



ÇEVRE BİLİM VE TEKNOLOJİ

ISSN: 1302-5627 Cilt: 3

TEKNİK DERGİ

Sayı: 2 Özel Sayı



tmmob çevre mühendisleri odası

www.cmo.org.tr

Merhaba

Akademisyenlerin, öğrencilerin ve çevre alanındaki bilimsel, teknolojik gelişmeler ile ilgili kişi ve kurumların yakından takip ettiği hakemli bilimsel dergimiz "Çevre, Bilim ve Teknoloji" (ÇBT) dergisinin bir sayısını daha sizlerle buluşturmaktan mutluluk duyuyoruz.

Çevresel bilim ve teknolojinin her geçen gün çeşitlendiği ve geliştiği günümüzde, bu sürece katkı vermek ve halkımızı bilimsel bilgi ile buluşturmak Oda Yönetim Kurulumuzun temel hedefleri arasındadır. ÇBT'nin yayımlanmasında katkı veren tüm akademisyenlere, kişi ve kurumlara teşekkür ediyoruz.

Saygılarımızla,

TMMOB Çevre Mühendisleri Odası 14. Dönem Yönetim Kurulu

Oda Adına Derginin Sahibi

Baran BOZOĞLU

Sorumlu Yazı İşleri Müdürü

Kumru KOCAMAN

Editörler:

Dr. Efsun DİNDAR

Baran BOZOĞLU

Yayın kurulu:

Dr. Efsun DİNDAR

Baran BOZOĞLU

Dr. Hülya BÖKE ÖZKOÇ

Dr. Sema ARIMAN

Dr. Ertan ÖZTÜRK

Yayın İdare Merkezi

TMMOB Çevre Mühendisleri Odası

Hatay Sok. No: 24/17 Kızılay/ANKARA

Telefon: 0312 419 80 71

E-posta: cbt@cmo.org.tr

HAKEM LİSTESİ

Prof.Dr. A.Cemal SAYDAM

Prof.Dr. Ayşenur UĞURLU

Prof.Dr. Bülent TOPKAYA

Prof.Dr. Çağatay GÜLER

Prof.Dr. Filiz B.DİLEK

Prof.Dr. Gülfem BAKAN

Prof.Dr. H.Savaş AYBERK

Prof.Dr. Necdet ALPASLAN

Prof.Dr. Nesrin ALGAN

Prof.Dr. Nuri AZBAR

Prof.Dr. Aykan KARADEMİR

Prof.Dr. Azize AYOL

Prof.Dr. Deniz DÖLGEN

Prof.Dr. Feza KARAER

Prof.Dr. İpek İMAMOĞLU

Prof.Dr. Güray SALİHOĞLU

Doç.Dr. Altunay PERENDECİ

Doç.Dr. F. Olcay Topaç ŞAĞBAN

Doç.Dr. Nadir DİZGE

Doç.Dr. Selnur UÇAROĞLU

Dr.Öğr. Üyesi Emre Burcu GÜNGÖR

Dr.Öğr. Üyesi Aşkın BİRGÜL

Dr.Öğr. Üyesi Ahmet AYGÜN

Dr.Öğr.Üyesi Berna KIRIL MERT

TMMOB Çevre Mühendisleri Odası tarafından yılda iki kez Türkçe olarak basılır. Dergide yer alan eserlerin tüm sorumluluğu yazarlarına aittir.

Dergide yer alan eserlerin yayın hakkı TMMOB Çevre Mühendisleri Odası'na aittir.

ISSN: 1302-5627

İÇİNDEKİLER

ÇEŞİTLİ ATIKLARDAN BİYOGAZ ÜRETİMİNİN SÜRDÜRÜLEBİLİR ÇEVRE YÖNETİMİNE ETKİSİ Habibe Elif Gülşen, Gamze Koyuncu Türkay, Ceyhun Akarsu, Halil Kumbur, Nadir	1
EVSEL ARITMA ÇAMURLARINDAN GAZLAŞTIRMA TEKNOLOJİSİ İLE ENERJİ GERİ KAZANIMI Azize Ayol, Özgün Tezer Yurdakoş, Alim Gürgen	16
SAMSUN VE ÇEVRESİNDE KURULAN ENERJİ SANTRALLER: ÇEVRESEL ETKİLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ Eylül Güven, Kübra Küçük, Can Asan, Senem Üstün, Sema Arıman, Özcan Çoluk, Özge Zaman Yılmaz, Metin Alkan, Özge Göksu	37
TARIMSAL ATIKLARDAN MANYETİK KATKILI BİYOÇAR ELDESİ VE KULLANIM ALANLARI Ayşenur Çolak, Semra Çoruh	53
SÜRDÜRÜLEBİLİR ŞEHİRLER İÇİN YENİLİKÇİ UYGULAMALAR VE TRENDLER Dr. Özge YILMAZ, Duygu BAŞOĞLU, Beril ŞENYURT, Emre YÖNTEM	66
KORUNAN ALANLARDA ÇEVREYE DUYARLI YERLEŞİM VE YAPI MODELLERİNİN GELİŞTİRİLMESİ Dr. Beyhan OKTAR	89



ÇEŞİTLİ ATIKLARDAN BİYOGAZ ÜRETİMİNİN SÜRDÜRÜLEBİLİR ÇEVRE YÖNETİMİNE ETKİSİ

Habibe Elif Gülşen, Gamze Koyuncu Türkay, Ceyhun Akarsu, Halil Kumbur, Nadir
Dizge

Mersin Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, 33343
Yenişehir/Mersin

habibeelifgulsen@gmail.com

Özet: Enerji, ekonomik ve sosyal kalkınmanın temel ihtiyaçlarından biridir. Bir ülkenin yaşam standartlarını yükseltebilmesi, o ülkenin ihtiyaç duyduğu enerjiyi kendi kaynaklarını kullanarak sağlamasına bağlıdır. Sürdürülebilir sanayileşme ve kalkınma hedefi de ucuz, temiz, sürekli ve güvenli enerji kaynaklarıyla mümkün olabilmektedir. Sürdürülebilir çevrenin devam ettirilebilmesi için alternatif enerji başlığı ile ele alınan ve çevreyi kirletmeyen hidroelektrik, rüzgâr, güneş, jeotermal, biyokütle, dalga, biyoyakıt gibi yeni, yenilenebilir ve çevreci enerji kaynaklarının kullanımlarının artırılmasına yönelik çalışmalar başlamıştır. Bu süreçte yeşil enerji olarak da tanımlanan biyogaz üretimi, organik atıkların girdi olarak kullanması ve bu atıkları elektrik enerjisine dönüştürmesi ile önem kazanmıştır. Yenilenebilir enerji kaynakları arasında biyogaz, hava kirliliğini azaltmasının yanında toprak kirliliğini de önleyerek avantaj sağlamaktadır. Ülkemizde de 10.05.2005 tarihinde kabul edilen 5346 nolu 'Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi' amaçlı kullanımına ilişkin kanunu uyarınca yenilenebilir enerji kaynaklarının elektrik enerjisi üretimi amaçlı kullanımının yaygınlaştırılması, bu kaynakların güvenilir, ekonomik ve kaliteli biçimde ekonomiye kazandırılması, kaynak çeşitliliğinin artırılması, sera gazı emisyonlarının azaltılması, atıkların değerlendirilmesi, çevrenin korunması ve bu amaçların gerçekleştirilmesinde ihtiyaç duyulan imalat sektörünün geliştirilmesi hedef alınmıştır. Bu derleme çalışmasında da çeşitli atıkların biyogaz üretim sistemleri ile değerlendirilerek sürdürülebilir çevre yönetimine etkileri incelenmiş ve aralarındaki farklar ortaya konmuştur.

Anahtar Kelimeler: Biyogaz, Çevre Yönetimi, Katı Atık, Sürdürülebilirlik, Yenilenebilir Enerji

EFFECT OF SUSTAINABLE ENVIRONMENTAL MANAGEMENT OF BIOGAS PRODUCTION FROM VARIOUS WASTES

Abstract: Energy is one of the basic need for economic and social development. Improving living standards for a country depends on producing the energy need from it's own energy sources. Sustainable industrialization and development goals



are possible with cheap, clean, continuous and safe energy sources. In order to maintain a sustainable environment, there are new, renewable and environmentally energy sources which are called alternative energy like hydroelectric, wind, solar, geothermal, biomass, wave and biofuels etc. In this period, biogas production that is defined as green energy has gained importance with using of organic waste as input and convert it into electrical energy waste. Biogas also has advantages like reducing air pollution and soil pollution. In our country, with the law of No. 5346 'Electric Power Generation of Renewable Energy Source' which adopted on 10.05.2005, the promotion of electricity generation for use of renewable energy sources, contributing these sources to economy with a reliable, affordable and high quality way, increasing diversification of energy resources, reduce greenhouse gas emissions, evaluation of waste, environmental protection and developing the manufacturing sector for the realization of these goals have been targeted. In this literature review, biogas production systems were evaluated, its effect on sustainable environmental management was examined and the differences between them were demonstrated.

Keywords: Biogas, Environmental Management, Renewable Energy, Solid Waste, Sustainability

1. GİRİŞ

Enerji, ekonomik ve sosyal kalkınmanın temel ihtiyaçlarından biridir. Bir ülkenin yaşam standartlarını yükseltebilmesi, o ülkenin ihtiyaç duyduğu enerjiyi kendi kaynaklarını kullanarak sağlamasına bağlıdır. Sürdürülebilir sanayileşme ve kalkınma hedefi de ucuz, temiz, sürekli ve güvenli enerji kaynaklarıyla mümkün olabilmektedir.

Günümüzde, artan nüfus ve sanayileşmeden kaynaklanan enerji ihtiyacı mevcut bulunan

Dünya kaynakları ile karşılanamamakta, enerji üretimi ve tüketimi arasındaki fark genişlemektedir. Ayrıca mevcut durumda tüketilen fosil yakıtlar da ozon tabakası delinmesi, asit yağmurları, küresel ısınma vb. gibi birçok olumsuz çevre tehdidi oluşturmaktadır. Bütün bu sebepler neticesinde sürdürülebilir çevrenin devam ettirilebilmesi için alternatif enerji başlığı ile ele alınan ve çevreyi kirletmeyen hidroelektrik, rüzgâr, güneş, jeotermal, biyokütle, dalga,



biyoyakıt gibi yeni, yenilenebilir ve çevreci enerji kaynaklarının kullanımlarının arttırılmasına yönelik çalışmalar başlamıştır.

Biyokütle, tükenmez bir kaynak olması her yerde yetiştirilebilmesi, özellikle kırsal alanlar için sosyoekonomik gelişmelere yardımcı olması gibi faydalar nedeniyle uygun ve önemli bir enerji kaynağı olarak görülmektedir. Biyokütle materyalleri biyokütle çevirim teknikleri ile işlenerek katı, sıvı ve gaz yakıtlara çevrilmekte ve çevrim sonunda biyodizel, biyogaz, biyoetanol, pirolitik gaz gibi ana ürün olan yakıtların yanı sıra, gübre, hidrojen gibi yan ürünler de elde edilmektedir.

Bu süreçte yeşil enerji olarak da tanımlanan biyogaz üretimi, organik atıkların girdi olarak kullanması ve bu atıkları elektrik enerjisine dönüştürmesi ile önem kazanmıştır.

2. BİYOGAZ

Yenilenebilir enerji kaynakları arasında biyogaz, hava kirliliğini azaltmasının yanında toprak kirliliğini de önleyerek avantaj sağlamaktadır. Organik atıkların kontrollü koşullarda depolanmasının sağlanması, arıtma etkisinin bulunması, organik atıklardan kaynaklanan koku sorununu büyük ölçüde çözmesi ve tarımda organik toprak şartlandırıcı kullanımını kolaylaştırması gibi önemli özellikler taşımaktadır.

Biyogaz; organik kökenli atık/atıkların oksijensiz ortamda bozunması (anaerobik fermantasyonu) sonucu ortaya çıkan renksiz-kokusuz, havadan hafif ve parlak mavi bir alevle yanan gaz karışımıdır. Hammadde sorunu olmayan biyogaz, ayçiçeği, hububat, şeker pancarı, kanola vb. bitkilerden (enerji bitkileri) elde edilebileceği gibi, bahçe atıkları, orman endüstrisi atıkları, kâğıt endüstrisi atıkları, yemek atıkları, sebze, meyve, tahıl ve yağ endüstrisi atıkları, gıda endüstrisi



atıkları (çikolata, maya, süt vb.). şeker endüstrisi atıkları, hayvan dışkıları, deri ve tekstil endüstrisi atıkları, evsel ve şehirselle organik atıklar, atık su arıtma tesisi atıkları vb. atık organik maddelerden de elde edilebilmektedir (Gürel ve Senel, 2010).

Anaerobik parçalanma, organik maddelerin oksijen yokluğunda anaerobik mikroorganizmalarla ayrışması esasına dayanan ve bu sırada meydana gelen çok adımlı biyokimyasal reaksiyonlardan oluşan biyolojik bir süreçtir. Karmaşık organik maddelerin anaerobik parçalanması genel olarak hidroliz, asit oluşumu ve metan oluşumu olmak üzere üç

safhalı bir süreç halinde ele alınmaktadır (Lastella et al., 2002).

2.1. Biyogaz Üretiminde Kullanılan Hammaddeler

Biyogaz üretimi için kullanılabilen organik içerikli hammaddeler 3 grup altında incelenebilir.

Hayvansal atıklar; Sığır, at, koyun ve tavuk gibi hayvanlara ait dışkılar, mezbahane atıkları ve hayvansal ürünlerin işlenmesi sırasında ortaya çıkan atıklar özellikle kırsal kesimler için önerilen biyogaz tesislerinde kullanılır (Kaya ve Öztürk, 2012). Bazı hayvanların gübre üretimi ve özellikleri Çizelge 1’de verilmiştir.

Çizelge 1. Bazı hayvanların gübre üretimi ve özellikleri (Ekinci vd., 2010)

Hayvan	Gübre Üretimi (kg/hayvan.gün)	Kuru Madde İçeriği (%)	Buharlaşabilen Katı Madde İçeriği (%)	Özgül Metan Üretimi (m ³ CH ₄ /kg _{vs})
Süt sığırı	43.00	13.95	11.63	0.18
Besi sığırı	29.00	14.66	12.41	0.33
Koyun	2.40	27.50	23.00	0.30
Keçi	2.05	31.71	23.17	0.30
At	20.40	29.41	19.61	0.30
Et tavuğu	0.19	25.88	20.00	0.35
Yumurta tavuğu	0.13	25.00	18.75	0.35



Hindi	0.38	25.53	19.36	0.35
Ördek ve kaz	0.33	28.18	17.27	0.35

Bitkisel atıklar: İnce kıyılmış sap, saman, anız ve mısır atıkları, şeker pancarı yaprakları ve çimen artıkları gibi bitkilerin işlenmeyen kısımları ile bitkisel ürünlerin işlenmesi sırasında ortaya çıkan atıklardır. Bitkisel artıkların kullanıldığı biyogaz tesislerinin işletilmesi sırasında, işlem kontrolü büyük önem taşımaktadır. Bu nedenle kırsal kesimlerde bitkisel artıklardan biyogaz eldesi önerilmemektedir (Kaya ve Öztürk, 2012).

Organik içerikli şehir ve endüstriyel atıklar: Organik katı atıkların % 40'dan fazlası biyolojik yollarla kolay parçalanabilir organik maddelerden oluşmaktadır (Björnsson,2000; Sosnowski, 2003). Yerleşim yerlerinde karşılaşılan en büyük sorunlardan biri evsel ve endüstriyel katı atıklardır. Evsel atıklardan mutfak atıkları, yemek atıkları organik, plastik ambalajlar, kül, ev eşyası

kırıkları inorganiktir. Cadde atıklarından pazaryeri atıkları, hayvan pisliği ve ağaç, yaprak ve dal atıkları organik, uçucu kül, toz ve cadde yüzeyi aşınmaları inorganiktir (Karpuzcu, 1996). Evsel katı atıkların % 68'ini organik atıklar, kalan kısmını ise kâğıt, karton, tekstil, plastik, deri, metal, ağaç, cam ve kül gibi maddeler oluşturmaktadır (www.wwf.org.tr).

Evsel katı atıkların bertarafında genellikle karışık olarak toplanan atıklar düzensiz olarak deponi alanlarına taşınmaktadır. Depo alanlarına taşınan atıkların değerlendirilebilir olanları çok basit ve sağlıksız şartlar altında satılmak amacıyla ayrılmaktadır. Kalan organik atıklar ve değerlendirilemeyen atıklar ise depolanmaktadır (Çelik vd., 2004). Katı atıkların içeriğinin farklı olması bazen parçalanma proseslerinde avantaj sağlamaktadır (Sosnowski, 2003).



Kanalizasyon ve dip çamurları da çözülmüş organik madde derişimi yüksek endüstriyel ve evsel atıklar biyogaz üretiminde kullanılmaktadır. Bu tür atıklar, özellikle belediyeler ve büyük sanayi tesisleri tarafından ileri teknoloji kullanılarak tesis edilen

biyogaz üretim merkezlerinde kullanılır (Kaya ve Öztürk, 2012). Biyogaz üretiminde kullanılan bazı hammaddeler, bunlardan elde edilebilecek biyogaz verimleri ve biyogazdaki metan miktarları Çizelge 2'de verilmektedir.

Çizelge 2. Çeşitli kaynaklardan elde edilebilecek biyogaz verimleri ve biyogazdaki metan miktarları (Kılıç, 2011).

Kaynak	Biyogaz verimi (L/kg)	Metan-CH ₄ Oranı (% hacim)
Siğır gübresi	90-310	65
Kanatlı gübresi	310-620	60
Domuz gübresi	340-550	65-70
Buğday samanı	200-300	50-60
Çavdar samanı	200-300	59
Arpa samanı	290-310	59
Mısır sapları ve artıkları	380-460	59
Keten, kenevir	360	59
Çimen	280-550	70
Sebze artıkları	330-360	Değişken
Zirai faaliyet artıkları	310-430	60-70
Dökülmüş ağaç yaprakları	210-290	58
Algler	420-500	63
Atık su arıtma çamuru	310-800	65-80

3. BİYOGAZ ÜRETİM TEKNOLOJİLERİ

Günümüz teknolojisi ile biyogaz üretiminde bir çok kombinasyon ve farklı yöntemler kullanılmaktadır.

Tipik özellikler Çizelge 3'de verilmiştir.



