaklaşımların ekolojik ilkelerinin işletmeler tarafından benimsenmesini kolaylaştırır. NISP'nin katılım felsefesi, "istekli olanlarla çalışmak" olarak tanımlanmıştır. Çeşitli sosyal yardım faaliyetleri (atölye çalışmaları, toplantılar vb.) aracılığıyla, şirketlere endüstriyel simbiyoz ve faydaları hakkında bilgi sunulur. Şirkete ekonomik ve çevresel performansı iyileştirmek için bir fırsat. Bu fırsatların dayandığı temel, Mümkün olduğunda, şirkete ekonomik ve çevresel performansı iyileştirme fırsatı sağlayan potansiyel bir sinerji belirlenir. Bu fırsatların dayandığı temel, NISP'nin kanıtlanmış ekonomik ve çevresel faydalar sağlama becerisidir; bağımsız olarak doğrulanan çıktılar, sunulan fırsatlara güvenilirlik katar. Örnek olarak, NISP aracılığıyla geliştirilen çok sayıda ekonomik ve çevresel faydaya sahip bir sinerji aşağıda ayrıntılı olarak açıklanmaktadır (Laybourn & Lombardi, 2007).

NISP, İngiltere'deki Nisan 2005 ile Mart 2013 arasında sağladığı faydalara bakacak olursak (Ulutaş, 2015):



- 47 milyon ton endüstriyel atığı düzenli depolama alanından uzaklaştırılması,
- 1 milyar sterlinlik yeni satış elde edilmesi,
- Karbon emisyonlarını 42 milyon ton azaltılması,
- İmha, depolama, taşıma ve satın alma maliyetlerini azaltarak maliyetleri 1 milyar £ azaltılması,
- 1,8 milyon ton tehlikeli atığı yeniden kullanılması,
- 10.000'den fazla iş pozisyonunun oluşturulması,
- 60 milyon ton işlenmemiş malzeme tasarrufu,
- 73 milyon ton endüstriyel su tasarrufu sağlanmasıdır.

Göstergeler	Yıllık etkisi	ömür boyu etki (2005-2013)
<i>Atık depolama yönlendirmesi</i>	9.4 milyon ton	47 milyon ton
<i>CO₂ azaltma</i>	8.4 milyon ton	42 milyon ton
<i>İşlenmemiş malzeme tasarrufu</i>	12 milyon ton	60 milyon ton
<i>Tehlikeli atığın elemine edilmesi</i>	0.4 milyon ton	2.1 milyon ton
<i>Su tasarrufu</i>	15 milyon ton	72 milyon ton
<i>Maliyet tasarrufu</i>	243 milyon sterlin	1.21 milyar sterlin
<i>Ek satışlar</i>	234 milyon sterlin	1.17 milyar sterlin
<i>İş imkanları</i>	10000 +	
<i>Özel yatırımlar</i>	374 milyon sterlin	

Kaynak 10 (Ulutaş, 2015)

5.2. Hollanda – Rotterdam Limanı

2010 yılında formüle edilen Vizyon 2030'un bir parçası olarak Rotterdam Limanı, Akıllı Limanlar Girişimi'ni başlattı (Port of Rotterdam, 2020). 'Akıllı Limanlar' platformunun oluşturulmasıyla Rotterdam Limanı, akıllı limanlara yönelik en önemli hamlesini yaptı. Platformun üyeleri arasında Rotterdam Liman İdaresi, Rotterdam Şehri, Erasmus Üniversitesi, Delft Teknoloji Üniversitesi ve diğer özel ve kamu liman paydaşları bulunmaktadır. Akıllı limanlara geçiş sürecinde tüm paydaşların katılımı beklenmekte olup, ortak sorun çözümü daha etkin bir şekilde gerçekleştirilecektir. Platform, işbirliğini teşvik eden, bilimsel araştırmaları finanse eden ve doğru bilgileri halka yayan tarafsız bir platformdur. Bu platformun temel amacı, Rotterdam Limanı'nın akıllı liman olma yolundaki inovasyonunu hızlandırmaktır. Akıllı Limanlar (Smartports) platformunun 2030 yol haritasında planlanan 72 projesi bulunmaktadır ve bu projelerden bugüne kadar 31 tanesi hayata geçirilmiştir (Roadmap Smart Logistics, 2020).



Akıllı liman operasyonel özelliklerinin geliştirilmesinde verimlilik, otomasyon ve altyapı konularına odaklanılmaktadır. Bu kapsamda geliştirilen uygulama ve teknolojiler, temelde farklı sorunlara çözümler sunmakla birlikte yarattıkları katma değer birçok yönden karşılıklı gelişime katkı sağlamaktadır. Özellikle limanlarda akıllılık kavramı, limanların dijital dönüşümünü sağlayan sürdürülebilirlik ilkeleri çerçevesinde yeni önerilen çözümlerin ortaya konulmasına dayanmaktadır (Karlı, Öztaş Karlı, & Aydın, 2020). 1991'den 1994'e kadar çevre yönetim sistemlerinin geliştirilmesi ve uygulanmasına yönelik araştırmalar yapılmıştır. Bu dönemde altı sektöre ayrılan gruplar arasında bilgi alışverişi yapıldı. 1992'de dernek (Deltalinqs), Rotterdam ve Delft Üniversitelerinden bir çalıştay düzenlemeye yardım etmelerini istedi. Bu çalıştayda şirketlere endüstriyel ekonomi kavramı anlatıldı. Kalundborg Endüstriyel Simbiyoz, INES için bu sürecin önemli bir örneğiydi.

Deltalinqs finansman aradı ve 1994'te liman yöneticileri için endüstriyel ekosistemler, Rotterdam Limanı ve Endüstri Parkı'ndaki Endüstriyel Ekosistem Programı (INES Projesi) hakkında bir sunum ve çalıştay başlattı. İlk aşamada, çoğu şirketin katılımıyla çevresel etki azaltma sözleşmeleri imzalandı ve hedefler belirlendi. INES bu nedenle Rotterdam Limanı'ndaki şirketler için çalışan bir dernek olan Deltalinqs tarafından 60 katılımcıyla kuruldu (Boons & Baas, 1997). Ardından şirketlerin kullandığı kaynakları, ürettikleri ürünleri ve ürettikleri atıkları incelemek ve ağ oluşturmak için 15 proje geliştirmek için ikinci bir çalıştay düzenlendi. Daha sonra 15 proje arasından gelişme potansiyeli en yüksek 3 proje seçilerek uygulanmıştır (Baas & Boons, 2007).

1997'den 2002'ye kadar, INES olarak da bilinen 2. Ana Liman Endüstrisi Ekoloji Projesi, Deltalinqs tarafından başlatılmış ve koordine edilmiştir. 2. INES Programı, su, CO2/enerji, hizmet paylaşımı, artık ürünler/atık yönetimi, arazi ve lojistiği kapsayan ana temaların belirlendiği 1. INES'in fizibilite çalışmasına dayanmaktadır. Bu süreçte DeltaLinqs, büyük bölgesel şirketlerin, Ulusal Endüstriler Federasyonu'nun, Ulusal Ekonomi Bakanlığı'nın (EZ) ve Çevre ve Mekansal Planlama Bakanlığı'nın (VROM, Güney Hollanda Eyaleti, Belediye Liman İdaresi, Bölgesel Çevre Ajansı (DCMR), Bölgesel Su Yönetim Ajansı (RWS/Güney Hollanda Dizini), Devlet Çevre Derneği (MFZH), Rotterdam Üniversitesi gibi çeşitli ve ulusal aktörler rol almıştır (Baas & Boons, 2007).

Rotterdam Limanı ve Endüstriyel Kompleks projesi için takip edilen adımlar:

- Akıllı Limanlar platformu oluşturulması,
- Üniversitelerle birlikte endüstriyel simbiyoz kavramının tanıtılması için çalıştaylar düzenlenmesi,
- Finansman arayışına girilmesi,



- Şirketlerin katılımıyla çevresel etkileri azaltmaya yönelik sözleşmelerin hazırlanması ve imzalanması,
- Projenin iki sürece ayrılması ve bu süreçler için öncelikli temaların belirlenmesi,
- Projelerin geliştirilmesi ve geliştirilen projeler arasından en yüksek potansiyele sahip olanların seçip uygulanması,
- Bakanlıkların, belediyenin, üniversitelerin, büyük bölgesel şirketlerin, ulusal ve yerel aktörlerin sürece dahil edilmesidir.

6. TÜRKİYE'DE ENDÜSTRİYEL SİMBİYOZ KAVRAMININ GELİŞİMİ VE UYGULAMALARI

6.1. TÜRKİYE'DE ENDÜSTRİYEL SİMBİYOZ KAVRAMININ GELİŞİMİ

Ulusal Rapor, Ulusal Çevresel Kalkınma Planı kapsamında yürütülen araştırmaların bir parçası olarak hazırlanmakta olup, ulusal ve uluslararası öneme sahiptir. Rapor, Türkiye için büyük önem taşıyan sürdürülebilir kalkınmanın sağlanması ile yönetim, yoksulluğun azaltılması, iş ve sanayi, bilgi ve iletişim, biyolojik çeşitliliğin korunması ve iklim değişikliği arasındaki bağlantıları inceledi. Bu alanlarda elde edilen başarıların yanı sıra eksikliklerin de altı çizildi. Türkiye için doğal kaynakların korunmasında ekolojik yaklaşım ve yenilenebilir enerji kaynakları büyük önem taşımaktadır. Johannesburg Zirvesi'nin çıktılarında biri olan Uygulama Planı'nda vurgulanan konulardan biri de budur. Sürdürülebilir kalkınmanın bir parçası olarak Türkiye, ekolojik bir yaklaşımla doğal kaynakların korunması ilkelerine dayalı temiz üretim uygulamalarını teşvik etmek için çalışıyor.

Çevre ve Orman Bakanlığı ile TTGV (Türkiye Teknoloji Geliştirme Vakfı) tarafından 2010 yılında hazırlanan Türkiye'de Temiz (Sürdürülebilir) Üretim Uygulamalarının Yaygınlaştırılması İçin Çerçeve Koşulları ile Araştırma ve Geliştirme İhtiyaçlarının Belirlenmesi Projesi sonuç raporunda belirtildiği üzere bu çerçeve, Türkiye'de sürdürülebilir kalkınma yaklaşımını açıklar. Üretim anlayışı kapsamında gerçekleştirilen uygulamalar şunlardır (T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı, 2011):

Sürdürülebilir kalkınma kavramı Türkiye'de ilk olarak 1999 yılında TÜBİTAK (Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırmalar Kurumu) ve TTGV tarafından gündeme getirilmiştir ve sürdürülebilir kalkınma kavramının gündeme gelmesi bu kavramla ilişkili alt kavramlarında öne çıkmasına ve çeşitli çalışmalarında yer bulmasına olanak tanımıştır. BTYK (Bilim ve Teknoloji Yüksek Kurulu) tarafından öncelikli alanlar belirlenmektedir ve onlardan biri olan "Temiz Üretim Yapabilme Yeteneği Kazanma", temiz üretimi desteklemektedir. Temiz üretim kavramı TÜBİTAK'ın Vizyon 2023 Teknoloji Öngörüler Projesi kapsamında hazırlanan Çevre ve Sürdürülebilir Kalkınma Tematik Paneli Vizyon ve Öngörü Raporu'nda da öne çıkarılmıştır. Ayrıca, yeşil teknoloji, üretim sorunlarına ilişkin farkındalığı artırma ve



temiz üretimi teşvik etme planları ile birlikte, sanayi politikalarında da önceliklendirilmektedir. Bu durumun yansımalarını Ulusal Kalkınma Planlarında, Türkiye'nin AB'ye uyumu için hazırlanmış belgelerde, ve birçok eylem planında görmek mümkündür. 9. Kalkınma planı (2007-2013), “temiz üretim kapasitesi elde etme” konusunun önemini vurgulamaktadır (26215 sayılı Gazete: 28).

2008 Hükümet Planı'nın 'Çevre Koruma ve Kentsel Altyapı Geliştirme' başlıklı 'Politika Öncelikleri ve Tedbirler bölümünde “temiz üretim stratejilerinin uygulanabilmesi için gerekli altyapı ve kapasitenin oluşturulmasına yönelik çalışmalar başlatılacaktır” vurgusu bulunmaktadır. Yukarıdaki programlarda bu çalışmaların sorumluluğu ÇOB, Sanayi ve Ticaret Bakanlığı, KOSGEB, TÜBİTAK, üniversiteler ve sivil toplum kuruluşlarına verilmiştir. Bu tedbir kapsamında, Türkiye'de temiz üretimin yaygınlaştırılması için gerekli olan temiz üretim projesi kapsamında temiz üretim merkezinin kurulması için gerekli yasal ve kurumsal kapasite geliştirilecektir (Atak & Fidan, 2014).

10. Kalkınma Planı (2014-2018) “Nitelikli İnsan, Güçlü Toplum”, “Yenilikçi Üretim, İstikrarlı Büyüme”, “Yaşanabilir Mekânlar, Sürdürülebilir Çevre” ve “Kalkınma İçin Uluslararası İş Birliği” olmak üzere 4 ana kavram üzerine şekillenmiştir.

6.2. TÜRKİYEDE ENDÜSTRİYEL SİMBİYOZ KAVRAMINI TEŞVİK EDEN VE DESTEKLEYEN YASALAR

Endüstriyel simbiyoz kavramı Türkiye'ye İskenderun körfezi projesiyle birlikte gelmiştir fakat endüstriyel simbiyoz kavramının temelini oluşturan temiz üretim, atık azaltma gibi kavramlar birçok belgede yer edinmiştir. T.C Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, Coğrafi Bilgi Sistemleri Müdürlüğü de endüstriyel simbiyoz kavramını plan ve dökümanlarında öne çıkarmaktadır. Coğrafi Bilgi Sistemleri Genel Müdürlüğü'nce hazırlana Ulusal Akıllı Şehirler Strateji ve Eylem Planı'nda endüstriyel simbiyoz kavramına önem verilmesi gerektiği, endüstriyel simbiyoz faaliyetlerinin kurulması ve yaygınlaştırılması gerektiğinin altı çizilmiştir.