Çizelge 3. Biyogaz üretim yöntemlerinin farklı kriterlere göre sınıflandırılması
(<http://www.biyogaz.web.tr>, 2015)

Kriter	Ayırıcı Özellikler
Materyallerin Kuru Madde Miktarları Materyal	<ul style="list-style-type: none">• Yaş fermantasyon• Katı fermantasyon
Besleme Türü	<ul style="list-style-type: none">• Sürekli olmayan besleme• Kesik besleme• Sürekli besleme
Proses aşamalarının sayısı	<ul style="list-style-type: none">• Tek aşamalı• İki aşamalı
Proses ısısı	<ul style="list-style-type: none">• Sakrofil• Mezofil• Termofil

3.1. Fermantasyon Materyallerinin Kuru Madde Oranı

Materyallerin niteliği içlerindeki kuru madde oranına bağlıdır. Bu da biyogaz teknolojisinin yaş ve katı fermantasyon süreci olarak temel ayırımını teşkil eder. Yaş fermantasyon sürecinde pompalamaya uygun materyallerle çalışılır. Katı fermantasyonda istiflenebilir materyaller kullanılır.

Yaş fermentasyon sürecinde fermentör sıvısında kuru madde oranı %12'e kadar olabilir. Ana kural olarak kullanılan materyalin pompalanabilirliği için %15'lik bir kuru madde oranı söz konusudur, ancak bu veri kalitatif ve

kullanılan bütün materyaller için uygulanamaz. İnce dispersli partikül dağılımına ve yüksek miktarda çözünmüş maddelere sahip bazı materyaller %20 oranına kadar kuru madde miktarına sahip olsalar bile pompalanabilirler, örneğin tankerden gelen disperse edilmiş yemek artıkları gibi. Buna karşın, örneğin meyve ve sebze kabukları gibi bazı materyaller ise %10-12 kütle oranlarında bile istiflenebilir formda bulunmaktadır. Tarımsal biyogaz tesislerinde ağırlıklı olarak klasik silindir şeklindeki tanklarda yaş fermantasyon uygulanmaktadır.



3.1.1. Besleme Çeşitleri

Biyogaz üretiminde kullanılan sistemler, tesisin kurulacağı bölgenin yerel şartlarına, atık envanterine ve istenen kapasiteye göre farklılık gösterir. Anaerobik fermentasyon ile biyogaz üretiminde yaygın olarak kullanılan reaktör tipleri, sürekli beslemeli tek aşamalı sistemler, sürekli beslemeli iki aşamalı sistemler ve ardışık kesikli sistemlerdir (Vandevivere et al., 2003; Bouallagui et al., 2005).

Kesikli (Batch) Fermantasyon

Tesisin fermantörü (üretim tankı) hayvansal ve/veya bitkisel atıklar ile doldurulmakta ve alıkoyma bekletme süresi kadar bekletilerek biyogazın oluşumu tamamlanmaktadır. Kullanılan organik maddeye ve sistem sıcaklığına bağlı olarak bekleme süresi değişmektedir. Bu süre sonunda tesisin fermantörü (reaktörü) tamamen boşaltılmakta ve yeniden doldurulmaktadır. Gaz üretimi doludan sonra yavaşça

artar, materyale göre birkaç gün zarfında azami seviyeye ulaşır, sonra da sürekli olarak düşer. Bundan ötürü tek bir fermentörde sabit bir gaz üretimi ve kalitesi söz konusu değildir, aksine birden fazla fermentörün değişik zamanlarda doldurulmasıyla (dönüşümlü tank yöntemi) dengelenmelidir. Bu sayede asgari bekleme süresine tam olarak uyulabilmektedir.

Beslemeli Kesikli Fermantasyon

Burada fermantör başlangıçta belirli oranda organik madde ile doldurulmakta ve geri kalan hacim fermantasyon süresine bölünerek günlük miktarlarla tamamlanmaktadır. Belirli fermantasyon süresi sonunda fermantör tamamen boşaltılarak yeniden doldurulmaktadır.

Sürekli Fermantasyon

Bu fermantasyon biçiminde fermantörden gaz çıkışı başladığında günlük olarak besleme yapılır. Sisteme aktarılan karışım kadar gazı alınmış çökelti



sistemden dışarıya alınır. Organik madde fermantöre her gün belirli miktarlarda verilmekte, alıkoyma süresi kadar bekletilmekte ve aynı oranlarda fermente olmuş materyal günlük olarak fermantörden alınmaktadır. Böylece günlük beslemelerle sürekli biyogaz üretimi sağlanmaktadır. Bu yöntem dengeli bir gaz üretimini ve fermentörden optimum faydalanmayı sağlar. Ancak yine de fermentörde bypas akımı, yani yeni ilave edilen materyalin derhal yeniden tankı terk etme tehlikesi söz konusudur (www.eie.gov.tr, 2015).

3.1.2. Biyogaz Üretiminde Kullanılan Atıklar ve Kofermantasyon Uygulaması

Anaerobik fermantasyon ile biyogaz üretimi konusunda yapılan ilk çalışmalarda çiftlik gübresi kullanılmıştır. Zaman içerisinde edinilen tecrübelerle, fermantasyon işleminde farklı atık türlerinin gübre ile birlikte kullanımı gündeme gelmiştir (Bouallagui et al., 2009).

Birden fazla atık malzemenin homojen karışımının fermantasyonu, kofermantasyon, olarak adlandırılmaktadır (Bouallagui et al., 2009). Proses performansını artırma ve farklı atık türlerini eş zamanlı ve daha ekonomik olarak değerlendirebilme şansı sunan kofermantasyon uygulamasında tarımsal, kentsel, kırsal ve endüstriyel katı ve sıvı atıklar başarılı bir şekilde kullanılmaktadır (Bouallagui et al., 2009). Kofermantasyon uygulamalarında, reaktörde fermantasyon işleminin gerçekleştirilmesinde gerekli ve yeterli bakteri popülasyonunun sağlanabilmesi için, çiftlik gübresi genellikle ana bileşen olarak gereklidir (Bouallagui et al., 2009). Diğer atık türleri çiftlik gübresi ile birlikte kullanılır. Kullanılacak komateryalin zararlı bileşenler yönünden incelenmesi çevre yönetimi için önemlidir.



4. BİYOGAZ ÜRETİMİNİN ÇEVRE YÖNETİMİNE ETKİSİ

Biyogaz üretimi yapılacak tesislerde çevresel değerlendirmenin de yapılması esastır. Bu inceleme çevre yönetiminin olumlu ve sürdürülebilir şekilde sağlanabilmesi açısından önem taşımaktadır. Bu amaçla biyogaz üretim aşamaları çevresel boyutta incelenirken, tesisin su, hava ve toprak ekosistemleri başta olmak üzere bölgedeki insan ve diğer canlıların sağlığına olan etkisi incelenmelidir (Sabuncu, 2010).

Atıkların vahşi veya düzenli depolama alanlarında bertaraf edilmeleri ile oluşan sorunlardan biri küresel ısınmaya neden olan sera gazı emisyonları oluşturmalarıdır. Ayrıca yapılan istatistiksel çalışmalara göre Türkiye sera gazı üretiminde en büyük payı %77 ile enerji kaynaklı emisyonlar alırken, 2007 yılında 1990 yılına göre toplam sera gazı emisyonlarında %119 oranında artış olmuştur (TUİK, 2007). Bu nedenle biyogaz üretim

tesislerinde sürdürülebilir çevre yönetiminin oluşturulmasında sera gazı emisyonları hesaplanmalıdır. Bu yöntem ile gerçekleştirilen çevresel analizin amacı, tesiste atıklardan anaerobik fermantasyon ile biyogaz eldesinin, aynı atıkların düzenli depolanması ile çevreye yayacağı sera gazı oranı arasındaki farkın ortaya konması ve herhangi bir azalmanın olup olmayacağını tespit edilmesidir.

Hayvan katı atıkları; gübre olarak veya kurutulduktan sonra yakıt kaynağı şeklinde kullanılmaktadır. Bu atıklardan kaynaklı çiftlik kapasitelerinde ve dolayısıyla dışkı miktarlarındaki büyük artışlar nedeniyle önemli çevre problemleri gündeme gelmektedir. Hayvan atıklarından kaynaklanan çevre sağlığı sorunları bazı endüstriyel atıklar sebebiyle oluşan problemler kadar zararlı olabilmektedir. Özellikle yüzey sularının alıcı ortama drenajı, tarımdan dönen sular ve hayvan atıkları için nihai depolama alanı olarak kullanılan araziler, su kirliliğinin başlıca



kaynakları olarak ortaya çıkmaktadır. Ülkemizde mevcut olan büyük baş hayvan sayısı ele alındığında, çok önemli miktarda hayvan atığı potansiyelinin bulunduğu ortaya çıkmaktadır. Hayvan atıklarının arıtılmadan doğaya salınması ile başta atıktan kaynaklanan gazların oluşturduğu küresel ısınma problemi olmak üzere, yerüstü sularının kirlenmesi ve patojenik problemler gibi çevre sağlığı sorunları oluşmaktadır.

Organik atıklar, yüksek biyolojik oksijen gereksiniminden dolayı su kirliliğine sebep olurlar. Bununla birlikte, hayvansal atıklar su içinde potansiyel azot ve fosfor kaynaklarıdır ve ötrofikasyona neden olurlar. Ayrıca patojen kontaminasyonunun olası bir kaynağıdır.

Ahır ve kümeslerden uzaklaştırılan atıkların depolandıkları çukurlar, insan ve hayvanlar için hastalık kaynağı olarak büyük tehlike oluşturur. Hayvansal atıklar %50-75 oranında mikroorganizmalar yardımıyla ayrışabilen organik

maddeleri içerir. Organik maddelerin ortamdaki oksijen durumuna bağlı olarak ayrışımı sonucu kokular oluşur.

Hayvansal atıkların aerobik koşullar altında hızlı ayrışımında azot ve kükürdün inorganik bileşikleri de ortaya çıkar. Ayrışmada ortama çok az miktarda karbondioksit gazı yayılırken, aşırı derecede koku yayan bileşikler oluşmaktadır.

Bu tür hayvansal kaynaklı ve gübre ağırlıklı atıkların sürekli beslemeli sistemler ile fermantasyonu hem düzenli bir biyogaz verimi eldesinde hem de bu atıkların doğaya bırakıldığında yayacakları olumsuz çevresel etkinin azaltılmasında öneme sahiptir.

Gıda sanayi atıkları; geniş bir spektrum içerisinde yer alırlar. Çok düşük düzeyde kuru madde içeriğine sahip olan materyaller yanında, yüksek kuru madde içerenler de vardır. Üretimleri yılın belirli mevsimlerinde olanlar yanında, tüm sene kullanılacak



olanlar da bulunmaktadır. Bu nedenle biyogaz üretim amacı ile kullanımı düşünülen gıda sanayi atıkları, kofermantasyon uygulamasına daha uygundur. Bu yöntem ile üretilen gaz miktarı, çiftlik gübrelerinden üretilenden daha fazladır. Bu nedenle tesisin ekonomik işletilmesinde katkıları bulunmaktadır. Ayrıca homojen bir yapıya da sahiptirler.

Atık oluşumunda görülen mevsimsel farklılıklar göz önüne alınarak, farklı atık kombinasyonları ile kesikli beslemeli sistemde biyogaz üretimi gerçekleştirilebilir. Bu şekilde atık oluşumunun olmadığı durumlarda tesis verimli çalışmaya devam edebilecektir. Anaerobik parçalanma sonu oluşan fermente atık, toprak iyileştirici olarak kullanılabilir ve gıda içeriği de olduğundan iyi bir besleyici olmaktadır.

Tarımsal atıkların; (yeşil ot, silaj artıkları, enerji bitkileri, budama atıkları, hasat artıklarınının) da biyogaz üretiminde kullanılmaları

mümkündür. Ancak bu materyallerin genellikle yılın belirli mevsimlerinde bulunabilmesi, temin açısından sorun yaratabilmektedir. Beslenme amacıyla kullanılmayan bitkisel artıkların biyogaz üretimde yenilenebilir ve çevre dostu enerji kaynağı olarak kullanılması atıkların sürdürülebilir çevresel yönetimi için önemli bir saha oluşturmuştur. Ayrıca özellikle yaz dönemi yeşil çim alanlarda gerçekleştirilen çim biçme sonrası elde edilen atıklar da biyogaz eldesi ile değerlendirilebilmektedir. Bu tür atıkların oluşumu dönemsel olduğundan kesikli fermantasyon ile biyogaz üretimi tercih edilebilir.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Günümüzde insan ihtiyaçları karşılanırken doğal kaynakları korumak, temiz üretimin gerçekleştirilebilmek, çevre ile ilgili tüm yasal mevzuat ve standartlara uymak, yasal gereklerin ötesinde çevrenin ve doğal hayatın korunmasını sağlamak göz önüne alınan önemli maddeler haline



gelmiştir. Bunlar arasında artan enerji ihtiyacını karşılamak amacı ile kullanılan biyogaz üretimi de; tüm bu süreçlerden kaynaklanan çevresel etkenlerin iklim değişikliğine, havaya, toprağa, suya olan etkilerini önleyici ve düzeltici yaklaşımlar ele alarak, atıkların ve çevrenin sürdürülebilir yönetimine uygun bir şekilde değerlendirilmesini ele alan bir teknolojidir.

Biyogaz üretim sistemlerinin farklı atıklar kullanılarak değerlendirilmesi aşamalarında sürdürülebilir çevre yönetiminin önemli ayaklarından biri olan Yaşam Döngüsü Analizi kullanılarak biyogaz üretim işlemlerinde en büyük tehdit oluşturan etmenlerden başlayarak, kademeli olarak iyileştirmeler yapılabilir.

Bu şekilde, biyogazın ekolojik etkilerinin hesaplanması, büyük ölçekli biyogaz üretim sistemlerinde biyogazdan üretilen elektriğin ekolojik etkilerinin iyileştirilmesine katkı sağlayabilir.

Üretim sektörü ile birlikte geliştirilecek biyogaz teknolojileri ile sera gazı emisyonlarının oluşumunu azaltılacak, enerji-kaynak çeşitliliği arttırılacak, atıklar çevreci bir yaklaşımla değerlendirilecektir.

KAYNAKLAR

Björnsson, L., 2000, Intensification of the Biogas Process by Improved Process Monitoring and Biomass Retention, Doctoral Dissertation, Department of Biotechnology, Lund University, İsveç.

Bouallagui, H., Lahdheb H., Romdan, E.B., Rachdi, B., Hamdi, M., 2009, Improvement of Fruit and Vegetable Waste Anaerobic Digestion Performance and Stability with Co-Substrates Addition, Journal of Environmental Management, 90, 1844-1849.

Bouallagui, H., Touhami, Y., Cheikh, R.B., Hamdi, M., 2005, Bioreactor Performance in Anaerobic Digestion of Fruit and Vegetable Wastes, Process Biochemistry, 40, 989-995.



- Çelik, E., Bahçeci, İ., Yılmaz, V., Külcü, R., 2004, *Katı Atıkların Biyolojik Yöntemlerle Bertarafında Türk Çevre Mevzuatının AB Mevzuatı ile Karşılaştırılması*, *Katı Atık ve Çevre*, 54, 15-21.
- Ekinci, K., Külcü, R., Kaya, D., Yıldız, O., Ertekin, C., Öztürk, H. H., 2010, *The Prospective of Potential Biogas Plants That Can Utilize Animal Manure in Turkey*, *Energy Exploration & Exploitation*, 28/3, 187-206.
- Gürel, A. ve Senel, Z., 2010, *Organik Atıklardan Biyogaz Üretimi, Kırklareli Girişimcilik Sempozyumu*.
- http://www.biyogaz.web.tr/files/docs/biyogaz_kilavuzu.pdf, Erişim Tarihi: 12.07.2015.
- http://www.eie.gov.tr/eieweb/turkce/YEK/biyoenerji/01biyogaz/bg_tesis_tasarimi.html, Erişim Tarihi: 10.08.2015.
- <http://www.wwf.org.tr>, Erişim Tarihi: 12.07.2015.
- Karpuzcu, M., 1996, *Çevre Kirlenmesi ve Kontrolü, Kubbealtı Neşriyatı, İstanbul*, 318.
- Kaya, D. ve Öztürk, H.H., 2012, *Biyogaz Teknolojisi- Üretim, Kullanım, Projeleme*, İzmit-Kocaeli, 253.
- Kılıç, F., 2011, *Biyogaz, Önemi, Genel Durumu ve Türkiye'deki Yeri*, *Mühendis ve Makine*, 94-106.
- Lastella G., Testa C., Cornacchia G., Notornicola M., Voltasio F., Sharma V. K., 2002, *Anaerobic Digestion of Semi - Solid Organic Waste: Biogas Production and Its Purification, Energy Conversion and Management*, 63-75.
- Sabuncu, Ö. C., 2010, *Biyogaz Üretimini Teknik, Ekonomik ve Çevresel Analizi*, Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi.
- Sosnowski, P., Wieczorek, A., Ledakowicz, S., 2003, *Anaerobic Codigestion of Sewage Sludge and Organic Fraction of Municipal Solid Wastes*, *Advances in Environmental Research*, 7, 609-616.
- TUİK, 2007, *Seragazi Emisyon Envanteri*, *Haber Bülteni*, 111, 1-2.
- Vandevivere, P., De Baere, L., Verstraete, W., 2003, *Types Of Anaerobic Digesters For Solid Wastes*, IWA Publishing,



*Biomethanization Of The
Organicfraction Of Municipal
Solid Wastes, 111-137.*



EVSEL ARITMA ÇAMURLARINDAN GAZLAŞTIRMA TEKNOLOJİSİ İLE ENERJİ GERİ KAZANIMI

Azize Ayol^{1*}, Özgün Tezer Yurdakoş¹, Alim Gürgen¹

^{1*}Dokuz Eylül Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Tınaztepe Yerleşkesi,
35160, Buca, İzmir

azize.ayol@deu.edu.tr

Özet: Biyokütle gazlaştırılması konusunda çeşitli araştırma ve uygulamalar yapılmakla birlikte, atıksu arıtma tesislerinde biyolojik arıtma sırasında oluşan arıtma çamurlarından gazlaştırma yoluyla enerji eldesine yönelik araştırmalar oldukça sınırlıdır. Bu makale kapsamında evsel atıksuların arıtıldığı bir atıksu arıtma tesisine ait solar kurutma çıkışıdan alınan arıtma çamurlarının pilot ölçekli aşağı beslemeli bir gazlaştırma reaktöründe gazlaştırılma potansiyeli belirlenmiştir. Çalışma sonuçları, bu çamur örneklerinden gazlaştırma teknolojisi uygulamasıyla enerji geri kazanımının mümkün olduğunu göstermiştir.

Anahtar Kelimeler: Arıtma çamuru, termal gravimetrik analiz(TGA), gazlaştırma, enerji geri kazanımı.