6.2.1. Türkiye'de Endüstriyel Simbiyozla Benzer Amaçları Güden Planlar ve Belgeler

- 8., 9., 10. ve 11. Kalkınma Planları
- Ulusal Akıllı Şehirler Stratejisi ve Eylem Planı (2020-2023)
- Türkiye Sanayi Stratejisi Belgesi 2011 – 2014 KOBİ Stratejisi ve Eylem Planı
- Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı Stratejik Planı (2013-2017)
- Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı – Sektörel Strateji Belgeleri (2012-2016)
- Ulusal Bilim, Teknoloji ve Yenilik Stratejisi (2011-2016)
- Enerji Verimliliği Strateji Belgesi (2012-2023)
- AB Entegre Çevre Uyum Stratejisi (2007-2023)



- Ulusal Çevre Stratejisi ve Eylem Planı (2016-2023)
- İklim Değişikliği Eylem Planı (2010-2023)
- Atık Yönetim Planı (2008-2012)
- Ulusal Geri Dönüşüm Strateji Belgesi ve Eylem Planı (2016-2023)
- Bütünleşik Kentsel Gelişme Stratejisi ve Eylem Planı (2010-2023)
- Türkiye'nin Sürdürülebilir Kalkınma İçin Yeşil Büyüme Yol Haritası (2012-2023)

6.2.2. Türkiye'de Endüstriyel Simbiyoz Kavramının Dayanağı Kanun Ve Yönetmelikler

- Çevre Mevzuatı
- Çevre Kanunu
- Atık Yönetimi ile ilgili Yönetmelikler
- Enerji Mevzuatı

6.2.3. Kalkınma Ajansları Kanunu/Gerekçesi Politik Çerçeve

- Avrupa Komisyonu Döngüsel Ekonomi Eylem Planı (WRI, 2019):
 - Eko tasarım (ürünlerin uzun ömürlü, kolay onarılabılır, enerji-suyu tasarruflu kullanır ve geri dönüştürülebilir biçimde tasarımı),
 - Döngüsellüğün MET'lere entegrasyonu: Örneğin Demir Dışı Metaller için Mevcut En İyi Teknikler Dokümanı (2ncil ham maddelerin kullanımının ve enerji/su verimliliğinin artırılması)
 - Döngüsel Ekonomide Endüstri 2020- 650 milyon Euro'luk fonun oluşturulması
- KOBİ'lerin temiz üretim teknolojilerine erişiminin desteklenmesi Ulusal Eko-Verimlilik Programı (2014-2017) Odak Alanları:
 - Kaynak Verimliliğinin Artırılması
 - Ürünlerin Yaşam Döngüleri Boyunca Ortaya Çıkan Çevresel Etkilerinin Azaltılması
 - Atıkların Yeniden Kullanımı / Geri Dönüşümü / Geri Kazanımı
 - Endüstriyel Simbiyoz
 - Temiz Üretim Teknolojilerinin Geliştirilmesi ve Yaygınlaştırılması

6.2.4. Sanayide Döngüsel Ekonomi ile İlgili Çalışmalar

- Sanayide Kaynak Verimliliği Potansiyelinin Belirlenmesi Projesi (2014-2017)
- Küçük ve Orta Ölçekli İşletmelerde Enerji Verimli Motorların Teşvik Edilmesi Projesi (2017-2021)
- İmalat Sanayi Sürdürülebilir Üretim Göstergeleri



simbiyoz kavramının bölgeye tanıtılması ve uygulanabilirliğinin bir ön çalışma ile belirlenmesi amacıyla yürütülmüştür. Proje BTC Şirketi tarafından önerilmiş olup, Devlet Planlama Teşkilatı (DPT) ve BTC Şirketi tarafından finanse edilmiştir.

Proje faaliyetlerinin uygulanması sonucunda İskenderun Körfezi'nin endüstriyel simbiyoz için önemli potansiyele sahip bir alan olduğu ve yerel işadamları tarafından kabul edildiği görülmüştür. Projenin ilk etabında elde edilen sonuçlara göre İskenderun bölgesinde endüstriyel simbiyoz projesinin uygulama safhasına başlanmasına karar verildi. 2010 yılındaki titiz hazırlık çalışmalarından sonra, Türkiye Teknoloji Geliştirme Vakfı (TTGV) ile BTC arasında 2011 yılında "İskenderun Bölgesinde Endüstriyel Simbiyoz Projesi – Uygulama Aşaması" başlatmak üzere bir sözleşme imzalanmıştır.

Proje BTC Şirketi tarafından desteklenmekte ve TTGV tarafından yürütülmüştür. 2010 yılında gerçekleştirilen ayrıntılı hazırlık çalışmaları sonrasında, Türkiye Teknoloji Geliştirme Vakfı (TTGV) ve BTC Şirketi arasında imzalanan sözleşme ile "İskenderun Bölgesi'nde Endüstriyel Simbiyoz Projesi – Uygulama Aşaması" 2011 yılı itibarıyla başlamıştır. Sponsorluğunu BTC Şirketi'nin üstlendiği projenin yürütücülüğü TTGV tarafından gerçekleştirilmektedir. Proje faaliyetlerinin International Synergies Ltd. (İngiltere) ve ODTÜ Çevre Mühendisliği Bölümü ile iş birliği içinde yürütülmesi öngörülmüştür.

Tablo 2 İskenderun Körfezi Endüstriyel Simbiyoz Projesi

Proje Süresi	3 Yıl (1.1.2011 – 28.2.2014)
Bütçe	720.000 ABD Doları
Uygulayan Kuruluş	TTGV (Türkiye Teknoloji Geliştirme Vakfı)
Proje Alanı	İskenderun Körfezi Çevresi
Finans Sağlayıcı	BTC (600.000 ABD Doları) + TTGV ve diğer aynı katkı (120.000 ABD Doları)
İş Birliği	International Synergies Ltd.- Orta Doğu Teknik Üniversitesi (Prof. Dr. Göksel Demirer)

Proje kapsamında birçok kurum ve firmayla işbirliği yapılmıştır. Bu paydaşlar aşağıda listelenmiştir:

- Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı
- Çukurova Kalkınma Ajansı
- Doğu Akdeniz Kalkınma Ajansı
- Adana Sanayi Odası
- Mersin Ticaret ve Sanayi Odası
- Ceyhan Ticaret Odası
- Hacı Sabancı OSB Müdürlüğü

- International Synergies Ltd.
- BOTAŞ
- BOTAŞ Int. Ltd. (BIL)
- Tiltay Gıda ve Ex-Imp Firmaları
- Sektörler Arası İşbirliğine Dayalı İstihdamı Geliştirme ve Girişimciliği Destekleme Projesi
- ODTÜ
- BTC
- TTGV

Şekil 2 İskenderun Körfezi Endüstriyel Simbiyoz Proje Alanı



Kaynak 12 (Hamzaoğlu, 2016)

Proje sürecince yapılan çalışmalar 6 başlık altında gerçekleştirilmiştir. Proje kapsamında uygulanan faaliyetler ve faaliyetler kapsamında uygulanan faaliyetler aşağıdaki gibidir.

1. Hazırlık ve altyapı çalışmaları:

- Bölgesel ve sektörel fizibilite çalışmaları yapılarak projenin ilk faz sonuçları değerlendirilerek rapor haline getirilmiştir.
- Literatür taraması yapılarak örnek bir uygulama derlenmiştir.

2. Paydaşlarla Yaygınlaştırma ve İletişim:

- Proje 5 Mayıs 2011 tarihinde İngiltere Büyükelçiliği'nde tanıtılmıştır.
- Proje tanıtılması amacıyla broşür hazırlanmıştır.