ENERGY RECOVERY FROM DOMESTIC TREATMENT PLANT SLUDGES VIA GASIFICATION TECHNOLOGY

Abstract: Although the different research studies and applications on biomass gasification have been done, the gasification studies for energy recovery from treatment plant sludge produced at wastewater treatment facilities are very limited. In this study, a pilot scale downdraft type gasifier was used to determine the gasification potential of sludge taken from a solar drying unit of a domestic wastewater treatment plant. The experimental results showed that the sludge was found as an appropriate material for gasification studies interims of energy recovery purpose.

Key Words: Treatment plant sludge, thermal gravimetric analysis (TGA), gasification, energy recovery.



1. GİRİŞ

Evsel atıksu arıtma tesislerinde atıksu arıtımı sırasında oluşan biyolojik özellikteki arıtma çamurları organik madde bakımından zengin bir içeriğe sahiptir. Bu çamurların farklı yararlı kullanım alternatifleriyle değerlendirilmesi konusunda çeşitli araştırmalar yapılmaktadır. Arıtma çamurunun sahip olduğu ısı değer ve zengin organik madde içeriği göz önüne alınarak, arıtma çamurlarından biyogaz eldesi ve termal işlemler -yakma, piroliz, gazlaştırma, ek yakıt olarak kullanım- gibi farklı teknoloji uygulamalarıyla enerji eldesine yönelik araştırmalar da tüm dünyada hız kazanmıştır. Evsel/kentsel arıtma çamurlarından enerji geri kazanımı yoluyla bir kaynak olarak, potansiyel kullanımı üzerine teknolojilerin geliştirilmesi konusu bazı ülkeler tarafından teşvik edilmektedir (Nipattumakul et al., 2010). Bunun yanı sıra doğal olmayan kaynaklardan (atık,

biyokati-arıtma çamuru gibi) yenilenebilir enerji elde edilmesine yönelik araştırmalarda; alternatif-yenilenebilir enerji kaynağı olarak değerlendirilen arıtma çamurlarının gazlaştırma prosesi (gazifikasyon) gibi ileri teknolojilerle işlenebilirliği ve çamurdan enerji geri kazanımı sağlanması konusunda önemli çalışmalara ihtiyaç duyulmaktadır.

Avrupa Birliği Stratejik Enerji Teknolojisi Planı, düşük karbon dönüşümlü, yenilenebilir enerji kaynaklarının güvenli ve sürdürülebilir bir şekilde geliştirilmesi ve yayınlanan vizyon beyanında 2020 yılı itibariyle yenilenebilir enerji kaynaklarından enerji eldesinin en az %20 oranında karşılanabilmesi yönünde hedef bildirmiştir. Güvenli, çevre dostu, ekonomik enerji kaynaklarının kullanılması yönünde AB'nin enerji politikası ortaya konmuştur. Bu durum sadece AB için geçerli olmayıp, tüm dünya çapında giderek bağımlılığı artan ancak kaynakları azalan fosil yakıt ihtiyacının azaltılmasına yönelik



teknolojilerin uygun şekilde yapılabilir kılınmasıyla mümkündür. Oettel ve Schmalfeld (2004) yaptıkları bir çalışmada 2030 yılı itibariyle dünyadaki fosil yakıt kaynaklarına bağımlılığın %70 oranında tahmin edildiğini rapor etmişlerdir. Bu noktadan açıkça fosil yakıt bağımlılığının azaltılmasına yönelik karbon içeren atık materyallerden gazlaştırma teknolojisiyle enerji eldesi yönünde arıtma çamurlarına da bu teknolojinin uygulanmasının büyük bir avantaj olacağı düşünülebilir (TÜBİTAK, 113Y166, Final Raporu).

Biyokütle gazlaştırılması konusunda ağırlıklı olarak odun parçaları, fındık kabukları, farklı zirai atıklar, kentsel katı atıklar, tıbbi katı atıklar ve çeşitli endüstriyel atıklar gibi maddelerden gazlaştırma çalışmaları yürütülmekle birlikte, evsel/kentsel arıtma çamurlarının gazlaştırılması konusunda araştırmalar sınırlıdır. Nilsson vd. (2012) tarafından kurutulmuş

arıtma çamuru örneklerinden elde edilen kokun, akışkan yataklı bir gazlaştırma ünitesinde gazlaştırılması üzerine laboratuvar ölçekli bir çalışma yapılmıştır. Testler 800-900°C sıcaklık aralığında ve atmosfer basıncında yapılmıştır. Bu doğrudan arıtma çamurunun gazlaştırılması olmayıp, kurutulmuş arıtma çamurundan azot gazı varlığında önce kok eldesi sonrasında bu ürüne gazlaştırma uygulaması şeklinde olup, kokun boyutlarının gazlaştırma verimi üzerine etkilerine ilişkin araştırmaların yürütülmesi şeklinde gerçekleştirilmiştir. Arıtma çamurlarının piroliz edilmesi (Dominguez et al., 2006; Inguanzo et al., 2001; Fullana et al., 2003; Karayıldırım vd., 2006; Hossain et al., 2009) ve gazlaştırılması (Midilli vd., 2002; Midilli vd., 2001; Dogru vd., 2002) çalışmaları doğrudan arıtma çamuru kullanmak suretiyle yapılmıştır. Bu araştırmacılar tarafından piroliz ya da gazlaştırma prosesleri uygulanmasıyla arıtma çamurlarının bir enerji kaynağı



olarak kullanılabilme potansiyelinin olduğu ön görülmüştür. Bu prosesler vasıtasıyla atık hacmi azaltılıp, içeriğinde var olan ağır metaller katı kalıntı içerisinde sabitlenirken, aynı zamanda piroliz yağı ve sentez gazı gibi son derece yararlı ürün dönüşümleri sağlanmaktadır. Oluşan kül de ayrıca farklı amaçlar için değerlendirilebilmektedir.

Nipattummakul vd. (2010), arıtma çamurlarının pirolizi ve gazlaştırılması konusundaki bu çalışmalarda bunların uygulanmasına yönelik teknik detayların yeterli bilgi olarak sağlanmadığını rapor etmiştir.

Nipattummakul vd. (2008) yılında 50 kg/saat kapasiteli bir gazlaştırma ünitesinde sadece evsel arıtma çamurlarının gazlaştırılması üzerine bir araştırma yapmış ve gazlaştırma prosesi olarak kullandıkları buhar-gazlaştırma yöntemi ile bu çamurdan enerji üretiminin verimli olduğunu belirtmişlerdir. Judex vd. (2012) akışkan yataklı bir

gazlaştırma reaktöründe, kurutulmuş çamurun gazlaştırılmasını Almanya'da Balingen ve Mannheim'da kurulu olan pilot ölçekli reaktör sistemlerinde araştırmışlardır. Bu çalışmada, kurutulmuş arıtma çamurlarının başarılı bir şekilde gazlaştırıldığı belirtilmekle birlikte bazı zorluklarla karşılaşıldığı ifade edilmektedir. Kobayashi vd. (2011) tarafından yapılmış olan bir başka çalışmada ise, kurutulmuş arıtma çamuru ve odun atıklarının birlikte gazlaştırılması incelenmiş ve akışkan yataklı reaktör sistemi olarak kullanılan klin tipi reaktörlerin konvansiyonel gazlaştırma uygulaması olduğu vurgulanarak bunlarda yüksek sıcaklık uygulaması olmadığından (genellikle 900°C'ye kadar) katran oluşumu problemiyle karşılaşıldığı rapor edilmiştir. Katran oluşumunun önlenmesi için de katalizör kullanımının ilave maliyet getirdiği ifade edilmiştir. Bu nedenle de aşağı beslemeli (down-draft) tipte reaktörün yüksek sıcaklık uygulamalarında daha



başarılı olacağı ve bu konuda da araştırmaların yapılması gerektiği belirtilmiştir. Ayol vd. (2017) tarafından yapılan bir çalışmada maya endüstrisi arıtma çamurlarına enerji eldesi amacıyla gazlaştırma prosesi uygulanmış ve başarılı bir şekilde aşağı beslemeli reaktör sisteminde arıtma çamurunun gazlaştırıldığı ifade edilmiştir.

Bu makalede, aşağı akımlı-downdraft tipi reaktör ile evsel nitelikli arıtma çamurlarının gazlaştırılma potansiyelinin belirlenmesine yönelik araştırma sonuçları detaylı olarak verilmektedir. Makalenin ana amacı, evsel nitelikli arıtma çamurundan enerji eldesine yönelik olarak gazlaştırma prosesinin uygulanabilirliğinin ortaya konmasıdır.

2. MATERYAL VE METOTLAR

2.1. Arıtma Çamuru Örneği ve Karakterizasyonu

Arıtma çamuru örneği, evsel nitelikli atıksuların arıtıldığı bir atıksu arıtma tesisine ait solar çamur kurutma tesisi çıkışından alınmıştır. Solar kurutma çıkışından alınan çamur örneklerinde yapılan katı madde (KM) analizi sonuçları örneklerin yaklaşık %50 KM içeriğine sahip olduğunu göstermiştir. Gazlaştırma çalışmalarında düşük nem içeriği gereksiniminden dolayı bu çamurlar laboratuvarında şekillendirilmiş ve yaklaşık 35°C'de etüvde tekrar kurutulmuştur. Kurutulmuş çamur örneklerinde pH, elektriksel iletkenlik (EC), tuzluluk, katı madde (KM), organik madde (OM), ağır metaller (As, Ba, Cd, Cr, Cu, Hg, Mo, Ni, Pb, Sb, Se, Zn), toplam organik karbon (TOC), Toplam Azot (TN), Toplam Fosfor (TP), elemental analiz gibi genel karakterizasyon çalışmaları yapılmış; ayrıca, ısı değer (LHV), termal gravimetrik analiz (TGA)



gerçekleştirilerek, çamurun termal özellikleri ve Fourier dönüşümlü infrared analiz (FTIR) ile de çamurdaki ana organik gruplar belirlenmiştir. Analizler Standart Metotlarda (APHA, 2005) belirtilen yöntemlere göre yapılmıştır.

TOC analizleri HACH-Lange IL550 model analizör ile yapılmıştır. Ağır metal analizleri için örnekler öncelikle mikrodalga parçalayıcıda (Berghof MSW +3) asitle ön işlem gördükten sonra, ağır metal içerikleri Perkin Elmer 7000 DV ICP-OES cihazı ile belirlenmiştir. TP ölçümleri de mikrodalga parçalayıcıda ön işlem gördükten sonra, Kalay Klorür Metodu yöntemine göre Perkin Elmer Lambda25 spektrofotometrede analiz edilmiştir. TN analizleri mikro Kjeldal yöntemine göre VELP marka çürütücü ve distilasyon ünitesi ile gerçekleştirilmiştir.

Aritma çamurlarının termal özelliklerine yönelik TGA analizleri Perkin Elmer marka TGA 4000 cihazı, ısı değer analizleri IKA

C200 kalorimetre, elemental analiz Leco Truspec CHN-S cihazı, XRD analizleri Rigaku- Rint 2200/PC (Ultima 3) cihazı, FTIR analizleri ise Perkin Elmer Spectrum BX ile yapılmıştır.

2.2. Gazlaştırma Reaktörü ve Gazlaştırma Çalışması

Solar kurutma çıkışından alınan evsel nitelikli arıtma çamurları ile gerçekleştirilen gazlaştırma çalışmaları 20 kg/saat yakıt besleme kapasitesine sahip aşağı beslemeli (down-draft) tipte gazlaştırma reaktöründe yapılmıştır. Gazlaştırma reaktörü All Power Labs'dan (Berkeley, CA, ABD) temin edilmiş ve Dokuz Eylül Üniversitesi, Arıtma Çamurları Laboratuvarı'nda montajı gerçekleştirilmiştir. Gazlaştırma reaktörü ile ilgili daha fazla bilgi Ayol vd. (2017) tarafından yapılan çalışmada verilmiştir. Gazlaştırma denemelerinde kullanılan reaktör sistemine ait görüntü Şekil 1'de verilmektedir.



Gazlaştırma prosesi ile oluşan ve enerji eldesi amacıyla kullanılan sentez gazın dışında, gazlaştırma sonrası katı camsı kalıntı ve kül malzeme de oluşmaktadır. Katı camsı kalıntı ve kül örneklerinde de ağır metal, katı madde, organik madde, toplam organik karbon, FTIR, SEM-EDS analizleri yapılmıştır. Toprak iyileştirici olarak veya adsorban malzemesi olarak

da yararlı kullanım alanlarına sahip kül malzemedede ayrıca, toplam azot ve toplam fosfor parametreleri de analizlenmiştir. Katı camsı kalıntı örneklerinden TS EN 12457-4 Atıkların Nitelendirilmesi- Katıdan Özütleme Analizi - Granül Katı Atıkların Özütlenmesi için Uygunluk Deneyi prosedürü ile hazırlanan eluat örneklerinde ağır metal analizleri yapılmıştır.



Şekil 1. Deneysel çalışmalarda kullanılan aşağı beslemeli gazlaştırma reaktörü ve sentez gazından elektrik üretilen motora ait görüntü

3. DENEYSEL BULGULAR VE TARTIŞMA

Kurutulmuş çamur örneklerinin KM

değeri $98,12 \pm 0,09$, OM değeri ise $38,13 \pm 0,05$ olarak belirlenmiştir. Çamur örneklerinde analizlenen TOC ve OM değerleri



birbiriyle oldukça uyumlu olup, TOC değeri kurutulmuş örnekte 287 g/kg olarak ölçümlenmiştir. Kurutulmuş çamur örneklerinde pH değeri 7 civarında, elektriksel iletkenlik ve tuzluluk ölçümü değerleri ise sırasıyla 1,88 mSi/cm ve %0,08 olarak analizlenmiştir. Örneklere ait TN ve TP değerleri ise %2,33 ve %1,49 olarak

ölçümlenmiştir. Çizelge 1’de çamur örneklerinde yapılan ağır metal analizi sonuçları verilmektedir. Örneklere Ba, Cr, Cu, Ni, Pb ve Zn değerleri diğer metallerle göre daha yüksek değerlerde bulunmakla birlikte, evsel çamurlar için tipik değer aralıklarında kalmaktadır.

Çizelge 1. Evsel AAT çamuru ağır metal analiz sonuçları

Numune	Ağır Metal Değerleri, mg/kg											
	Ba	Cd	Cr	Cu	Mo	Ni	Pb	Zn	Hg	Se	As	Sb
Evsel AAT çamuru	330,12	1,70	140,39	196,42	2,70	87,67	97,02	577,08	0,27	1,23	6,08	0,43

Aritma çamuru örneklerinde yapılan yaklaşık (proximate) analiz ve elemental analiz sonuçları sırasıyla Çizelge 2 ve Çizelge 3’de verilmektedir. Oksijen değeri,

elemental analiz sonuçlarından hesaplanmıştır. Aritma çamuru örneğinin alt ısı değeri ise 10.73 MJ/ kg KM (2567 kcal/kg KM) olarak belirlenmiştir.

Çizelge 2. Evsel AAT çamuru yaklaşık analiz sonuçları

Numune	Nem	Uçucu Madde	Kül	Sabit Karbon
	%ağırlıkça	kuru bazda %ağırlıkça		
Evsel AAT çamuru	1,88 ± 0,09	38,13 ± 0,05	49,05 ± 0,12	12,81 ± 0,17

Çizelge 3. Evsel AAT çamuru elemental analiz sonuçları

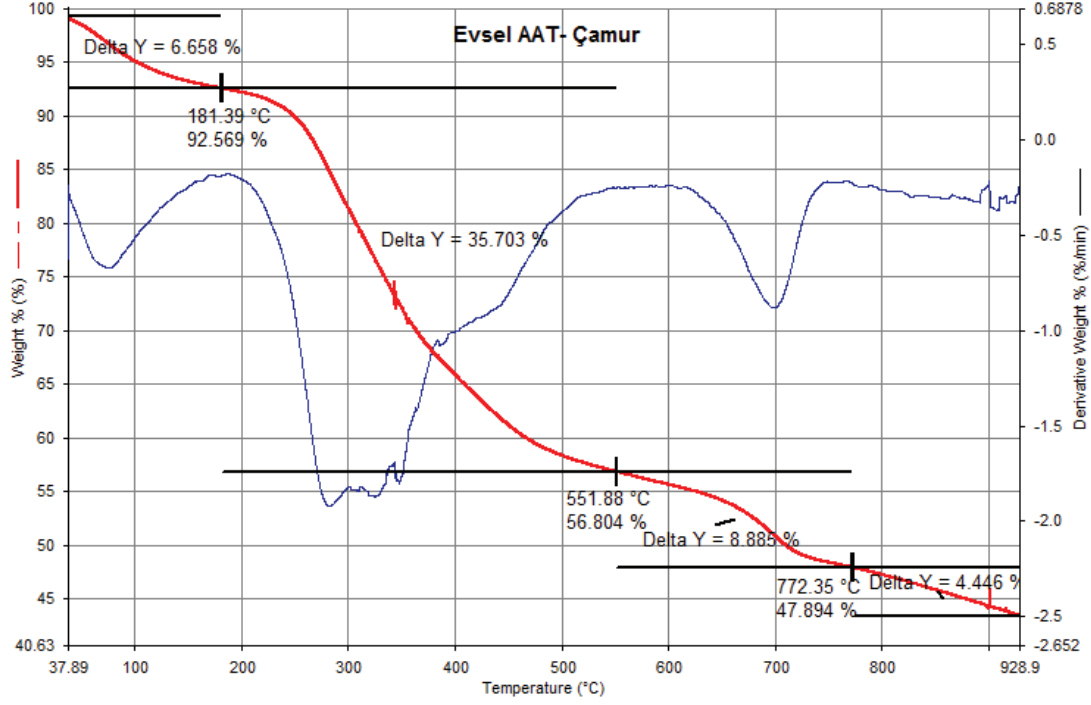
Numune	Karbon, C	Hidrojen, H	Azot, N	Kükürt, S	Oksijen, O
	kuru bazda %ağırlıkça				
Evsel AAT çamuru	27,24	3,68	4,97	0,63	14,43



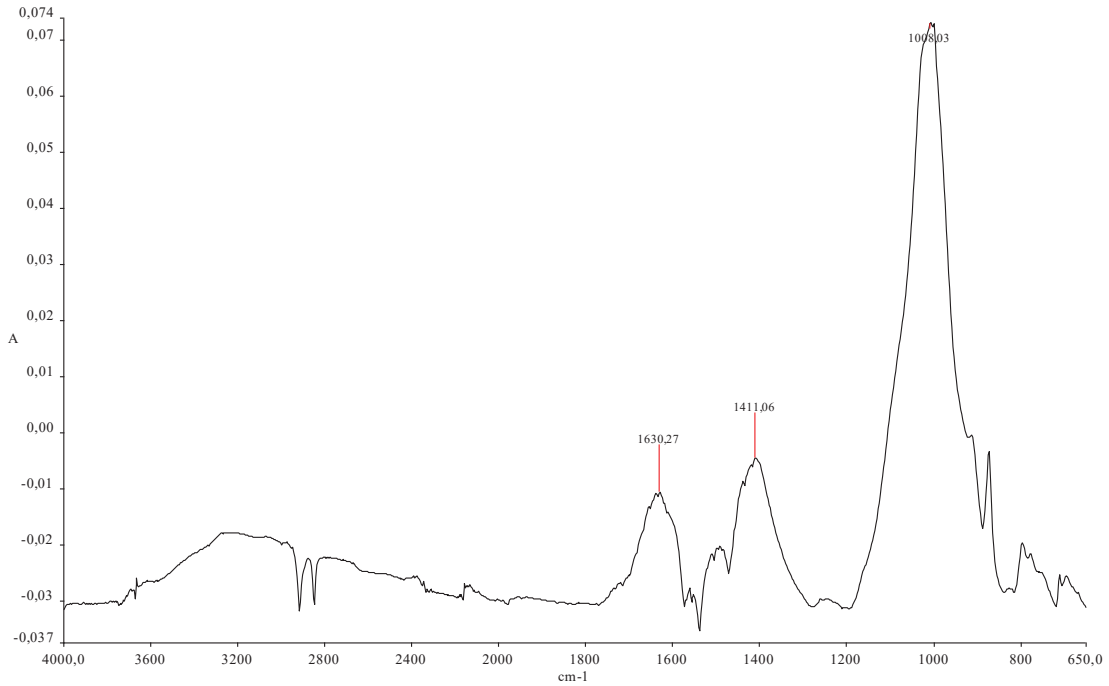
Evsel AAT kuru çamur örneğinde gerçekleştirilen TGA'ya ait termogram Şekil 2'de verilmektedir. Termogramda üç farklı bölgede ağırlık kaybı gözlenmektedir: nem kaybı, uçucu madde yanma bölgesi ve sabit karbonun yandığı bölge. Termogramda ikinci ağırlık kaybının gözlemlendiği uçucu maddelerin yandığı bölgedeki kayıp %35.7 ve sıcaklık değeri 551.8°C olarak belirlenmiştir. Uçucu maddelerin yanması sırasında, elde edilen DTG eğrilerindeki pikler incelendiğinde uçucu maddenin maksimum yanma hızının 200-400°C aralığında yaklaşık olarak ise 300°C'de olduğu görülmektedir. Ayol vd. (2016) tarafından yapılan kentsel arıtma çamurlarının termal özelliklerinin belirlendiği bir araştırmada da benzer TGA termogramı gözlenmiştir.

Şekil 3'de kurutulmuş çamur örneğinde gerçekleştirilen FTIR analizine ait grafik verilmektedir.

FTIR piklerinde 3400 - 3200 cm^{-1} 'de gözlenen banttaki asimetri O-H ve NH gruplarını; 3200 - 2800 cm^{-1} 'de gözlenen pikler çamurdaki organik materyalin hidrofobik özelliklerini temsil etmektedir ki, metil ve metilen alifatik gruplarını COO-H, C-H, $\text{Csp}_3\text{-H}$ göstermektedir. 1400 - 1800 cm^{-1} bant aralığındaki pikler karboksilik asit, ketonlar, aldehitler, fenil ve Florürü (C=N, .C=C, fenil, C-O, F); 1000 cm^{-1} 'deki pik C-O gerilimi karbonhidratları ve 650 - 800 cm^{-1} 'de gözlenen karboksil fonksiyonel gruplarını göstermektedir.



Şekil 2. Evsel AAT kuru çamur numunesinde gerçekleştirilen TGA analizi



Şekil 3. Evsel AAT kurutulmuş çamur numunesine ait FTIR sonuçları

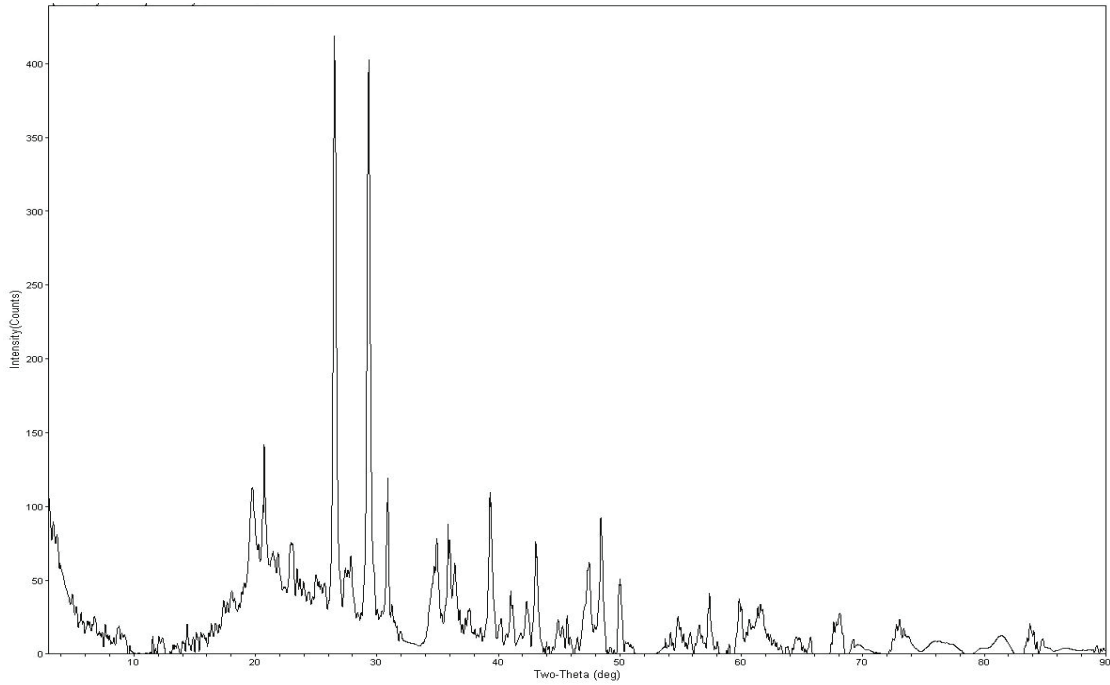
Evsel AAT kurutulmuş çamur örneğine ait XRD sonuçları Şekil 4'de verilmektedir. XRD analizi

inorganik yapının çoğunlukla kalsit (CaCO_3) ve belli miktarlarda da kuartzdan (SiO_2) oluştuğunu

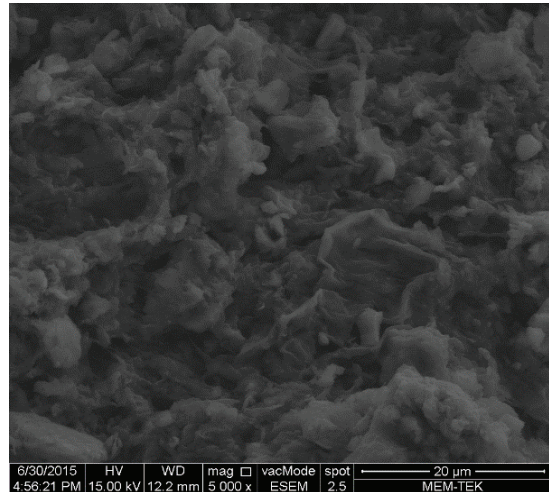
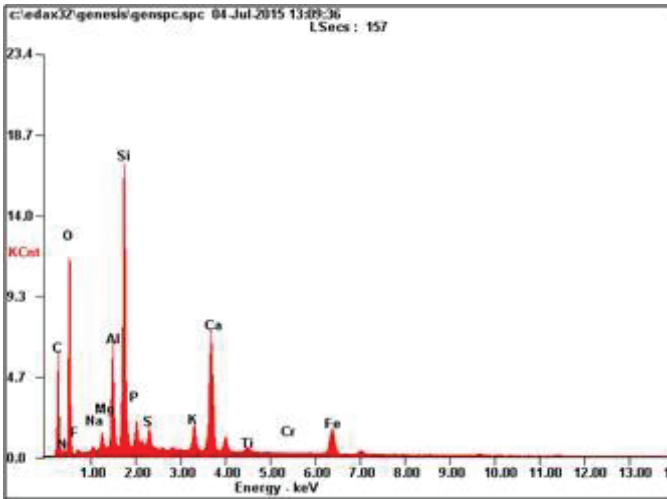


göstermektedir. Şekil 5'de ise çamur örneğine ait SEM-EDS analizi sonuçları verilmektedir. Şekilden de görüldüğü üzere örneklerde esas olarak C, O, Al, Si, S, Ca elementlerinin yanı sıra N, P,

Na, Mg, Fe, Cl, K elementleri bulunmaktadır. SEM-EDS sonuçları ağır metal, karbon miktarı, elemental analiz, fosfor analizleri sonuçlarıyla uyum göstermektedir.



Şekil 4. Evsel AAT kurutulmuş çamur numunesine ait XRD sonuçları

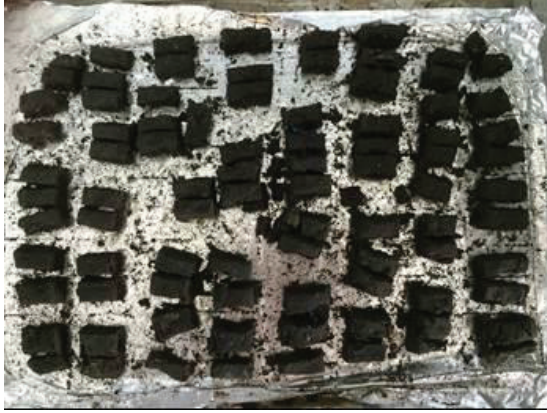


Şekil 5. Evsel AAT çamur numunesine ait SEM-EDS analizi sonuçları



Çamur karakterizasyon çalışmalarını takiben kurutulmuş çamurun gazlaştırma reaktörüne beslenmesinden önce, reaktörde sızdırmazlık testleri yapılmıştır. İstenen basınç değerlerine ulaşıldığı kontrol edildikten sonra reaktör sisteminin ateşlenmesi için propan torch kullanılmıştır. Reaktöre ait flare sisteminden duman gelmeye başlaması ile birlikte hava ve gaz blowerları uygun konumlarına ayarlanarak reaktör sistemi tam gazlaştırma performansına alınmıştır. Bu çamurun gazlaştırılması sırasında reaktör sıcaklığı kendiliğinden 900°C'yi aşmış ve gazlaştırma işlemi başarılı bir şekilde tamamlanmıştır. Ayol vd. (2017) tarafından aynı reaktör sistemiyle yapılan maya endüstrisi arıtma çamurunun gazlaştırılması çalışmalarında sıcaklık değerleri 1000°C'yi aştığı belirlenmiştir. Evsel arıtma çamuru ile yapılan bu gazlaştırma çalışmasında da sürekli kalitede sentez gazı oluşumu elde edilmiştir. Flare

vanası kapatılarak, sentez gazı doğrudan elektrik üreten motora beslenmiş ve elektrik üretimi gerçekleştirilebilmiştir. Elektrik üretimi sırasında egzozdan çıkan gaz kompozisyonu ve başlangıç aşaması geçildikten sonra flare'e gelen sentez gazının kompozisyonu bir süre izlenmiştir. Bu gazlaştırma denemesindeki flare'e gelen gaz emisyon ölçüm sonuçları Çizelge 4'de verilmektedir. Gazlaştırma ünitesine beslenen evsel arıtma çamuru, gazlaştırma sonrası kalan katı camsı kalıntı ve kül malzemeye ait resimler Şekil 6'da gösterilmiştir.



Solar kurutma çıkışı çamur örneği



Kurutulmuş çamur örneği



Kül Materyal



Camsı Kalıntı

Şekil 6. Evsel AAT çamur örneği, kül kalıntı ve camsı kalıntıya ait resimler

Gazlaştırma sonrasında kül kalıntıdan alınan örnekte KM değeri $95,82 \pm 0,90$, OM değeri ise $24,09 \pm 0,18$ olarak analizlenmiştir. Reaktöre beslenen numunede pH nötral seviyede iken reaktörden alınan kül örnekte pH

10,6 olarak analiz edilmiştir. Elektriksel iletkenlik ve tuzluluk ölçümü değerleri sırasıyla 3,24 mSi/cm ve %0,17 olarak okunmuştur. Örneğin TN içeriği %0,35, TP içeriği ise %2.8 olarak ölçümlenmiştir.



Çizelge 4. Gazlaştırma sistemi için flare'da çıkan gaz emisyon değerleri-Evsel AAT çamuru

Parametre	Birim	Evsel AAT çamur gazlaştırma			
		1	2	3	4
Ölçüm					
Zaman		10:46:07	10:58:02	11:37:38	11:49:02
T _{gas}	°C	636,6	547,1	556,8	502,7
O ₂	%	3,2	7,6	9,1	9,1
CO	ppm	449	259	426	271
	mg/m ³	560	323	532	338
	mg/3%O ₂	566	434	806	512
SO ₂	ppm	237	117	122	102
	mg/m ³	677	334	348	291
	mg/3%O ₂	684	449	527	441
NO _x	ppm	822	641	966	768
	mg/m ³	1130	881	1328	1056
	mg/3%O ₂	1142	1185	2014	1601
ref. to NO ₂	mg/m ³	1687	1315	1983	1576
	mg/3%O ₂	1705	1769	3008	1601
CO ₂	%	9,9	7,4	6,6	6,6
LOSS	%	29,5	32,2	36,2	32,7
EFF	%	70,5	67,8	63,8	67,3
Ex. Air		1,18	1,58	1,77	1,77

Evsel AAT çamuru gazlaştırma sonrası kül örnekte analizlenen ağır metal değerlerine ait analiz sonuçları Çizelge 5'de verilmektedir. Kül örnekte Ba, Cr,

Cu, Ni, Pb ve Zn değerlerinin diğer ağır metallere göre daha fazla olduğu; ancak, orijinal kurutulmuş örnek ile karşılaştırıldığında bazı ağır metal değerlerinde (Cd, Pb,



Hg) önemli ölçüde azalma olduğu; bazılarında ise artışlar olduğu (Cr, Mo, Ni, Sb) görülmektedir. Ayol vd.

(2017) çalışmasında ise tüm ağır metal değerlerinin kül örnekte daha fazla olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 5. Evsel AAT çamuru kül örneğindeki ağır metal analiz sonuçları

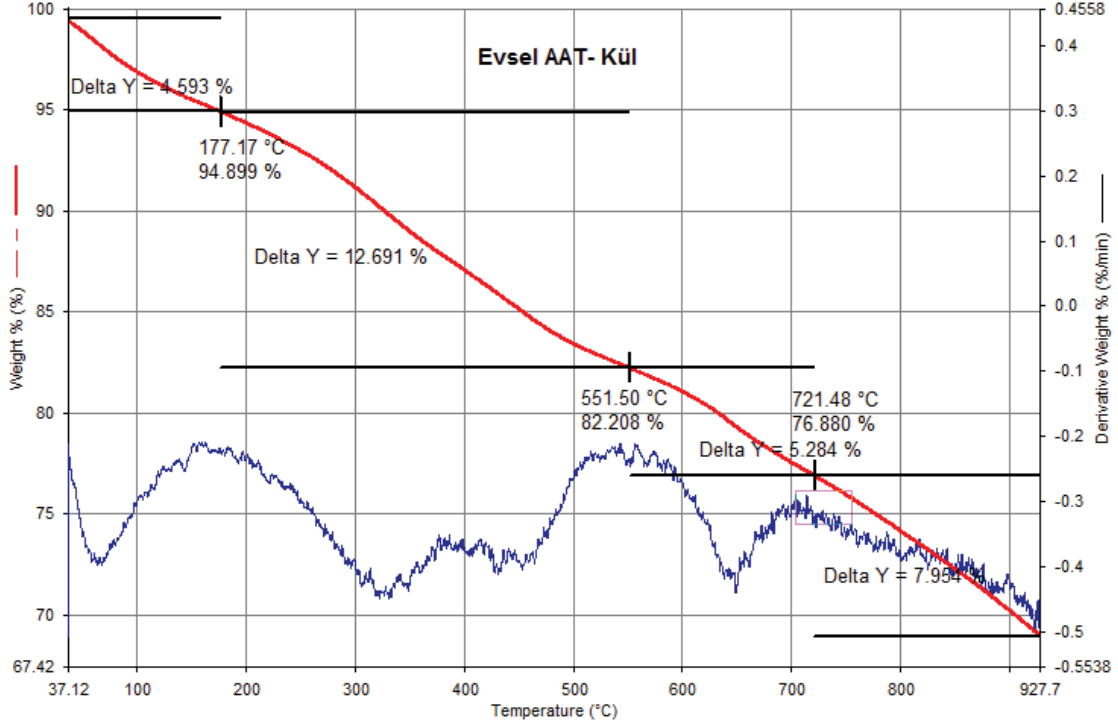
Ağır Metal Değerleri, mg/kg											
Ba	Cd	Cr	Cu	Mo	Ni	Pb	Zn	Hg	Se	As	Sb
318,08	1,01	214,396	186,732	7,58	132,05	42,50	578,20	-	1,37	5,77	0,58

Kül örnekte yapılan elemental analiz sonuçları ile hesaplanan Oksijen değeri Çizelge 6'da verilmektedir. Bu örneğe ait TGA termogramı ise Şekil 7'de gösterilmektedir. En yüksek kütle kaybı 200-500°C arasında %12.69 olarak gerçekleşmiştir. Makale kapsamında sunulmayan kül örneğine ait FTIR ve XRD sonuçları incelendiğinde kül örneğinin orijinal örnek ile benzer FTIR sonuçlarını; XRD ise kül örneğinin ağırlıklı olarak kalsit

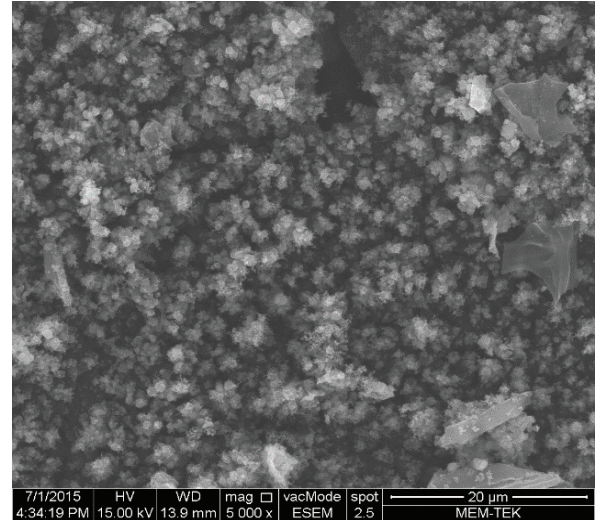
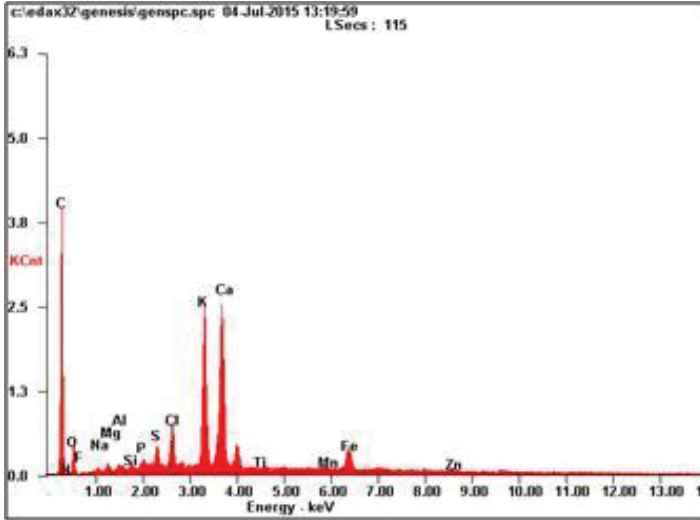
(CaCO₃) içerdiğini göstermiştir. Örneğe ait SEM-EDS analizi sonuçları Şekil 8'de verilmektedir. Bu sonuçlar kül örneğinin ağırlıklı olarak C, Ca, K, P, S, Fe elementlerine sahip olduğunu göstermektedir. Gazlaştırma sonrası elde edilen kül örneği değerli element içeriğiyle toprak iyileştirici olarak veya adsorban madde olarak kullanımı mümkündür. Bu maddenin farklı yararlı kullanım alanları mevcuttur (Spinosa et al., 2011).