3. Yaygınlaştırma ve Paydaşlarla İletişim:

- Saha ziyaretleri gerçekleştirilmiş, sektör liderleri, sanayicilerle ve paydaşlarla toplantılar yapılmıştır.
- 200'e yakın kişinin katılımıyla bilgilendirme toplantıları yapılmıştır. Danışma kurulu toplantısı yapıldı.
- Proje faaliyetleri ve ES kavramları/uygulamaları hakkında güncel veri akışı sağlamak için bir proje web sitesi oluşturulmuştur.

Medya ilişkileri sağlanarak, gerçekleşen proje faaliyetleri ve ES konuları yerel/ulusal medyada yer almıştır.

4. Bölgesel ES ağı ve veri tabanı çalışması:

- Özel sektör, kamu sektörü, üniversiteler, uzmanlar, yönetim organları vb. birçok paydaşla bir simbiyoz ağı oluşturulmuştur.
- Ulusal olarak 225 firma, 52 kamu kuruluşu, 33 üniversite ve araştırma kurumu, 17 STK, oda, birlik, dernek, bölgesel olarak 96 firma, 20 kamu kuruluşu, 14 üniversite ve araştırma kurumu, 9 STK, oda, birlik, dernek katkı sağlamıştır.

5. Bölgede endüstriyel simbiyoz fırsatlarını belirlenmesi ve uygulamalar

- Endüstriyel simbiyoz sinerji potansiyelini tespit etmek amacıyla çalıştaylar düzenlenmiştir.
- Şirketler bir araya getirilerek sinerjilerin kurulması sağlanmıştır.
- Şirketlere sinerji fırsatlarını gösteren raporlar iletilmiştir.
- Şirketlerle detaylı iş birliği fırsatlarını belirlemek için önceliklendirme çalışması başlatılmış ve önceliklendirme kriterleri tanımlanmıştır.

6. Bölgede endüstriye simbiyoz olanaklarının geliştirilmesi ve uygulanması



Tablo 3 İskenderun Körfezi Endüstriyel Simbiyoz projesinin yıllık kazanımları

	Kazanımlar	Kazanım Miktarı
Çevresel Kazanımlar	Atık Azaltımı	330.000 ton/yıl
	Su tasarrufu	6500 ton/yıl
	Doğal kaynak ikamesi	280.000 ton/yıl
	Azari kazancı	45.000 m ³
	İş gücü tasarrufu	3500 adam.gün/yıl
	Enerji tasarrufu	34 milyon kWh/yıl
	CO ₂ emisyonu azaltımı	37.000 ton CO ₂ /yıl
Sosyal Kazanımlar	Yeni istihdam	21
	Yeni ürün	10
	Yeni girişim	6
	Katılım sağlayan kurum kuruluş sayısı	27
	Katılım sağlayan üniversite sayısı	5
Ekonomik Kazanımlar	Yatırım maliyeti	7 milyon dolar
	Yıllık net kazanç	6,4 milyon dolar
	Geri ödeme süresi	1,1 yıl

Kaynak 14 (BEBKA)

6.3.2. Bursa – Eskişehir – Bilecik bölgesi endüstriyel simbiyoz uygulamaları

BEBKA, Türkiye'de yürütülen endüstriyel simbiyoz çalışmalarını da yakından takip etmiş ve bu yaklaşımı 2014-2023 bölge planlarına dahil etmiştir. Bu nedenle, "Dengeli Mekânsal Gelişme ve Sürdürülebilir Çevre" başlıklı girişimlerden biri de "firmalar arası işbirliği ve dayanışmayı artırarak hem çevresel hem ekonomik getiriler sağlayan Endüstriyel Simbiyoz uygulamalarının hayata geçirilmesi" olarak gündeme geldi. Bu noktadan hareketle BEBKA ve TTGV iş birliği ile "Bursa-Eskişehir-Bilecik Sanayi Bir Arada Yaşama Programı" başlatıldı. Programın asıl amacı, Endüstriyel simbiyoz hakkında farkındalığın artması, endüstriyel simbiyoz uygulamalarının yaygınlaştırılması, bölgesel ve sektörel analizlerle mevcut olasılık ve stratejileri belirlemek, fizibilite çalışmaları yapmak, iletişimi altyapısını sağlamak, endüstriyel simbiyoz uygulamalarının sürdürülebilirliğini ve yaygınlaşmasını teşvik etmek, altyapısını oluşturmak ve planlı araştırmalar yapmaktır (BEBKA).

Proje Yılı

2014-2016



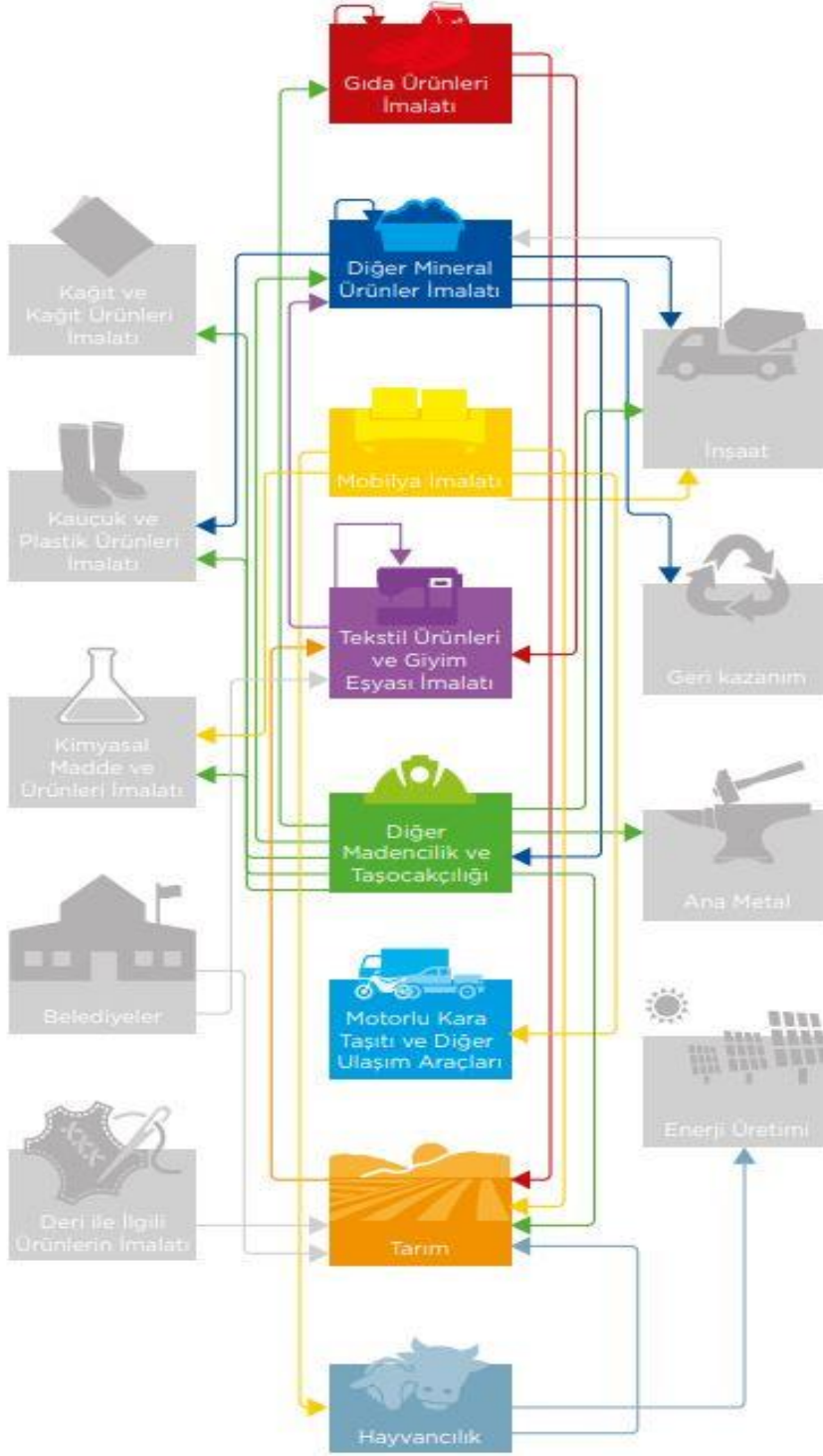
Destekleyen Kurum	Bursa Eskişehir Bilecik Kalkınma Ajansı (BEBKA)
Yürüten Kurum / Kuruluş	Bursa Eskişehir Bilecik Kalkınma Ajansı (BEBKA) ve Türkiye Teknoloji Geliştirme Vakfı (TTGV)
Odak Bölgesi	TR41 Düzey 2 Bölgesi (Bursa, Eskişehir, Bilecik)

Program “Fizibilite ve Altyapı Aşaması” ve “Uygulama ve Sürdürülebilirlik Aşaması” olmak üzere 2 temel aşamadan oluşmaktadır. “Fizibilite ve Altyapı Aşaması”nda bölgenin endüstriye simbiyoz potansiyelinin belirlenerek sektörler ve şirketler arası olası iş birlikteliklerinin, sinerjilerin ve önceliklerin belirlenmesi ve simbiyoz ağının oluşturulması çalışmaları yapılmıştır. Bu aşamada aşağıda sıralanan çalışmalar yapılmıştır:

- Sektörel analiz
- Yerel paydaş analizi ve toplantıları
- Potansiyel ve strateji belirleme çalışması
- Simbiyoz paydaş ağının oluşturulması
- Bilgilendirme toplantıları
- Firma görüşmeleri ve sinerji çalışmaları
- Sinerji ve simbiyoz ağı yönetimi
- Veri tabanının oluşturulması
- Firma ve paydaş simbiyoz ağının oluşturulması
- Kapanış Toplantısı

“Uygulama/sürdürülebilirlik aşaması”, birinci aşamada yapılan çalışmaların çıktılarına dayalı olarak sinerjilerin gerçekleştirilmesini, gerekli sistemlerin kurulmasını ve sürdürülebilirliği sağlayacak önlemlerin planlanmasını ve yürütülmesini içermektedir. Bu aşamada ise:

- Sinerji çıktıları üzerinden firmaların takibi
- Firmalar için bağlantıların kurulması, destek verilmesi
- Hayata geçen sinerjilerin raporlanması
- Bölgesel sürdürülebilirliğe yönelik faaliyetlerin yürütülmesi
- Endüstriyel simbiyozla yönelik destek programlarının oluşturulması gibi faaliyetler yapılmıştır.



6.4. TÜRKİYEDE POTANSİYEL ENDÜSTRİYEL ÇALIŞMALARI

6.4.1. Aksaray Organize Sanayi Bölgesi İçin Endüstriyel Simbiyoz Çalışması

Ahiler Kalkınma Ajansı 2019 yılında Aksaray Organize Sanayi Bölgesi'nin endüstriyel simbiyoz potansiyelinin incelendiği bir rapor hazırlamıştır. Bu çalışmada Aksaray OSB'deki işletmelerin yanında



çevre illerdeki işletmelerin iş birliklerine katılım potansiyellerinin ortaya çıkarılmış ve sinerjilerden ortaya çıkacak kazanımların belirlenmiştir. Şirketlerin çevresel etkilerini (kaynak tüketimi, atık üretimi, karbon paylaşımı, acil durum planlarının paylaşımı vb.) azaltmalarını sağlayan her türlü “endüstriyel simbiyoz” yaklaşımı (atık değişimi, lojistik) potansiyeli araştırılmıştır.

Yapılan çalışma sürecinde öncelikli konular belirlenmiştir ve potansiyel yüksek projelerin değerlendirilmesi yapılmıştır. Bu projeler aşağıda belirtildiği şekildedir:

- Patates Cipsi Üretiminden Kaynaklanan Atıksudan Nişasta Geri Kazanımı ve Nişastanın Farklı Sektörlerde Değerlendirilme Olanğı
- Aksaray Bölgesinde Bulunan Uygun Atıklar Kullanılarak Atıktan Türetilmiş Yakıt (ATY) Üretimi
- Metallerin Kesilmesi Sonucunda Ortaya Çıkan Atık Parçaların Metal İşleyen Diğer Firmalarda Değerlendirilmesi
- Atık Mermer Parçalarının Tozlarının ve Çamurunun Karo/Parke Taşı İmalatında Kullanılması
- Metalden Diğer Tank, Rezervuar ve Konteynerler İmalatı Esnasında Oluşan Demir Oksit Atıklarının Biyogaz Üretim Tesislerinde Kullanılması

Çalışma kapsamında mevcut endüstriyel değerlendirilmiş, öncelikli proje örnekleri oluşturulmuş ve simbiyotik ilişkilerin belirlenebilmesi için sektör faaliyetlerinden kaynaklanan atık çeşitleri listelenmiştir.

6.4.2. İzmir Endüstriyel Simbiyoz Projesi

İzmir Bölgesinde Endüstriyel Simbiyoz Projesine İzmir Kalkınma Ajansı (İZKA) ile Birleşmiş Milletler Kalkınma Programı (UNDP) Türkiye iş birliği ile 2021 yılında yürütölmeye başlanmıştır. Projenin asıl amacı firmalar arası işbirliği sağlanarak simbiyotik ilişkiler oluşturmak ve İzmir’e özgü endüstriyel simbiyoz modelini oluşturmaktır. Proje sürecinde potansiyel sinerjiler tespit etmek amacıyla fizibilite çalışmaları sonucu 2 pilot projenin hayata geçirilmesi hedeflenmektedir. Projenin 5 ana bileşeni bulunmaktadır (İzmir Endüstriyel Simbiyoz Projesi):

- İzmir Endüstriyel Simbiyoz Projesinde yönetişimi sağlamak için platformun oluşturulması,
- Ar-Ge çalışmalarına destek verilmesi,
- Endüstriyel simbiyoz için yasal çerçevenin sağlanması ve politikaların geliştirilmesi,
- İzmir Endüstriyel Simbiyoz Projesinin faal olması ve bölgesel sürdürülebilir üretim merkezinin kurulması,
- Projenin ulusal düzeye yaygınlaştırılmasıdır.