Çizelge 6. Evsel AAT çamuru kül örneği elemental analiz sonuçları

Karbon, C	Hidrojen, H	Azot, N	Kükürt, S	Oksijen, O
kuru bazda %ağırlıkça				
52,62	1,98	1,14	1,74	42,52



Şekil 7. Evsel AAT kül numunesine ait TGA sonuçları



Şekil 8. Evsel AAT kül numunesine ait SEM-EDS analizi sonuçları

Gazlaştırma sonrasında camı kalıntı örnekte yapılan analizlere göre KM değeri %99,99, OM değeri ise %0,12 olarak belirlenmiştir. Örnekte pH 11,5

olarak, elektriksel iletkenlik 5,1 mSi/cm olarak okunmuştur. Camı malzemede ve camı malzemeden hazırlanan eluat örneğinde analizlenen ağır metal değerleri

Çizelge 7’de verilmektedir. Orijinal çamur örneğiyle karşılaştırıldığında, çamsı materyaldeki ağır metal değerlerinin çok yüksek olduğu görülmektedir. Çamsı kalıntı ile hazırlanan eluat örneklerinde

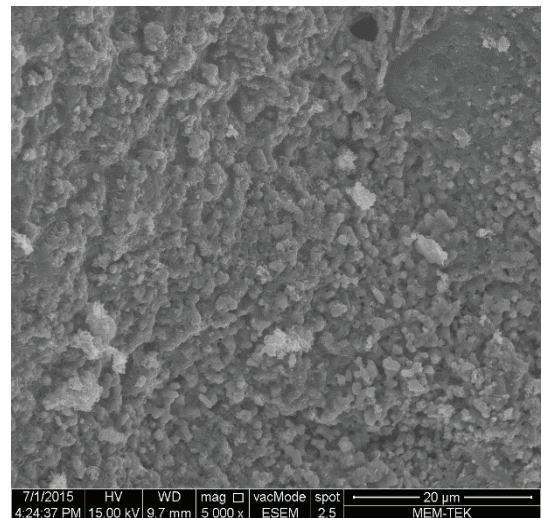
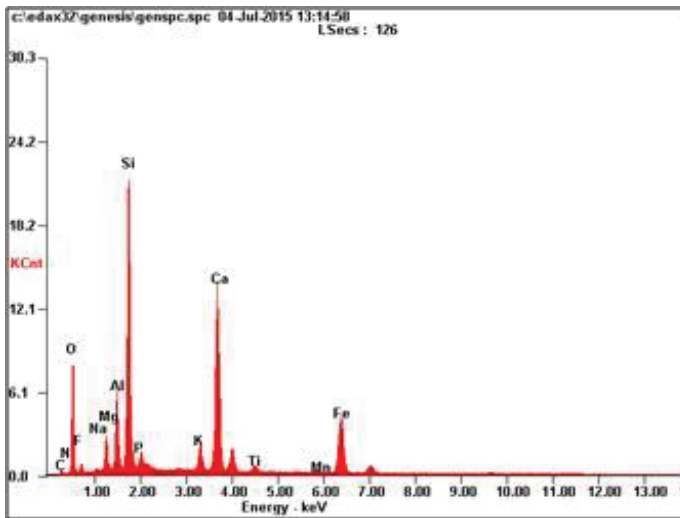
okunan ağır metal değerlerinin çok düşük değerler olması ağır metallerin çoğunlukla çamsı malzeme içerisinde sabitlendiğini göstermektedir. Benzer sonuçlar Ayol vd. (2017) tarafından yapılan çalışmada da gözlenmiştir.

Çizelge 7. Evsel AAT çamsı kalıntı ve eluat örneğindeki ağır metal analiz sonuçları

Evsel çamsı kalıntı Ağır Metal Değerleri, mg/kg											
Ba	Cd	Cr	Cu	Mo	Ni	Pb	Zn	Hg	Se	As	Sb
514,08	1,58	219,632	286,72	3,70	124,18	114,30	802,76	-	0,66	9,23	0,65
Evsel çamsı kalıntı-Eluat Ağır Metal Değerleri, µg/L											
Ba	Cd	Cr	Cu	Mo	Ni	Pb	Zn	Hg	Se	As	Sb
31,79	-	-	16,81	39,74	-	0,01	38,24	-	2,73	23,15	1,6

Çamsı kalıntıda gerçekleştirilen SEM-EDS analizi sonuçları Şekil 9’da gösterilmektedir. Çamsı kalıntıda daha çok Si, Ca, O, Fe, Al

elementleri bulunmuştur. SEM-EDS sonuçları ağır metal analizleriyle uyum sağlamaktadır.



Şekil 9. Evsel AAT çamsı kalıntıya ait SEM-EDS analizi sonuçları



4. SONUÇLAR

Bu çalışma kapsamında evsel nitelikli bir atıksu arıtma tesisinin solar kurutma çıkışıdan alınan arıtma çamurlarının pilot ölçekli aşağı akımlı bir gazlaştırma reaktörü uygulaması ile enerji geri kazanım potansiyelinin ortaya konması irdelenmiştir. Çalışmadan elde edilen bazı sonuçlar aşağıda özetlenmektedir:

- Evsel AAT kuru çamur örneğine ait TGA termogramında üç farklı bölgede ağırlık kaybı gözlenmiştir: nem kaybı, uçucu madde yanma bölgesi ve sabit karbonun yandığı bölge. Termogramda ikinci ağırlık kaybının gözlemlendiği uçucu maddelerin yandığı bölgedeki kayıp %35.7 ve sıcaklık değeri 551.8°C olarak belirlenmiştir.
- Uçucu maddelerin yanması sırasında, elde edilen DTG eğrilerindeki pikler uçucu maddenin maksimum yanma hızının 200-400°C aralığında yaklaşık olarak ise 300°C'de olduğunu göstermiştir.

- Gazlaştırma reaktöründe kurutulmuş evsel çamurun gazlaştırılması sırasında reaktör sıcaklığının 900°C'yi aştığı gözlenmiştir. Elde edilen sentez gazından elektrik motoru vasıtasıyla elektrik üretimi gerçekleştirilmiştir.

- Gazlaştırma sonrasında elde edilen kül kalıntıya ait TGA termogramında en yüksek kütle kaybının 200-500°C arasında %12.69 olarak gerçekleştiği belirlenmiştir.

- Kül örneğinde yapılan SEM_EDS analizi sonuçları kül kalıntının ağırlıklı olarak C, Ca, K, P, S, Fe elementlerine sahip olduğunu göstermiştir. Bu kül kalıntının değerli element içeriğiyle farklı yararlı kullanım alternatifleri bulunmaktadır.

- Camsı kalıntıda ağır metallerin sabitlendiği ve eluat örneğine geçmediği tespit edilmiştir. Bu kalıntının da yapı malzemesi olarak yararlı kullanım alanları bulunmaktadır.



Araştırma sonuçları, bu çamur örneklerinden gazlaştırma teknolojisi uygulamasıyla enerji geri kazanımının mümkün olduğunu göstermektedir.

TEŞEKKÜR

Bu makale, TÜBİTAK-ÇAYDAG 113Y166 nolu “Aritma Çamurlarının Gazlaştırılma Potansiyelinin Belirlenmesi” araştırma projesi kapsamında üretilmiştir. Yazarlar bu çok önemli destek için TÜBİTAK-ÇAYDAG’a teşekkürlerini sunmaktadır.

KAYNAKLAR

Ayol, A., Tezer, Ö., Gürgen, A., 2016, Kentsel Aritma Çamurlarının Termal Özelliklerinin Araştırılması, Çevre Bilim ve Teknoloji Dergisi, 1/2, 27-38.

Ayol, A., Tezer, Ö., Gurgun, A., 2017, Gasification of Yeast Industry Treatment Plant Sludge Using Downdraft Gasifier, Water Science and Technology, wst2017544; DOI: 10.2166/wst.2017.544.

Dogru, M., Midilli, A., Howarth, C.R., 2002, Gasification of Sewage Sludge Using Throated Downdraft Gasifier and Uncertainty Analysis, Fuel Process Technology, 75, 55-82.

Dominguez, A., Menendez, J.A., Pis, J.J., 2006, Hydrogen Rich Fuel Gas Production from the Pyrolysis of Wet Sewage Sludge at High Temperature, Journal of Analytical and Applied Pyrolysis, 77, 127-132.

Fullana, A., Conesa, J.A., Font, R., Martin-Gullon, I., 2003, Pyrolysis of Sewage Sludge: Nitrogenated Compounds and Pretreatment Effects, Journal of Analytical and Applied Pyrolysis, 68-69, 561-75.

Hossain, M.K., Strezov, V., Nelson, P.E., 2009, Thermal Characterisation of the Products of Wastewater Sludge Pyrolysis, Journal of Analytical and Applied Pyrolysis, 85, 442-6.

Inguanzo, M., Menendez, J.A., Fuente, E., Pis, J.J., 2001, Reactivity of Pyrolyzed Sewage Sludge in Air and CO₂, Journal of Analytical and Applied Pyrolysis, 58-59, 943-54.



- Judex, J.W., Gaiffi, M., Burgbacher, C., 2012, *Gasification of Dried Sewage Sludge: Status of the Demonstration and the Pilot Plant*, *Waste Management*, 32, 719-723.
- Karayildirim, T., Yanik, J., Yuksel, M., Bockhorn, H., 2006, *Characterisation of Product from Pyrolysis of Waste Sludge*, *Fuel*, 85, 1498-508.
- Kobayashi, N., Itaya, Y., Sasaki, T., Watanabe, N., *High Temperature Gasification Behaviour of Organic Waste in an Entrained Down Flow Gasifier*, 5.12.2011, IT3 2011, Jacksonville, FL, USA.
- Midilli, A., Dogru, M., Akay, G., Howarth, C.R., 2002, *Hydrogen Production from Sewage Sludge via a Fixed Bed Gasifier Product Gas*, *International Journal of Hydrogen Energy*, 27, 1035-1041.
- Midilli, A., Dogru, M., Howarth, C.R., Ling, M.J., Ayhan, T., 2001, *Combustible Gas Production from Sewage Sludge with a Downdraft Gasifier*, *Energy Convers Management*, 42, 157-72.
- Nilsson, S., Gómez-Barea, A., Cano, D.F., 2012, *Gasification Reactivity of Char from Dried Sewage Sludge in a Fluidized Bed*, *Fuel*, 92, 346-353.
- Nipattummakul, N., Cherdphong, S., Patumasawad, S., Kerdsuwan, S., 2008, *Investigation of Wastewater Sludge Gasification in a 50 kg/h Downdraft Gasifier for Power Generation*, In: *Proceedings of the 5th International Conference on "Combustion, Incineration/Pyrolysis and Emission Control (I-CIPEC 2008)*, Chiang Mai, Thailand, 369-73.
- Nipattummakul, N., Ahmed, I., Kerdsuwan, S., Gupta, A.K., 2010, *High Temperature Steam Gasification of Wastewater Sludge*, *Applied Energy*, 87, 3729-3734.
- Spinosa, L., Ayol, A., Baudez, J.C., Canziani, R., Jenicek, P., Leonard, A., Rulkens, W., Xu, G., Dijk, L., 2011, *Sustainable and Innovative Solutions for Sewage Sludge Management*, *Water Journal*, 3, 702-717.
- Standard Methods (APHA, 2005), APHA, *Standard Methods for the Examination of Water and*



*Wastewater, 20th ed., APHA-
AWWA-WEF, A. D. Eaton, L. S.
Clesceri, and A. E. Greenberg,
eds., 2005.*

*TÜBİTAK, 113Y166 nolu "Arıtma
Çamurlarının Gazlaştırılma
Potansiyelinin Belirlenmesi"
Projesi Final Raporu, Eylül
2015.*



SAMSUN VE ÇEVRESİNDE KURULAN ENERJİ SANTRALLER: ÇEVRESEL ETKİLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Eylül Güven¹, Kübra Küçük¹, Can Asan¹, Senem Üstün², Sema Arıman³, Özcan Çoluk⁴, Özge Zaman Yılmaz⁶, Metin Alkan⁵, Özge Göksu⁶

¹Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Samsun

²DSİ 7. Bölge Müdürlüğü, Samsun

³Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Meteoroloji Mühendisliği Bölümü, Samsun

⁴Atakum Belediyesi, Samsun

⁵Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü, Samsun

⁶Çevre Mühendisleri Odası Samsun Şubesi

Özet: Günümüzde enerji ihtiyacının karşılanmasında; kömür, petrol, doğalgaz, nükleer enerji gibi yenilenemeyen enerji kaynakları ve güneş, rüzgar, dalga enerjisi gibi yenilenebilen enerji kaynakları kullanılmaktadır. Dünya’da büyük ölçüde yenilenemeyen enerji kaynaklarının kullanılması çevre sorunlarını büyük ölçüde arttırmıştır. Fosil yakıtlı santrallerin sebep olduğu çevresel sorunlar; genel olarak hava-su-toprak-besin kirliliği ve ayrıca; CO₂ artışı, iklim değişikliği, sera etkisi, küresel ısınma, asit yağmurları, ozon tabakasının tahribi, deniz kirliliği, ormanların tahribi, çölleşme, hayvan türlerinde azalmadır. Dünya’da son yıllarda iklim değişikliği ile mücadele ve sürdürülebilir kalkınma için, enerji politikalarında Enerji Çevre ilişkisi önem kazanmaya başlamıştır. Bu iki alanın ortaklığı, insanın refahı için enerjinin üretilmesi ve aynı anda da çevrenin korunması temeline dayanmaktadır. Fosil yakıtların; ısınma, sanayi, ulaşım, enerjide kullanılması sonucu atmosfere sera gazı emisyonları verilmektedir. Güneş, dünyaya enerji gönderirken, dünya da kızılötesi radyasyon yayar. Güneş radyasyonunun absorblanma miktarının, dünyanın yaymış olduğu kızılötesi radyasyona eşit olmasına radyoaktif denge denilmektedir. Atmosfer bu özelliği ile seçici absorblayıcıdır yani atmosferin doğal bir sera etkisi vardır. Sera etkisi arttıran CO₂, CH₄, CFCs, halojenler, NO₂, ozon gibi gazlar, dünyanın yüzey sıcaklığını da arttırmaktadır. IPPC (Birleşmiş Milletler’in İklim Değişikliği Paneli)’nin 4. Değerlendirme Raporu’nda “Dünya’da mevcut politika ve önlemlerle devam edildiği takdirde, 2030 yılından önce toplam emisyonların 2000 yılı değerinin % 25 ila 90’ünün üzerinde olacağı” ortaya konmuştur. Rapor, sera gazı emisyonlarının azaltılması için enerji arzında değişim, enerji verimliliğinde artış, temiz yakıtlara geçiş, kojenerasyon, “yenilenebilir teknolojilerin” daha fazla kullanılması ile karbon yakalama ve depolama yöntemlerine başvurulmasını tavsiye etmektedir.

Bu çalışmada, Samsun bölgesi ve çevresinde oldukça fazla miktarda bulunan ve yeni planlanan enerji santrallerinin durumu ve neden olabileceği çevresel etkilerinin değerlendirilmeleri yapılmıştır.



Çok verimli Yeşilirmak ve Kızılırmak gibi Türkiye'nin en verimli ovalarının arasında yer alan Samsun ve çevresinde enerji üretimi amacıyla işletilen veya işletilmesi planlanan termik santraller, hidroelektrik santraller, nükleer santrallerin neden olduğu çevresel etkilerin yanı sıra bölgenin yenilenebilir enerji potansiyeli de ortaya konulmaya çalışılacaktır.

Anahtar Kelimeler: Çevre, Enerji üretimi, İklim değişikliği, Nükleer santraller, Hidroelektrik Santraller, Termik santraller

POWER PLANTS BUILT IN AND AROUND SAMSUN: ASSESSMENT OF ENVIRONMENTAL EFFECTS

Abstract: Nonrenewable energy resources such as coal, petroleum, natural gas and nuclear energy and renewable energy resources such as sun, wind and wave energy are used to meet the energy need today. Using nonrenewable energy resources to a great extent in the world has significantly increased environmental problems. Environmental problems caused by fossil power plants are air-water-soil and food pollution in general and in addition CO₂ increase, climate change, greenhouse effect, global warming, acid rains, destruction of the ozone layer, sea pollution, destruction of forests, desertification and decrease in animal species. Recently the relationship between energy and the environment has begun to gain significance in energy policies for fighting climate change and for sustainable development throughout the world. The association of these two fields depends on the production of energy for the well-being of humans and at the same time environmental protection. Greenhouse gas emissions released given to atmosphere as a result of using fossil fuels in heating, industry, transportation and energy. While the Sun sends energy to Earth, the Earth spreads infra-red radiation. Radioactive balance is the amount of absorption of the Sun's radiation being equal to the infra-red radiation spread by the Earth. With this characteristic, the atmosphere is selective absorber; that is, the atmosphere has a natural greenhouse effect. Gases such as CO₂, CH₄, CFCs, halogens, NO₂, and ozone, which increase the greenhouse effect, also increase the surface temperature of the Earth. In the fourth assessment report of IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change), it has been stated that "in case of following with the existing policies and measures, before 2030, total emissions in the world will be between 25 and 90% higher than the value in 2000". The report recommends methods of changes in energy demand, increases in energy efficiency, transition to clean fuels, cogeneration, more use of "renewable technologies" and carbon catching and storing to decrease greenhouse gas emissions.

This study assesses the state of energy power plants existing in great numbers and the state of those newly planned and the environmental effects they can cause.

In addition to environmental effects caused by steam power plants, hydroelectric power plants and nuclear power plants operated or those which are planned to be operated in and around Samsun which is in-between the most fertile plains of



Turkey such as Yeşilirmak and Kızılırmak, the study will also show the renewable energy potential of the region.

Key Words: Environment, Energy production, Climate change, Nuclear power plants, Hydroelectric power plants, Steam power plants

1. GİRİŞ

Enerji, ekonomik ve sosyal kalkınma için temel girdilerden birisi durumundadır. Artan nüfus, şehirleşme, sanayileşme, teknolojinin yaygınlaşması ve refah artışına paralel olarak enerji tüketimi kaçınılmaz bir şekilde büyümektedir.

Buna karşılık enerji tüketiminin mümkün olan en alt düzeyde tutulması, enerjinin en tasarruflu ve verimli bir şekilde kullanılması gerekmektedir. Çünkü enerji sektöründe;

- Enerji kaynaklarının üretim ve temin maliyeti yüksektir. Enerji projeleri, uzun planlama, gelişim ve yatırım süreleri, yüksek finansman ve gelişmiş teknoloji gerektiren yatırımlardır.
- Petrol ve doğal gaz gibi kalorifik değeri yüksek fosil yakıt

varlığı zaman içinde azalırken, bu kaynakların stratejik önemi yükselecek, bu kaynakların yerini dolduracak yeni enerji kaynakları geliştirilmediği sürece, fiyatları artış eğilimi içine girecektir.

- Enerji kaynakları açısından zengin olmayan ülkemizde, bu alanda halen yüzde 62 düzeyinde bulunan dışa bağımlılık, tüketim gelişirken zaman içinde artacaktır.
- Enerji kaynakları, üretim ve tüketim aşamasında çevreyi olumsuz etkileyen özelliklere sahiptir. Çevresel sorunların giderilmesi ise önemli bir maliyet unsurudur.

Küresel kirlenme uluslararası alanda ortak politikalar oluşturulması gereken konulardan biri haline gelmiştir. Bu nedenlerle, sürdürülebilir bir kalkınma yaklaşımı içinde, ekonomik ve sosyal gelişimi destekleyecek,



çevreyi en az düzeyde tahrip edecek, asgari miktar ve maliyette enerji tüketimi ve dolayısıyla arzı hedef alınmak durumundadır. Günümüzde, kişi başına enerji tüketimi bir gelişmişlik göstergesi olmaktan çıkmış; amaç, kişi başına enerji tüketimini artırmak değil, bir birim enerji tüketimi ile en fazla üretimi ve refahı oluşturmak haline gelmiştir.

Kullanılan enerji kaynakları yenilenebilen ve yenilenemeyen enerji kaynakları olmak üzere ikiye ayrılır. Yenilenemeyen enerji kaynakları; kömür, petrol, doğalgaz ve nükleer enerjidir.

Yenilenebilen enerji kaynakları ise odun, bitki artıkları, tezek, jeotermal enerji, güneş, rüzgar, hidrolik ve gelgit dalga enerji kaynaklarıdır.

Fosil yakıtlar içerisinde petrolün sınırlı rezerve sahip olması, petrol üretiminin 21.yüzyılın ilk çeyreğinden sonra azalan üretim ve artan fiyat nedeniyle düşüş göstereceği, doğal gazın 200 yıl

kadar, kömürün ise 3000 yıl kadar yetebileceği dikkate alınır, kömür en kirletici enerji kaynağı olmasına rağmen yine de en çok ve en uzun kullanılacak bir kaynak olarak kabul görmektedir.

Yenilenebilir enerji kaynakları ise, sürekliliği itibarıyla sürdürülebilir özelliğinden başka, dünyanın her ülkesinde var olabilen özelliğiyle de büyük önem taşımaktadır. Fosil yakıtları esas alan enerji kullanımı; yakıt konusunda dışa bağımlılık, yüksek ithalat giderleri ve çevre sorunları gibi önemli olumsuzlukların yanında, dünya fosil yakıt rezervlerinin hızla tükenmesi nedeniyle yenilenebilir enerji kaynaklarının önemini arttırmaktadır. Diğer taraftan çevresel etkileri, yenilenemeyen enerji kaynaklarına oranla çok azdır.

Yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının, mevcut teknik ve ekonomik sorunların çözülmesi halinde 21. yüzyılda en önemli enerji kaynağı olacağı kabul edilmektedir.



2. ENERJİ VE ÇEVRE

1973 yılında yaşanan petrol krizinden sonra gündeme gelen “enerjini güvenliği” ve “enerjinin çeşitlendirilmesi” kavramlarıyla birlikte yenilenebilir enerjiler enerji yelpazelerinde yer almaya başlamıştır. Bunun yanında çevre bilincinin gelişmesi, fosil kaynakların üretim ve tüketimlerinin, çevre ve doğal kaynaklar üzerinde yerel, bölgesel ve küresel seviyede doğrudan olumsuz etkilere neden oluşunun anlaşılması sonucu atmosferi kirletmeyen temiz enerjilerin destek görmesine neden olmuştur. Enerji verimliliği; enerji tüketiminde önemli indirimleri yaparak, enerjiyi daha idareli ve etkin kullanarak, karbon emisyonlarını azaltmak verimli teknolojilerle emisyon miktarındaki bu etkiyi hızlandırmaktır. Örneğin, karbon emisyonlarından sorumlu olan soğutucuların miktarı 2010 yılında, nüfus artışına paralel olarak artacaktır. Buna rağmen, yeni teknolojiler yardımıyla soğutucular,

daha az enerji kullanıp, karbon emisyon miktarını azaltacaklardır.

Enerjinin etkin ve verimli bir şekilde kullanımı, çevre açısından barışık ve yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı ve iklim değişimi konusunda bir takım politika hedefleri belirlemek konusunda yapılan ilk uluslararası düzenleme; 1990 yılında kabul edilen Birleşmiş Milletler Avrupa Ekonomik Komisyonu Bölgesinde Sürekli ve Dengeli Kalkınmaya İlişkin Bergen Bakanlar Bildirgesi'dir. Belge, enerji kaynaklarının kullanımı ve iklim değişikliği gibi konularda bir takım politik hedefler kapsamının yanında, “ihtiyatlı olmak” ilkesi ile “iklim değişimiyle mücadelede devletlerin ortak ancak farklılaştırılmış sorumlulukları” bulunduğu konusunda ilkelerin kabul edildiği ilk uluslar arası düzenlemedir ve bir dönüm noktasıdır. Bildirge ile üye devletler, enerji verimliliği, yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı, enerji üretim, iletim ve tüketiminde çevresel açıdan uygun



teknolojilerin kullanılması konularını kapsayan “Enerji Etkinliği 2000” programını başlatmayı kabul etmişlerdir.

Enerji verimliliği; enerji tüketiminde önemli indirimleri yaparak, enerjisi daha idareli ve etkin kullanarak, karbon emisyonlarını azaltmak verimli teknolojilerle emisyon miktarındaki bu etkiyi hızlandırmaktır. Örneğin, karbon emisyonlarından sorumlu olan soğutucuların miktarı 2010 yılında, nüfus artışına paralel olarak artacaktır. Buna rağmen, yeni teknolojiler yardımıyla soğutucular, daha az enerji kullanıp, karbon emisyon miktarını azaltacaklardır.

Dünya net elektrik üretiminin aynı dönemde %87 artışla 18,8 trilyon kilovat saatten 35,2 trilyon kilovat saate çıkacağı tahmin edilmektedir. Elektrik üretiminde en büyük pay kömüre aittir. Yenilenebilir kaynaklardan elektrik üretiminde su ve rüzgar enerjisinin kullanımı artış göstermekte ve ekonomik olarak fosil yakıtlarla rekabet edebilmektedir. Aynı

dönemlerde 57 milyar kilovat saat olan dünya jeotermal enerjiden elde edilen elektrik enerjisinin 160 milyar kilovat saate çıkması diğer bir deyişle 2007-2035 yılları arasında %180 oranında artması beklenmektedir. Bu da elektrik enerjisi üretiminde jeotermal enerjisi payının yıllar içinde artacağı anlamına gelmektedir.

Çağımızda dünyanın en önemli sorunları arasında küresel ısınma ve iklim değişikliği yer almaktadır. Küresel ısınma, dünya atmosferi ve okyanuslarının ortalama sıcaklıklarında belirlenen artış için kullanılan bir terimdir. Son yüzyılda normal değerlerinin üzerine çıktığı belirlenmiş ve önlem alınmaması durumunda daha da yükselmesi endişesi oluşmuştur. Sıcaklık artmasının sonuçlarından biri de buğday ve benzeri ana gıda hammaddelerinin üretiminin olumsuz etkilenmesidir ve açlık sorununun büyümesi anlamına gelmektedir. İklim değişikliği ise hava koşullarının istatistiksel dağılımında uzun dönemli



değişiklikler, meteorolojik olaylardaki farklılıklar olarak adlandırılabilir.

Küresel ısınma ve iklim değişikliğinden atmosferdeki sera gazlarının düzeyinin artması sorumlu tutulmaktadır. Sera gazları arasında yer alan karbon dioksit (CO_2), metan (CH_4), nitrus oksit (N_2O), hidroflorokarbonlar (HFC), perflorokarbonlar (PFC) ve kükürt hegzaflorid (SF_6) güneşten gelen radyasyonun yansımını engellemekte ve ısını tutarak yerkürenin normalden fazla ısınmasına neden olmaktadır. Bu gazların arasında nicelik olarak en büyük pay karbondioksite aittir. Sanayi devriminden bu yana emisyonların çok fazla oranda artması nedeniyle doğal mekanizmalar CO_2 uzaklaştırmasına yetmemekte ve bu gazın oranı atmosferde gittikçe artmaktadır. İnsan kaynaklı CO_2 emisyonunun başlıca nedeni enerji üretmek için kullanılan fosil kaynaklardır ve iklim değişikliğinin

baş sorumlusu olarak gösterilmektedir.

2.1. Termik Santrallerin Çevreye Etkileri

Termik santraller en kısa anlatımıyla kimyasal enerjinin, elektrik enerjisine dönüştüğü tesislerdir. Bu tesislerde; katı, sıvı ve gaz halindeki yakıtların kimyasal enerjisi, ısı enerjisine, ısı enerjisi kinetik enerjiye, kinetik enerji de elektrik enerjisine dönüştürülür.

Termik santral reaktöründe toz halindeki linyit kömürünün yanması sonucu kömürde bulunan mineral maddeler yanmayıp uçucu kül olarak reaktörü terk etmektedir. Reaktör çıkışında bulunan elektro filtreler normalde tozların %99,4'ünü arıtabilmektedir. Ancak her termik santralde bakım ve onarım çalışmaları nedeniyle bir ünite devamlı yedekte bekletilir. Uçucu küller baca dumanı ile havaya yayılarak ağırlıklarına ve atmosferik olaylara göre bacadan itibaren belirli mesafelerde yere



çökerler. Bu esnada içerdikleri Co, Cd, Zn, Pb, Cu gibi metal bileşikleri de baca dumanındaki SO₂ ve NO_x gazlarının toksin etkisini artırır ve asit yağmurlarına dönüşmesinde katalizör etkisinde bulunurlar. Yerli linyitlerin kükürt içeriklerinin yüksek ve ısı değerlerinin düşük olması nedeniyle, linyite dayalı termik santrallerden kaynaklanan SO₂ emisyonlarının yüksek olması Hava Kalitesinin Korunması Yönetmeliğinde (HKKY) verilen sınır değerlerin aşılması, önlem alınmasını gerektiren en önemli çevre sorunlarından biri olarak karşımıza çıkmaktadır.

Termik santrallerde kullanılan kömür, cıvanın yanında çok fazla eser element ihtiva eder. Termik santrallerde yanma sırasında eser elementlerin %70'i uçucu küllere geçmektedir. Ancak cıva 200°C de buharlaştığından neredeyse tümü uçucu küllere geçmekte, bu yüzden oluşturduğu toksik etkileri nedeni de göz önünde tutulduğunda termik santral yerleşkelerinde insan ve çevreyi

tehdit eden en tehlikeli eser element olarak nitelendirilmektedir.

Termik santrallerin soğutma sularını deşarj ettikleri su ortamındaki normal sıcaklık derecesi zamanla yükselerek, termik santral kurulmadan önceki doğal halinden farklı yeni bir sıcaklık dengesi oluşur. Sıcaklık sulardaki canlılar ve canlı metabolizması üzerinde hızlandırıcı, katalizleyici, kısıtlayıcı, dondurucu ve öldürücü gibi çeşitli etkilerde bulunur. Sıcaklık aynı zamanda sudaki çözünmüş oksijen konsantrasyonunun azalmasına neden olmaktadır.

Termik santrallerde kullanılmakta olan soğutma suyu pompalarla çekilerek arıtmadan geçirilmekte ve bu sırada geçici sertlik giderimi, çöktürme ve mikroorganizmaların yok edilmesi aşamalarında kimyasal maddeler ilave edilmektedir.

Kullanılan bu kimyasallar soğutma suyunun bir alıcı ortama verilmesi durumunda alıcı ortamda kirliliğe



sebebiyet vermektedir. Ayrıca santral bacasından çıkacak olan kirletici gazların oluşturacağı asit yağmurları da suların pH'ını değiştirebilmektedir. Uçucu küllerde bulunan Fe, Mn, Co, Cu, Zn, Pb, U gibi ağır metaller de zamanla taban sulan vasıtasıyla alıcı ortama varabilmektedir.

Termik santrallerin bacasından çıkan duman bile şenlerinin zamanla yere çökmesi çevresindeki alanlarda toprak kirliliğine neden olabildiği gibi, yanma sonucu linyit kömüründe %35-55 oranında bulunan küller de kül barajında toprak üzerinde depolanarak toprak kirliliği oluştururlar. Ayrıca, kömürün çıkarılması sırasında büyük alanlardan toprağın alınarak kömür olmayan alanlara yığılması da yanlış arazi kullanımına neden olduğu için bir nevi toprak kirliliği sayılmaktadır.

2.2. Hidroelektrik Santrallerin Çevresel Etkileri

Suyun potansiyel gücünden yararlanılarak enerji eldesi son yıllarda enerji açığını karşılamak için başvurulan yöntemlerden birisidir. Bu santrallerin oluşumu ile birlikte birçok çevresel kirlilik meydana gelerek gerek insan sağlığı gerek ekosistem bundan büyük ölçüde etkilenmektedir. Özellikle artan hidroelektrik santralleri ile birlikte doğa ortamına geri verilen suyun sebep olduğu ekolojik bozulmalar bunlardan en önemli sebeplerden biridir. Dünyada sadece küçük HES'lerden üretilebilecek elektrik enerjisinin toplam hidroelektrik üretimi içerisindeki payı %10'u bulur.

Türkiye'de nehir tipi santral potansiyelinin büyük bir bölümünün, Karadeniz, Akdeniz ve Doğu Anadolu bölgelerinin dağlık kesimlerinde yoğunlaştığını ve buna bağlı olarak özellikle Doğu Karadeniz bölgesindeki HES'lerin



sayısının gün geçtikçe arttığı görülmektedir.

Su Kullanım Hakkı Anlaşması Yönetmeliği;

“Şirket, dere yatağının su alma yeri mansabında doğal hayatın idamesini sağlayacak ve bu kesimde su haklarını karşılayacak miktardaki suyu yatağa (cansuyu) bırakacaktır.”

“Ancak, doğal hayatın devamı için mansaba bırakılacak su miktarı projeye esas alınan son on yıllık ortalama akımın **en az %10'u** olacaktır.”

Cansuyu miktarının düşük olması, ekosistem su ihtiyacını gideremeyeceği gibi derelerin su rejiminde de büyük değişiklikler oluşturmaktadır.

2.3. Nükleer Santrallerin Çevresel Etkileri

Nükleer reaktördeki reaksiyonlar fisyon olayının temel denklemlerine dayanır. Reaktör kalbinde, yakıt elemanlarında üretilen ısı enerjisi,

moderatör ve soğutucu kanalıyla reaktör kalbi dışına alınmaktadır. Bu ısı daha sonra buhar elde edilmesinde kullanılır. Bu buhar, türbinleri çevirerek ısı enerjisi mekanik enerjiye dönüştürülür. Türbin miline bağlı jeneratörde ise mekanik enerji elektrik enerjisine dönüştürülerek santralden elektrik sistemine verilir. Nükleer reaktörde 1 watt'lık bir güç üretmek için 3,1 saniyede 1010 adet nükleer parçalanmanın oluşması gerekmektedir.

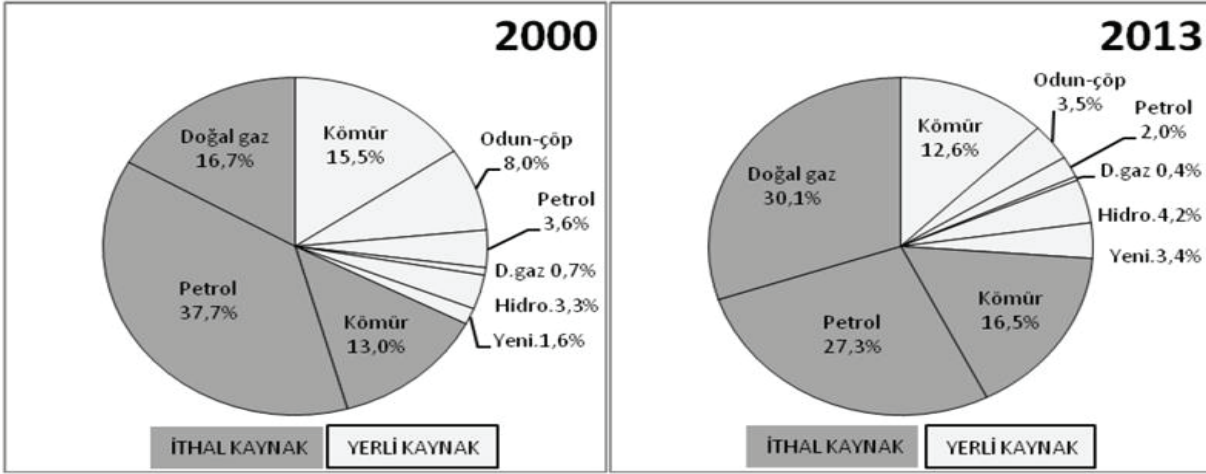
Nükleer Santrallerde kullanılan uranyum ve toryum cevherlerinin çıkarılması ve işlenmesi esnasında düşük ışımalı atıklar yayılmaktadır. Bu atıkların bir bölümünün geçmişte yapı malzemesi olarak kullanılması, bu tür malzemedan yapılmış evlerde barınan insanların, uranyum madencilerinden daha yüksek dozda ışımaya maruz kalmalarına yol açmıştır.