Şirketler arası sinerjilerin oluşmasına olanak tanıma ve endüstriyel simbiyoz, döngüsel ekonomi gibi kavramların farkındalığının oluşması için çalıştayların düzenlenmesi hedeflenmektedir ve bu çalıştaylarla:

- Alternatif hammadde ve kaynak kullanımını arttırma,
- Atıkların değerlendirilmesi ve hammadde olarak kullanılması,
- Atık maliyetlerinin azaltılması,
- Enerji ve kaynak verimliliği,
- Çevresel performansların arttırılması,
- Yeşil Mutabakat için hazırlanmaya ve CO2 limitlerini uygulamaya yardımcı olmak hedeflenmektedir.

6.4.3. Ankara OSTİM Organize Sanayi Bölgesinde Endüstriyel Simbiyoz

KOSGEB'in yürütmekte olduğu «Çevre Konusunda KOSGEB Yol Haritasının Hazırlanması» projesinin bileşenlerinden bir tanesi Ankara OSTİM Organize Sanayi Bölgesinde Endüstriyel Simbiyoz (ES) Olanaklarının Belirlenmesi'ne yönelik bir çalışma gerçekleştirilmesidir. Bu çalışma OSTİM'de ve diğer OSB'lerde daha sonra gerçekleştirilecek ES çalışmalarına yönelik bir ön değerlendirme niteliği taşımaktadır.

7. ÖNERİLER

Teknoloji açısından, yasal çerçeve ve destek politikası, döngüsel teknoloji envanteri, entegre atık yönetim sistemi, bilgi platformu ve ulusal sübvansiyonlar, endüstriyel simbiyoz teşvikinin sürekli gelişimini desteklemek için gereklidir.

Sistem kararlılığı ve standart teknoloji/ürün eksikliği sorunlarını iyileştirmek için döngüsel ekonomi teknolojisinin ve endüstriyel bağlantı teknolojisinin teşvik edilmesi gerekmektedir.

İstikrarlı ürün ve atık akışlarını garanti altına almak için döngüsel ekonomi teknolojisi ve ürün standardı ile atık üreticilerine rehberlik edecek girdi malzemesi kalite standartları oluşturulmalıdır.

Ek olarak, atık malzemeleri endüstriler ve harici atık üreticileri arasında optimize edilmiş bir şekilde yönlendirmek için malzeme akış analizine ve yaşam döngüsü analizine dayalı kapsamlı bir karar aracı geliştirmeye ihtiyaç vardır .



Bir yandan olgunlaşmamış atık yönetim sistemi ve düzenleme sistemini geliştirmek, bir yandan istikrarlı ve yenilikçi bir belediye katı atık yönetim sistemi kurmak için gerekli, kamu veya ticari toplayıcıların atık toplama ve geri dönüşüme katılmaları için teşvik edilmesi gerekmektedir.

Öte yandan, ortak yaşamın paydaşlarını koordine etmek için üçüncü taraf yapılmalıdır. Sektörler veya şirketler arasında bilgi paylaşımı için bilgi platformunun oluşturulması önemlidir.

Regülasyon sisteminin iyileştirilmesi için, firmaların geniş sorumluluk alanlarını dikkate alan atık yönetimi mevzuatı çıkarılmalı ve yaygın olarak uygulanmalıdır.

Eko-endüstriyel teknolojileri yükseltmek için hükümet, teknoloji penetrasyonu, araştırma ve geliştirme ve geri dönüşüm tesisleri inşaatı için sübvansiyonlar gibi endüstrilere özel finansman desteği sağlamalıdır.

Yerel yönetim tarafından sübvansiyonlar ve vergi kredisi yoluyla düşük fiyatlı ve yüksek kaliteli altyapı hizmetleri sağlanması etkili bir yol olacaktır.

Toplumun, firmaların, kurum ve kuruluşların endüstriyel simbiyoz, temiz üretim, döngüsel ekonomi kavramının çevresel, sosyal ve ekonomik faydalarının farkındalığı arttırılmalıdır, eğitimler ve etkinlikler düzenlenmelidir.

Firmalar arasında iletişim ve sinerjileri kolaylaştırmak için uygun bir veri tabanının oluşturulması önemlidir. Firmaların üretimlerinin, enerji kullanımlarının, enerji üretimlerinin, hammadde, yan ürün ve atıklarının işlendiği bir veri tabanının varlığı firmalar arası olası simbiyoz ağlarının oluşturulmasında kolaylaştırıcı bir yöntemdir.

Firmalar, kurum ve kuruluşlar arası sinerjilerin oluşturmasına, bilgilendirmelerin sağlanmasına, eğitim ve etkinliklerin geliştirilmesine, iş birliklerinin sağlanıp mevcut ağların geliştirilmesine, yatırımların tanıtılması ve çekilmesine, firmaların destek ve teşviklerden haberdar olmasına yardımcı olacak endüstriyel simbiyoz/ temiz üretim merkezlerinin oluşturulması gerekmektedir.

Her kamu biriminin ve iş derneklerinin endüstriyel simbiyozla etkin bir şekilde katılabilmesi için kapasite geliştirmeye ve eğitime ihtiyaç vardır.

Endüstriyel simbiyoz oluşturma sürecine işletmeler sürecin ilk aşamasından beri dahil edilmelidir.

Endüstriyel simbiyozlara ve temiz üretime geçiş için üst düzey planlama süreci, aşağıdan yukarıya güçlü bir planlama süreciyle, yani yukarıdan aşağıya ve aşağıdan yukarıya bir diyalogla desteklenmelidir.



Geçişin her aşamasında kullanılan belirli stratejiler hakkında etkili kararlar almak için tüm sistemin gelişen uzun vadeli bir vizyonu gereklidir.

Endüstriyel simbiyozu girişimini destekleyen politika, eko-endüstriyel stratejileri tamamlayıcı olarak temiz üretimin tüm yönlerine ilişkin bütünlük bir görüş ele almalıdır.

Endüstriyel simbiyoz ve temiz üretimden sorumlu kurum ve kuruluşlar işbirliği içinde olmalıdır.



KAYNAKÇA

- Akman, M. T. (2014, Mart 27). *Kalunborg Örneğinin Bize Öğrettikleri*. ekoyapidergisi.org:
<https://www.ekoyapidergisi.org/kalunborg-orneginin-bize-ogrettikleri> adresinden alındı
- Alkaya, E. (2021, Kasım 30). Endüstriyel Simbiyoz; Fırsatlar, Mevcut Projeler ve Edinilen Dersler. *İzmir Endüstriyel Simbiyoz Projesi*. İzmir Kalkınma Ajansı.
- Altın, S. (2021, Aralık 1). *ENDÜSTRİYEL SİMBİYOZ İLE ENDÜSTRİYEL ATIKLAR HAM MADDEYE DÖNÜŞÜYOR*. www.temizmekan.com: <https://www.temizmekan.com/endustriyel-simbiyoz-ile-endustriyel-atiklar-ham-maddeye-donusuyor/> adresinden alındı
- Ardalı, Y. (tarih yok). Endüstriyel Simbiyoz Uygulamaları ve Eko-Endüstriyel Parklar. Samsun, Türkiye: Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Çevre Sorunları Araştırma ve Uygulama Merkezi.
avys.omu.edu.tr adresinden alındı
- Atak, Ş., & Fidan, E. T. (2014). Bütüncül ve Önleyici Bir Çevre Yönetimi Yaklaşımı Olarak Temiz Üretim Yaklaşımı ve Türkiye’de Uygulanması. *Finans Politik & Ekonomik Yorumlar*, 51(596), 59-69.
- Baas, L., & Boons, F. (2007). Industrial Symbiosis in a social science perspective (Sosyal bilim perspektifinde Endüstriyel Simbiyoz). R. Lombardi, & P. Laybourn (Dü.), *Third International Industrial Symbiosis Research Symposium* içinde, (s. 77-82). Birmingham, İngiltere.
- Başer, N. (2017). *Kalkınmada Sürdürülebilirliğe Yönelik Bir Araç Olarak Endüstriyel Simbiyoz Yaklaşımı*. T.C. Kalkınma Bakanlığı.
- BEBKA. (tarih yok). *Endüstriyel Simbiyoz Broşür*. bebka.org.tr:
https://www.bebka.org.tr/admin/datas/sayfas/files/EndustriyelSimbiyozBrosur_son.pdf adresinden alındı
- Boons, F., & Baas, L. (1997). Types of industrial ecology The problem of coordination. *Journal of cleaner production*, 5(1-2), 79-86.
- Chertow, M. R. (1999). Industrial symbiosis: a multi-firm approach to sustainability (Endüstriyel simbiyoz: sürdürülebilirliğe çok firmalı bir yaklaşım). 15. In Eighth International Conference of the Greening of Industry Network.
- Chertow, M. R., Gordon, M., Hirsch, P., & Ramaswami, A. (2019, Temmuz). Industrial symbiosis potential and urban infrastructure capacity in Mysuru, India (Hindistan, Mysuru'da



- endüstriyel simbiyoz potansiyeli ve kentsel altyapı kapasitesi). *Environment Research Letters*, 14(7). doi:10.1088/1748-9326/ab20ed
- Chertow, M., Zhu, J., & Moye, V. (2015). Positive externalities in the urban boundary: the case of industrial symbiosis. K. Seto, W. Solecki, & C. Griffith (Dü) içinde, *The Routledge Handbook of Urbanization and Global Environmental Change (Routledge Kentleşme ve Küresel Çevresel Değişim El Kitabı)* (s. 606). Londra: Routledge. doi:https://doi.org/10.4324/9781315849256
- Çelik, G. (2000). Çevre Yönetiminde Ekolojik Risk Değerlendirmesi ve Uluabat Ramsar Alanı için Problem Formülasyonu. *Yüksek Lisans Tezi*. Bursa, Türkiye: Uludağ Üniversitesi.
- Desrochers, P. (2004). Industrial symbiosis: the case for market coordination (Endüstriyel simbiyoz: pazar koordinasyonu örneği). *Journal of Cleaner Production*, 12, 1099-1110.
- Dong, F., Wang, Y., Su, B., Hua, Y., & Zhang, Y. (2019, Şubat). The process of peak CO2 emissions in developed economies: A perspective of industrialization and urbanization (Gelişmiş ekonomilerde en yüksek CO2 emisyonları süreci: Sanayileşme ve kentleşme perspektifi). *Resources, Conservation and Recycling*, 141, 61-75.
- Dong, L., Zhang, H., Fujita, T., Ohnishi, S., Li, H., Fujii, M., & Dong, H. (2013). Environmental and economic gains of industrial symbiosis for Chinese iron/steel industry: Kawasaki's experience and practice in Liuzhou and Jinan. *Journal of Cleaner Production*, 59(15), 226-238. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2013.06.048> adresinden alındı
- Endrédi, A., Senánszky, V., Libralato, S., & Jordán, F. (2018, Ocak). Food web dynamics in trophic hierarchies (Trofik hiyerarşilerde besin ağı dinamikleri). *Ecological Modelling*, 368, 94-103. <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2017.11.015> adresinden alındı
- Erdmenger, C. (1998). From Business to Municipality - and back (İşletmeden Belediyeye - ve geriye). *Local Environment*, 3(3), 371-379.
- Felicio, M., Amaral, D., Esposto, K., & Durany, X. G. (2016). Industrial symbiosis indicators to manage eco-industrial parks as dynamic systems (Eko-endüstriyel parkları dinamik sistemler olarak yönetmek için endüstriyel simbiyoz göstergeleri). *Journal of Cleaner Production*, 118, 54-64. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.01.031> adresinden alındı
- Fracascia, L., & Giannoccaro, I. (2020). What, where, and how measuring industrial symbiosis: A reasoned taxonomy of relevant indicators (Endüstriyel simbiyozun ne, nerede ve nasıl



- ölçüldüğü: İlgili göstergelerin gerekçeli bir taksonomisi). *Resources, Conservation and Recycling*, 157(104799). <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2020.104799> adresinden alındı
- Fraccascia, L., Giannoccaro, I., & Albino, V. (2020). Ecosystem indicators for measuring industrial symbiosis (Endüstriyel simbiyozu ölçmek için ekosistem göstergeleri). *Ecological Economics*, 183.
- Frosch, R. A., & Gallopoulos, N. E. (1989). Strategies for Manufacturing (Üretim Stratejileri). *Scientific American*, 261, 144-152.
- Geng, Y., & Doberstein, B. (2008). Developing the circular economy in China: challenges and opportunities for achieving 'leapfrog development' (Çin'de döngüsel ekonomiyi geliştirmek: "birdirbir kalkınma" elde etmek için zorluklar ve fırsatlar). *International Journal of Sustainable Development and World Ecology*, 231-239.
- Gümüş, T. Ç. (2016). Eko-Endüstriyel Parklar İçin Temiz Üretim Ve Endüstriyel Simbiyoz Karar Destek Sisteminin Geliştirilmesi. 23(45).
- Hamzaoğlu, B. (2016, Temmuz 21). *skenderun Körfezi'nde Endüstriyel Simbiyoz Projesi Uygulama Aşaması*. silo.tips: <https://silo.tips/download/skenderun-krfez-nde-endstryel-smbyoz-projesi-uygulama-aamasi> adresinden alındı
- Haraguchi, N., Martorano, B., & Sanfilippo, M. (2019, Haziran). What factors drive successful industrialization? Evidence and implications for developing countries (Başarılı sanayileşmeyi sağlayan faktörler nelerdir? Gelişmekte olan ülkeler için kanıtlar ve çıkarımlar). *Structural Change and Economic Dynamics*, 49, 266-276.
- Hardy, C., & Graedel, T. E. (2008, Şubat). Industrial Ecosystems as Food Webs (Besin Ağları Olarak Endüstriyel Ekosistemler). *Journal of Industrial Ecology*, 6(1), 29-38.
doi:10.1162/108819802320971623
- Holmes, G., Singh, B. R., & Theodore, L. (1993). *Handbook of Environmental Management and Technology*. A.B.D: Wiley-Interscience.
- IPCC. (2014). *AR5 Synthesis Report: Climate Change 2014*. Kopenhag.
- İzmir Endüstriyel Simbiyoz Projesi*. (tarih yok). İzmir Kaynak Verimliliği Programı:
<https://ikvp.izka.org.tr/endustriyel-simbiyoz/izmir-bolgesinde-endustriyel-simbiyoz-projesi-hakkinda/> adresinden alındı