Nükleer santrallerden çevreye olabilecek en büyük etki bir kaza sonucu büyük miktarlarda



radioaktif maddenin çevreye yayılmasıdır. Nükleer Santrallerden yayılan gaz ve sıvı radioaktif atıklar önemli çevre sorunları yaratmaktadır. Ancak, olası kaza durumunda radyasyonun çevreye olan etkileri kazanın şiddetine, reaktörün tipine ve reaktör dış emniyet sistemine göre değişmektedir. Şayet kaza sonucunda çevreye çeşitli radyoizotoplar yayılmışsa su, toprak ve hava alıcı ortamına radyasyonun yayılması, çevre ve insan sağlığını etkilemektedir. Radyoaktif maddelerin (sezyum ve stronsyum) yarı ömürleri uzun olup (28 yıldan fazla) vücuttaki tabi elementlerle kimyasal benzerlikleri bulunduğundan insan vücudunda birikmesi söz konusudur. Örneğin kalsiyumun kemik oluşumunda potasyumun da çeşitli hücre fonksiyonları ile ilişkisi bulunmaktadır. Kimyasal olarak da stronsiyum kalsiyum ile sezyum ise potasyum ile olan benzerliklerinden dolayı bu maddeler alınan besinlerle vücutta birikerek çeşitli kemik hastalıkları ve kemik

kanserine sebep olmaktadır. Radyoaktif serpintiler sonucu toprağın bu atıkları absorblaması ve toprakta yetişen bitkilerin doğrudan yenilmesi veya bunları yiyen hayvanların et ve sütünün besin olarak alınması ile insan vücudunda radyoaktif maddeler birikmiş olacaktır. Yine atmosfere yayılan radyoaktif gazlar bulutlardan ışınlama ile veya gıda zinciri ile insanlara bulaşmakta ve insan sağlığını olumsuz yönde etkilemektedir. Burada önemli olan yakıtın kullanım ömrünün tamamlanmasından sonra ortaya çıkan ve çok yüksek düzeyde ışınma yayan artıkların iyi saklanmaları ve depolanmalarıdır.



Şekil 1. Türkiye Enerji Tüketiminde Kaynak Payları (Tamzok, 2014)

2.4. Samsun ve Enerji Santralleri

Samsun'un elektrik santrali kurulu gücü 3.525 MW'dır. Toplam 14 adet elektrik enerji santrali bulunan Samsun'daki elektrik santralleri yıllık yaklaşık 16.922 GW elektrik üretimi yapmaktadır. Son 12 yılda Samsun'a 6 adet doğalgaz çevrim santrali yapılmıştır. Tekkeköy ilçesine 132 megavat, 243 megavat ve 610 megavat gücünde 3 adet doğalgaz çevrim santrali inşa edilmiştir. Yine Tekkeköy Selyeri

mevkiine 160 megavat gücünde doğalgaz çevrim santrali yapılmıştır. Terme'ye 890 megavat gücünde doğalgaz çevrim santrali kurulmuştur. Ayrıca 700 megavat gücünde Altinkaya barajı, 500 megavatlık Derbent barajı, 69 megavatlık Hasan Uğurlu barajı, 17 megavatlık Suat Uğurlu barajı, 11 megavatlık Samsun barajı, 130 megavatlık Çarşamba barajı Samsun'da faaliyet gösteren hidroelektrik santraller olarak sıralanmaktadır.

**Çizelge 1.** Samsun'da Elektrik Enerjisi Üretimi (www.enerjiatlası.com).

	Tesis Adı	Kurulu güç (MW)	Yakıt cinsi
Samsun	Altınkaya	700	Hidrolik Kapasite
	Derbent	500	
	Hasan Uğurlu	69	
	Suat Uğurlu	17	
	Samsun	11	
	Çarşamba	130	
	Ladik Büyükkızıoğlu HES	0,40	
	Kumköy HES	17	
	Aksa Samsun-Mobil-1	981	Termik Kapasite
	Cengiz Doğalgaz	160	
	Yeşilyurt DG	890	
	OMW	42	
	Samsun Avdan Biyogaz Elk. San.	6	
	Resman Cam Güneş Elk. San.	0,49	

Orta Karadeniz Bölgesinde, EPDK'da ön lisans ve lisans aşamasında olan ya da lisans süreci başlatmadan doğrudan ÇED sürecinde projelendirilen yatırımlara bakıldığında ise Aralık 2014 itibariyle, kömürlü ve doğalgazlı 7 termik santralin sırada olduğu görülmektedir. Bu santrallerin kapasitesi, 1.032 MW'ı doğalgaz santrali olmak üzere toplam 2.992 MW'tır. Ön lisans/lisans/ÇED süreçlerindeki santrallerin toplam gücü 7.730

MW'ı bulmaktadır ki bu bölge tüketiminin yaklaşık 8 katına eşittir. Ayrıca şirketler lisans alıp işletmeye geçtikten sonra da, bazı prosedürleri yerine getirerek kurulu güçlerini artırabilmekte ve yeni üniteler kurabilmektedirler.

Orta Karadeniz Bölgesinin enerji yapısına bakıldığında, bölgenin enerji üretimi açısından önemli bir potansiyele sahip olduğu görülmektedir. Su kaynaklarının yoğunluğu ile hidroelektrik (barajlı)



enerji üretim tesislerinin kapasitesi 2.300 MW olup ülkemizin bu alandaki kapasitesinin %17'sini oluşturmaktadır.

3. SONUÇ

Termik santraller sadece büyük sermaye yatırımı değil aynı zamanda fosil yakıt, su vb. çeşitli doğal kaynaklar gerektiren mega projeler olarak ekosistemde büyük bir stres oluşturmakta ve çevre üzerinde olumsuz etkiler yaratmaktadır. Bu nedenle yadsınamaz zararlarını kontrol etmek ve azaltmak için sıkı devlet normları ve uyulmaması durumunda ciddi cezai yaptırımlarının olması gerekir.

Çevreye zararlı etkileri en aza indirecek sistemlerin maliyet, arıza, doğal afet, ihmal, kasıt, kusur vb. nedenlerle bir an bile devre dışı kalması durumunda; 25 km yarıçaplı alanda SO_x, NO_x ve SPM&RSPM partikül emisyonlarına bağlı olarak insan, hayvan ve tüm canlı yaşam

üzerinde geri dönülmez hasarlara neden olacakları bilinmelidir.

Fosil kaynakların oluşması, ölen canlı organizmaların oksijensiz ortamda milyonlarca yıl boyunca ayrışması sonucunda mümkün olmaktadır. Günümüzde kullanılan kaynakların %80'den fazlası fosil kökenlidir. Bu nedenle gelecek nesillere kalmaması söz konusu olmakta ve sürdürülebilirlik açısından bu hızla tüketimi uygun bulunmamaktadır. Ayrıca CO₂ salınımında başrolü oynamaktadır. Bu nedenlerle yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımına giderek önem verilmesi, araştırılması ve desteklenmesi sonucunda ekonomik duruma getirilmesi, enerji sorununun temiz, güvenilir ve sürdürülebilir çözümü için en uygun yol olarak gözükmektedir.

En önemli çevresel etkiyi Karadeniz bölgesinde yapılması planlanan termik santrallerin kümülatif etkisi yaratacaktır. Sadece en ucuz yatırım ve işletme maliyetini esas alan bir anlayışla termik santral sahalarının yer



seçiminin yapılmasıyla, enerjide dışa bağımlılık pekiştirilirken ülkenin doğal kaynaklarında/varlıklarında, ormanlarında, kıyılarında, akarsularında ve tarım alanlarında geri dönülmez tahribata yol açılmaktadır.

Sonuç olarak bütün tesisler farklı yönleriyle çevre üzerinde olumsuz etkiler yapmaktadır. Ancak insanların hayatlarını devam ettirebilmeleri ve gelişebilmeleri için bu tesislere ihtiyaç vardır. Bu nedenle çözüm, bütün tesislerin ileri teknolojiler kullanarak çevreyi olumsuz yönde minimum seviyede etkileyecek ve ekolojik dengeyi bozmayacak önlemlerin alınmasıyla kurulmasıdır.

KAYNAKLAR

Algan, N., 2001, *Enerji ve Çevre Etkileşimi Konusunda Uluslararası Tüzel Düzenlemeler ve Türkiye, Türkiye 3. Enerji Sempozyumu, "Küreselleşmenin" Enerji Sektöründe Yapısal Değişim Programı ve Ulusal Enerji*

Politikaları, 5-6-7 Aralık, Ankara, 263-277.

Büyükmihci, M. K., 2003, *Yenilenebilir Enerji Kaynakları Avrupa Birliği Ülkelerindeki Uygulamalar ve Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Tarafından Hazırlanmakta Olan Kanun Tasarısı Taslağı Çerçevesinde Planlanan Önlemler, Yeni ve Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu, TMMOB, 3-4 Ekim Kayseri, 15-22.*

Devlet Planlama Teşkilatı (DPT), *Uzun Vadeli Strateji ve Sekizinci Beş Yıllık Kalkınma Planı 2001-2005, Haziran, 2000.*

Dr. Nejat Tamzok, 2014. http://enerjigunlugu.net/enerjide_yerli-kaynak-sorunu

Egemen. E, Yurteri. C., 1994, *Kömür Yakıtlı Termik Santrallardan Kaynaklanan Uçucu Küllerin Çevresel Etkileri, Türkiye 6. Enerji Kongresi Otu Rum Tebliğleri 2, İzmir, 269-284.*

<http://www.enerjiatlası.com/sehir/samsun/>

<http://www.epdk.org.tr/>

International Energy Outlook, 2010. <http://www.eia.doe.gov/oiaf/ieo/highlights.html>



*TMMOB 2015, Terme Termik Santral
Raporu.*



TARIMSAL ATIKLARDAN MANYETİK KATKILI BİYOÇAR ELDESİ VE KULLANIM ALANLARI

Ayşenur Çolak, Semra Çoruh

Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü

aysenrcolak28@gmail.com

Özet: Türkiye’de tarımsal üretimden sonra geriye kalan atıkların büyük bir bölümü doğrudan yakılarak değerlendirilmekte ya da tarlada bırakılmaktadır. İşlenmemiş hayvansal ve çiftlik atıklarının tarımsal arazilere uygulanması ile atık içinde bulunan zararlı maddeler tarım toprağının verimliliğini düşürmekte ve yeraltısuyu kirliliği veya hava kirliliği gibi çevresel kirliliğe sebep olmaktadır. Tarımsal atıklar bazı fiziksel ön arıtmadan geçirildikten sonra termokimyasal ve biyokimyasal yöntemlere tabi tutularak biyoçar elde edilir. Son yıllarda, biyokütleden manyetik biyoçar’ın üretimi ve manyetik nano materyallerin geliştirilmesiyle ilgili çalışmalar artmış bulunmaktadır. Mıknatıslı biyoçar çeşitli üretim yöntemleri ile yüksek yüzey alanlı ve önemli morfolojiye sahip iyi bir manyetik özellik sergilemektedir. Bu çalışmada manyetik biyoçar, çeşitli atık su arıtmalardan adsorban olarak göze çarpan bir uygulama göstermektedir. Atık su arıtımında ve seçilen polimer ile birlikte manyetik biochar’ın çeşitli üretim yöntemleriyle (Piroliz, birlikte çökeltme, kalsinasyon) kapsamlı bir araştırma sunmaktadır.

Anahtar Sözcükler: Biyoçar, Manyetik biyoçar, Piroliz, Tarımsal atıklar

MAGNETIC ADDITIVE BIOCHAR DERIVED FROM AGRICULTURAL WASTE AND USAGE AREAS

Abstract: In Turkey, most of the wastes left after agricultural production are directly burned or dumped in an open landfill. The application of untreated animal and farm wastes to agricultural land reduces the efficiency of agricultural land and causes environmental pollution such as groundwater contamination or air pollution. The agricultural waste materials require some physical pre-treatment, for example to separate components, dry, chop, and pelletise. Then, the processing either follows a thermochemical or biochemical pathway. Recently, the development of magnetic biochar from biomass and prospect developing magnetic nano-materials have attracted many researchers. Magnetic biochar has a good magnetic property with high surface area and important morphology with various production methods. In this study, magnetic biochar showed an extensive application as an adsorbent from various wastewater treatments. Also, this study provides comprehensive research in wastewater treatment and in combination with selected polymers for various production methods of magnetic biochar (pyrolysis, co-precipitation, calcination).



Keywords: Biochar, Magnetic biochar, Pyrolysis, Agricultural wastes

KISALTMA VE SEMBOLLER

GW	Gigawatt
MJ	Megajoule
PJ	Pascaljoule
Nm	Newton metre
Y-Fe₂O₃	Manyetik demir(III)oksit
MPB	Modifiye edilmiş çam biyoçarı
EC	Elektriksel İletkenlik
EBC	The european biochar certificate
IBI	International biochar initiative
MBC	Manyetik biyoçar kompoziti
BET	Brunauer, Emmet ve teller

1. GİRİŞ

Dünyadaki fosil yakıt rezervlerinin sınırlı ve bunların yakın bir gelecekte tükenecek olması, yenilenebilir enerji kaynakları arayışını hızlandırmıştır. Enerji üretimi ve kullanımı sırasında yaşanan çevre sorunları, eski teknolojilerin terk edilmesinin temel nedenlerinden biridir. Kömür, petrol ve doğalgaz santrallerinin kuruldukları bölgede yerel olarak tahribatları yanında küresel olarak tüm dünyayı tehdit eden etkileri de

bulunmaktadır. Fosil yakıtlar yakıldığında atmosfere yayılan karbon dioksit, kükürt dioksit, azot oksit, toz ve kurum yakın çevreyi kirletip ölümlere yol açarken, karbon dioksit ve benzeri sera gazları küresel iklim değişikliğine yol açmakta ve tüm dünya ülkelerinde yaşamı tehdit etmektedir (Türk vd., 2016).

Yüzyıllardır geleneksel ve ağırlıklı olarak evsel ısıtmada kullanılan biyokütle, gelişen enerji teknolojileri sayesinde ulaşımda



elektrik üretiminde kullanılmaya başlanmış ve biyokütle yatırımlarına verilen kamu teşvikleri ile de hızlı bir gelişim dönemine girmiştir. Dünya toplam birincil enerji arzının yaklaşık %10'unu oluşturan biyokütle, ısıtma ve ulaşımdaki kullanımının yanı sıra, elektrik üretimi amacıyla da kullanılmaktadır. Elektrik üretiminde biyokütle enerjisi, yenilenebilir enerji kaynakları arasında rüzgardan sonra ikinci sırada gelmekte, güneş enerjisine dayalı üretim ise üçüncü sırada gelmektedir (GTHB, 2018; Özçimen, 2007).

Biyokütlenin havasız veya inert ortamda ısı bozunmaya uğratılması sonucu enerji içeriği yüksek fosil yakıtlara alternatif katı, sıvı ve gaz yakıtlar üretilebileceği gibi farklı kullanım amaçlarına sahip karbonca zengin değerli malzemelerin de eldesi gerçekleştirilebilir. Dünya üzerinde yer alan biyokütlenin yaklaşık %90'ı ormanlarda bulunmakta ve dünya ormanlarının yıllık net

biyolojik üretimi yaklaşık 50x10¹⁹ ton olarak tahmin edilmektedir. Türkiye zengin tarımsal potansiyeli ile gelişmekte olan bir ülkedir ve bu potansiyelinden dolayı tarım alanlarından büyük miktarlarda tarımsal atık çıkmaktadır. Toplam tarımsal atık miktarı kuru baz da yaklaşık olarak 40 - 53 milyon ton olarak hesaplanmıştır. Tarımsal atıkların ortalama enerji eşdeğeri 17.5 MJ olduğu için tarımsal atıkların yıllık enerji eşdeğeri 470 PJ ile 620 PJ arasında değişmektedir (Karakaş, 2013).

Son yıllarda biyokütleden manyetik biyoçarın üretimi ve manyetik nano materyallerin geliştirilmesi olasılığı artmıştır. Mıknatıslı biyoçar çeşitli üretim yöntemleri ile yüksek yüzey alanlı ve önemli morfolojiye sahip iyi bir manyetik özellik sergilemektedir. Yüksek karbon içeriğine sahip olan biyoçar atık geri kazanımı, toprak ıslahı ve enerji üretimi gibi alanlarda kullanılmaktadır (Onarji and Sieoman, 1993).