- Jacobsen, N. (2006). Industrial Symbiosis in Kalundborg, Denmark A Quantitative Assessment of Economic and Environmental Aspects (Kalundborg, Danimarka'da Endüstriyel Simbiyoz Ekonomik ve Çevresel Yönlerin Nicel Bir Değerlendirmesi). *Journal of Industrial Ecology*, 10(1-2), 239-255.
- Karlı, H., Öztaş Karlı, R. G., & Aydın, H. (2020). Rotterdam, Antwerp Ve Hamburg Limanlarının Akilli Liman Bağlamında Değerlendirilmesi. *Global Journal of Economics and Business Studies*, 9(18), 1-16.
- Laybourn, P., & Lombardi, D. R. (2007). The Role of Audited Benefits in Industrial Symbiosis: The U.K. National Industrial Symbiosis Programme (Endüstriyel Simbiyozda Denetlenmiş Faydaların Rolü: Birleşik Krallık Ulusal Endüstriyel Simbiyoz Programı). *Measurement + Control*, 40(8), 244-247.
- Lowe, E. A. (1997). Creating by-product resource exchanges: Strategies for eco-industrial parks (Yan ürün kaynak alışverişi oluşturma: Eko-endüstriyel parklar için stratejiler). *Journal of Cleaner Production*, 5(1-2), 57-65.
- Metz, B., Davidson, O., Borch, P., Dave, R., & Meyer, L. (2007). *Technical Summary. In: Climate Change Mitigation. Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. United States: Cambridge University Press.
- Olsen, L. S. (2016). *Industrial symbiosis in Kalundborg*. www.nordregio.org:
<https://nordregio.org/nordregio-magazine/issues/industrial-symbiosis/industrial-symbiosis-in-kalundborg/> adresinden alındı
- Özbay, A. (2005, Aralık). Cleaner Production Opportunity Assessment for Market Milk Production in Ataturk Orman Çiftliği (AOÇ) Facility (Atatürk Orman Çiftliği (AOÇ) Tesisinde Market Sütü Üretimi İçin Temiz Üretim Fırsatı Değerlendirmesi). *Yüksek Lisans Tezi*. Ortadoğu Teknik Üniversitesi.
- Özkan, A., Günkaya, Z., Özdemir, A., & Banar, M. (2018, Nisan 30). SANAYİDE TEMİZ ÜRETİM VE DÖNGÜSEL EKONOMİYE GEÇİŞTE ENDÜSTRİYEL SİMBİYOZ YAKLAŞIMI: BİR DEĞERLENDİRME. *Anadolu Üniversitesi Bilim Ve Teknoloji Dergisi - B Teorik Bilimler*, 6(1), 84-97.
doi:10.20290/aubtdb.332377
- Park, J., Duque-Hernández, J., & Díaz-Posada, N. (1990). Facilitating Business Collaborations for Industrial Symbiosis: The Pilot Experience of the Sustainable Industrial Network Program in



- Colombia (Endüstriyel Simbiyoz için Ticari İşbirliklerini Kolaylaştırmak ...). *Sustainability*, 98(5), 71-102.
- Port of Rotterdam. (2020). *Rotterdam Port Vision*. <https://www.portofrotterdam.com/en>:
<https://www.portofrotterdam.com/en/about-port-authority/mission-vision-and-strategy/rotterdam-port-vision> adresinden alındı
- Richards, D. J. (1997). *The Industrial Green Game: Implications for Environmental Design and Management*. Washington, D.C.: NATIONAL ACADEMY PRESS.
- Roadmap Smart Logistics*. (2020). 05 25, 2023 tarihinde Smart Port:
<https://smartport.nl/en/roadmaps/> adresinden alındı
- Romer, P. M. (1990). Endogenous Technological Change (İçsel Teknolojik Değişim). *The Journal of Political Economy*, 98(5), 71-102. <https://www.jstor.org/stable/2937632> adresinden alındı
- Schierow, L.-J. (1994). *Risk Analysis and Cost-Benefit (Çevre Mevzuatının Risk Analizi ve Fayda-Maliyet Analizi)*. Penny Hill Press.
- Serter, G. (2005). Çevresel Değerlendirme Sürecinin Türkiye’deki Tarihsel Gelişimi ve Çevresel Etki Değerlendirmesi (ÇED) – Stratejik Çevresel Değerlendirme (SÇD) İlişkisi. *Yüksek Lisans Tezi*. Ankara: T.C. Ankara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Kamu Yönetimi ve Siyaset Bilimi (Kent ve Çevre Bilimleri) Anabilim Dalı.
- Sun, L., Li, H., Dong, L., Fang, K., Ren, J., Geng, Y., . . . Liu, Z. (2017, Nisan). Eco-benefits assessment on urban industrial symbiosis based on material flows analysis and emergy evaluation approach: A case of Liuzhou city, China. *Resources, Conservation and Recycling*, 119, 78-88.
doi:10.1016/j.resconrec.2016.06.007
- Ulutaş, F. (2015, Nisan 21). Endüstriyel Simbiyoz ve Uygulama Örnekleri. *Endüstriyel Simbiyoz Programı Bilgilendirme Toplantısı ve Sinerji Çalıştayı*. Bursa.
- Valenzuela-Venegas, G., Salgado, J. C., & Díaz-Alvarado, F. A. (2016, Kasım 1). Sustainability indicators for the assessment of eco-industrial parks: classification and criteria for selection (Eko-endüstriyel parkların değerlendirilmesi için sürdürülebilirlik göstergeleri: sınıflandırma ve seçim kriterleri). *Journal of Cleaner Production*(133), 99-116.
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.05.113> adresinden alındı



- Wahrlich, J., & Simioni, F. J. (2019, Temmuz 25). Industrial symbiosis in the forestry sector: A case study in southern Brazil (Ormancılık sektöründe endüstriyel simbiyoz: Güney Brezilya'da bir vaka çalışması). *Journal of Industrial Ecology*, 23(6), 1470-1482.
<https://doi.org/10.1111/jiec.12927> adresinden alındı
- Wu, J., Lu, J., & Jin, R. (2021, Mart 10). Quantitative indicators for evolution of a typical iron and steel industrial symbiosis network (Tipik bir demir ve çelik endüstriyel simbiyoz ağının evrimi için nicel göstergeler). *Journal of Cleaner Production*, 287(4).
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.125491> adresinden alındı
- Xue, B., Chen, X., Geng, Y., Guo, X., Lu, C., Zhang, Z., & Lu, C. (2010). Survey of officials' awareness on circular economy development in China: based on municipal and county level (Çin'deki dögüsel ekonomi gelişimine ilişkin yetkililerin farkındalık anketi: belediye ve ilçe düzeyine dayalı). *Resources, Conservation and Recycling*, 54, 1296-1302.
- Yu, F., Han, F., & Cui, Z. (2015, Ocak 15). Evolution of industrial symbiosis in an eco-industrial park in China (Çin'deki bir eko-endüstriyel parkta endüstriyel simbiyozun evrimi). *Journal of Cleaner Production*, 87, 339-347. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.10.058> adresinden alındı
- Zhai, M., Huang, G., Liu, L., Zheng, B., & Guan, Y. (2019, Nisan). Network analysis of different types of food flows: Establishing the interaction between food flows and economic flows (Farklı gıda akış türlerinin ağ analizi: Gıda akışları ile ekonomik akışlar arasındaki etkileşimin kurulması). *Resources, Conservation and Recycling*, 143, 143-153.
<https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2018.12.016> adresinden alındı