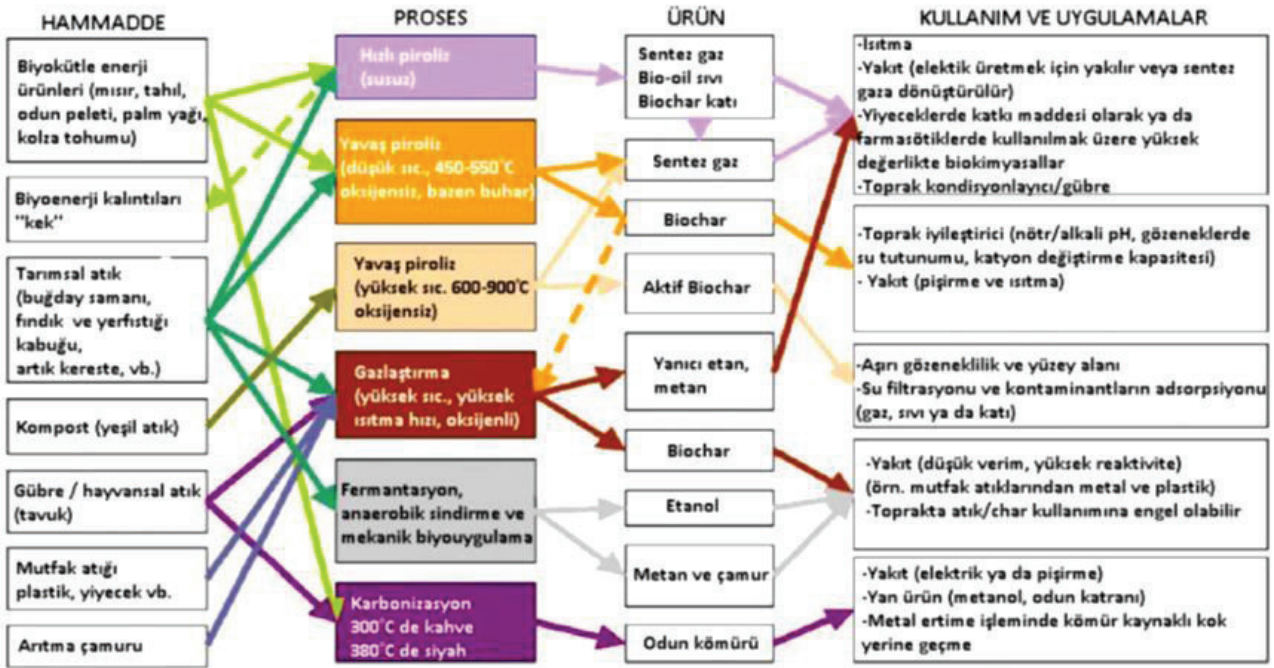
2. KULLANILAN YÖNTEMLER

2.1. Karbonizasyon İşlemi

Biyokütlenin havasız veya inert ortamda termal bozundurulmaya uğratılması sonucu karbonca zengin ürün eldesi işlemidir. Karbonizasyon sonucu oluşan

reaksiyon ürünleri 3 gruba ayrılabilir (Blasi, 2018).

- Kalıcı gazlar (CO_2 , CO , CH_4 , H_2 ve C_2 hidrokarbonları)
- Pirolitik Sıvı (bio-oil/tar)
- Char



Şekil 1. Karbonizasyon katı ürünü kullanım ve uygulama alanları (Onarji and Sieomans,1993).

2.2. Gazlaştırma

Karbon içeren katı veya sıvı bir malzemenin bir gazlaştırma ajanı ile yanabilir gaz ürünlere termokimyasal dönüşümüdür. Biyokütle oksijensiz ortamda 800-

900°C ye ısıtılır. Bu proses sonucunda elde edilen gaz sentetik gazdır (syngaz). NO_x ve SO_x gibi kirleticilerin salım miktarı daha azdır (Onarji and Sieomans, 1993).



2.3. Piroliz

Organik maddelerin oksijensiz ortamda ısıtılarak gaz, katı veya sıvı ürünlere ayrılması (bozundurulması) işlemidir. Pirolizde teorik olarak gerekli ısı miktarı, organik maddenin kimyasal yapısını bozacak ve yeni kimyasal maddelerin oluşumunu sağlayacak düzeyde olmalıdır. Isıl bozundurma işlemi katı yakıt açısından değerlendirildiğinde “karbonizasyon”, gaz ve sıvı yakıt açısından değerlendirildiğinde ise “piroliz” olarak bilinir. Piroliz, hemen her türlü organik maddeye uygulanabilen bir teknolojidir. Yenilenebilir enerji kaynakları arasında, her yerde yetiştirilebilmesi, sosyoekonomik gelişme sağlama, çevre korunmasına katkısı, elektrik üretimi, kimyasal madde ve yakıt eldesi gibi nedenlerle biyokütle piroliz işlemi için son derece uygundur. Mısır ve buğday gibi özel olarak yetiştirilen enerji bitkileri, otlar, denizdeki algler ve

yosunlar, evsel, bitkisel atıklar, hayvan dışkıları, gübre ve endüstriyel atıklar biyokütleyle verilebilecek örnekler arasındadır (Thines et al., 2016).

3. BİYOÇAR

Karbonizasyon işleminde, biyokütle havasız veya inert ortamda termal dekompozisyon işlemine uğratarak karbonca zengin ürünler elde edilir.

Karbonizasyon işlemi sonucu elde edilen katı ürün char(çar), karbon içeriği yüksek katıdır. Enerji kaynağı olarak kullanımlarının yanı sıra, biyoçarlar son yıllarda tarım amaçlı olarak da kullanılmaktadır. Gıda ihtiyacı dolayısıyla tarım, insan hayatında vazgeçilmez alanlardan birisidir. Çam, mısır koçanı, pamuk ağacı ve kitosan gibi tarımsal atıklar biyoçar üretiminde önemli bir yere sahiptir (Brown, 2018).

3.1. Manyetik Katkılı Biyoçar

Manyetik biyoçar Dünya pazarındaki mevcut ürün ve



teknolojide hızlı artış ve sürekli büyüme biyoçarın uygulamasında karşılaşılan zorluklara yeni bir alternatif oluşturmuştur. Manyetik malzemeler genellikle metalik Demir gibi manyetik ortam sağlayabilen tuz, klorür heksahidrat, demir sülfat hepta hidrat, mangan oksit tetrahidrat ve mangan sülfat hidrattır ve manyetik materyallerin optimum

performansı 10-20 nm aralığında bir partikül boyutuna sahiptir (Thines et al., 2016).

3.1.1. Manyetik Biyoçar Üretimi ve Üretilen Materyalin Karakteristiği

Çizelge 1'de çeşitli bitkilerden farklı yöntemlerle biyoçar eldesi ve manyetik katkı biyoçarın özellikleri verilmiştir.

Çizelge 1. Üretilen manyetik katkı biyoçarın karakteristiği (Thines et al., 2016).

HAM MADDE	REAKTİF	MANYETİK BİYOÇAR	ÇALIŞMA KOŞULLARI	MANYETİK BİYOÇARIN KARAKTERİSTİĞİ
ÇAM	α -Fe ₂ O ₃ doğal hematit materyali	hematit modifiye edilmiş biyoçar	N ₂ altında bir pik fırınında 600 ° C'de bir saat ısıtılır.	Manyetik biyoçar, BET yüzey alanı değeri 193.1 m ² /g, manyetik olmayan biyoçar ise BET yüzey alanı değeri 209.6 m ² olduğu görülmüştür. BET yüzeyinde küçük bir azalma, bir mıknatıslanma sonrası hematitin biyoçarın açılmasını engellediği kanıtlanmıştır. Manyetik biyoçar yüzeyinde stabilize edilmiş küçük agrega/parçacıklar gözlenmiştir. Manyetik biyoçarların daha fazla ağı oldukları ve manyetik özellikler sergiledi.
KAVAK	Demir klorit hegzahidrat, FeCl ₃ .6H ₂ O	Kavak biyoçar / Fe ₂ O ₃	Biyokütle, FeCl ₃ çözeltisine 2 saat daldırıldı ve 80 ° C'de 2 saat süreyle kurutulduktan sonra biyokütle karışımı bir fırında 600 ° C'de N ₂ akışı ile 1 saat süreyle piroliz edildi. Biyokütle 3 saat boyunca FeCl ₃ çözeltisine daldırıldı ve 80°C'de kurutulduktan sonra karışım 600 ° C'de 1 saat süreyle N ₂ akışı ile piroliz edildi.	Biyokütle/ γ -Fe ₂ O ₃ kompozitinin iyi ağılları halleri üretilmiştir. Manyetik biyoçar sayesinde dar ve gözenekli bir morfolojiye sahip olduğu görüldü. Biyoçarın yüzeyinde kübik oktahedral şeklide γ -Fe ₂ O ₃ parçacıklarının formasyonu gözlemlendi. Manyetik biyoçar, MS ile ferro manyetik özellikler sergiledi.
ÇAM AĞACI BİYOÇAR	FeCl ₃ demir korür	Karbon kapsüllü demir parçacıkları	1 litre/ dakika akış hızındaki bir argon akımlı fırında 1000 °C'de 20°C/dakika aralık hızında piroliz edildi.	Manyetik biyoçar ve manyetik olmayan biyoçar verimi sırasıyla %56.3 ve %43.7 bulundu. Manyetik olmayan biyoçar, amorf bir morfolojiye sahiptir. Fe parçacıkları, iyi hızlanmış ve çok katlı grafitik kabuklar tarafından kapsüllendi. uzun ve sıkıştırılmış çok katmanlı grafitik karbür yapılar bu Fe parçacıkları etrafında gözlenmiştir.



PALMIYE AĞACI	FeCl ₃ 6H ₂ O ve ZnCl ₂	Fe ₃ O ₄ yüklü hidrokarbon manyetik biyoçar	500°C ile 800°C arasında değişen N ₂ akımı altında 1litre/dak. 30 dakika süreyle piroliz edildi.	MPB, 463.1 m ² / g'lık yüksek BET yüzey alanı ile üretildi. Ve toplam gözenek hacmi 0.022 cc / g (En yüksek BET yüzeyi alanı 1110 m ² / g ve toplam poroz hacimi 0.632 cm ³ / g manyetik biyoçar elde edildi. Manyetik biyoçarın doyum mıknatıslanma değerleri Sıcaklık arttıkça 6.40-14.98 emu / g Manyetik biyoçarın Yüzeyde küresel γ-Fe ₃ O ₄ ilavesiyle oldukça gözenekli yüzeyi üretildi.
---------------	--	---	---	--

3.1.2. Manyetik Katkılı Biyoçar'ın Toprakta Kullanımına ait Literatür Çalışmaları

Lonardo vd. biyoçarın ortamdaki etileni absorblayarak, 2 beyaz poplar klon filizinin kök uzamasını sağladığını bildirmiştir. Deneyde, 2 beyaz poplar klon filizi kesilmiş ve kültürleme sırasında etilen üretimi gerçekleşmiştir. Kök gelişimleri 24 karşılaştırıldığında, biyoçar içeren ortamda, biyoçar içermeyen ortamdakine göre, ortamdaki etilen konsantrasyonu absorplanarak daha fazla kök gelişimi olduğu saptanmıştır. Türkiye'de yapılan bir çalışmaya göre; orta bünyeye sahip bir toprağa farklı dozlarda ilave edilen domates hasat atıklarının 500°C'de yavaş piroliz edilmesi ile hazırlanmış biyoçar materyallerinin, nitrat (NO₃⁻) ve amonyum (NH₄⁺) yıkanmalarına etkinlerini test etmek için

yapılmıştır. Üç farklı biyoçar dozu (%1, %3 ve %6) ve kontrol uygulamalarını kapsayan 3 tekerrürlü yıkama çalışmaları, 35 cm uzunluğundaki PVC borularında yapılmıştır. Şeker pancarının 60 ton ha⁻¹ verimi için kullanılan toplam azot (240 kg N ha⁻¹) ve su miktarları (875 mm) uygulanmıştır. Toplam su, altı defa da damla şeklinde verilmiştir. Her sulama döneminde sızan su toplanmış ve NO₃⁻ ve NH₄⁺ konsantrasyonları ile pH ve elektriksel iletkenlik (EC) değerleri için analiz edilmiştir. Yapılan istatistiksel değerlendirme sonucunda, sızan suyun NO₃ konsantrasyonu açısından uygulamalar arasında önemli farklılık olmasına rağmen, NH₄⁺ yıkanmasına uygulamaların etkisi önemsiz bulunmuştur. Nitrat yıkanmasını en fazla azaltan uygulama, kontrole göre %34.5



daha az olan %3 biyoçar olmuştur. Yıkamalar sonunda kolonlarda en yüksek nitrat konsantrasyonuna sahip uygulama 9532 mg kg^{-1} ile %6 dozunun olduğu uygulamadır. En düşük NO_3^- konsantrasyonu ise 6950 mg kg^{-1} ile %0 dozu ile kontrollerdir. Çalışma sonuçları, biyoçar uygulamaları ile azotun (özellikle NO_3^-) kök bölgesinde daha uzun süre yıkanmadan tutunabileceğini göstermiştir (Duku and Gua, 2011).

Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı Tarımsal Araştırmalar Politikalar genel müdürlüğü, 2016 yılında düzenlediği Bitki Besleme ve Toprak Araştırmaları Programında sunulan Projede Tokat-Kazova koşullarında ayçiçeği-buğday rotasyonunda uygulanan fosforik asitle zenginleştirilmiş / zenginleştirilmemiş iki biyoçar materyalinin ürün verimi ve toprak kalitesine etkisini ortaya koymaktır. Bölgede geniş alanlarda yetiştiriciliği yapılan domates ile ayçiçeği hasat atıkları biyoçar

hammaddesi olarak kullanılmıştır. (GTHB, 2018).

Deneme deseninde oluşturulacak parsellere iki farklı biyokütlenin 500°C 'de piroliz ile üretilen, fosforik asit ile zenginleştirilmiş ve zenginleştirilmemiş biyoçarların 4 farklı dozu (0, 2, 4 ve 8 ton/ha) uygulanacaktır. Çalışma 2017-2020 yıllarında Orta Karadeniz Geçit Kuşağı Araştırma Enstitüsü arazisinde dört yıl süre ile çakılı olarak yürütülecektir. Projede ekim nöbeti buğday, ayçiçeği buğday ayçiçeği şeklinde planlanmıştır. Proje süresince yapılacak yaygınlaştırma faaliyetleri ile biyoçar kullanımının yaygınlaşması ile sürdürülebilir toprak yönetimi ve verim artışının sağlanmasının yanında çevre kirliliğinin azaltılmasına katkı sağlamak projenin hedefleri arasındadır (Türk vd., 2016).



4. MANYETİK KATKILI BİYOÇARIN SOSYAL, ÇEVRESEL VE EKONOMİK FAYDALARI

4.1. Toprak İyileştirici Faydaları

Biyοçar;

- Toprakta uzun süre kalabildiği için gübre ihtiyacını %10 oranında azaltmakta ve gübreden tasarrufu sağlamaktadır.
- Toprakta yer alan karbonun uzun süre tutulmasını sağlamaktadır.
- Toprak asitliğini gidererek pH değerini yükseltmektedir.
- Toprağı canlandırmakta, yararlı mantar hiflerini artırmakta ve toprak yapısını düzenlemektedir.
- Toprakta yer alan besinlerin tutulmasını sağlamaktadır.
- Toprağın su geçirgenliğini artırmakta, daha iyi havalanmasını sağlamakta, kuraklığı önlemekte ve güneş enerjisinden daha çok yararlanmayı sağlamaktadır (Karakaş, 2013).

4.2. Biyoçar'ın Bitkisel Üretime Faydaları

Biyοçar;

- Bitki büyümesini hızlandırır, toprak emisyonuna katkı sağlar. Bitkisel üretim yapan çiftçiler ve tesisler için pazara erken giriş avantajı sağlamaktadır.
- Toprak verimliliğini artırdığı için birim alanda daha fazla ürün elde edilmesini sağlar (%20-120 oranında).
- Toprakta yabancı otların çıkışını engellemekte, bitkisel ürünün dayanıklılığını, kalitesini artırmakta ve homojen ürün deseni oluşturmaktadır (Karakaş, 2013).

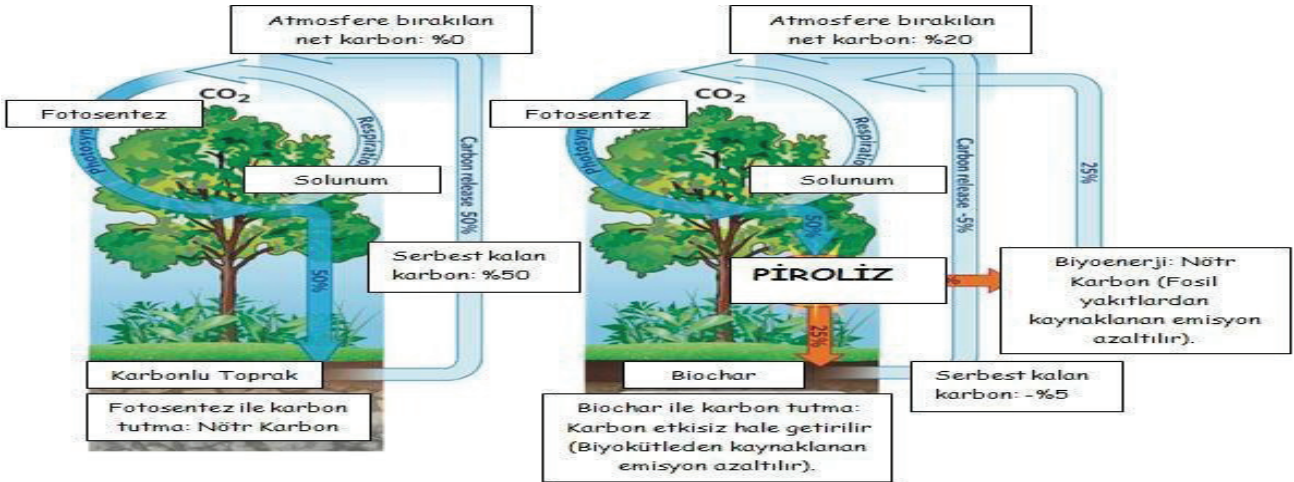
4.3. Biyoçar'ın İklim Değişikliğine Faydaları

İklim değişikliği, bugün dünyamızın yüzleştiği en önemli sorunlardan biridir. Karbondioksit, metan ve nitrikoksit gazları, organik maddelerin dekompozisyonunun yanısıra, fosil ve biyokütle yakıtlarının yanması ile açığa çıkan en önemli antropojenik sera



gazlarındandır. Bazı emisyonların önüne geçilemese de, karbondioksit atmosferden uzaklaştırılabilir. Bunun için uygulanacak stratejide, karbon tutumu uzun dönemli, uygulanacak proses açık bir şekilde anlaşılmalı ve düşük risk içerecek nitelikte olmalıdır. Biyoçar tüm bu spesifikasyonları karşılayan bir terimdir.

Karbonizasyon, orijinal biyokütlenin içerdiğinden 2 kat daha fazla karbon içeriği ile ağaç, ot ve tarımsal kalıntıları biyoçar formuna dönüştüren bir teknolojidir. Biyoçar toprakta yüz hatta binlerce yıl kalarak, karbon dioksit emisyonlarını uzun dönem tutar. Atmosfere karbon eklenmesini negatif hale getirmektedir. Toprakta azot oksit ve metan emisyonları üzerine etkili olması,



Şekil 2. Biyoçar ile atmosferden karbondioksit uzaklaştırması (Lehman,2007).

Ayrıca biyoçar;

- Biyoçar, yenilenebilir kaynaklar, azalan toprak verimi ve temiz enerji, iklim değişikliği gibi dünyanın en kritik sorunlarına yeni

bir heyecan kazandıran benzersiz bir çözümdür.

- Kyoto protokolünde ülkelere artı puan kazandırması ise bir diğer önemli bilgidir.

- Finanse edilmesi kolaydır.



- Akaryakıt, elektrik ya da diğer enerji kaynakları için katkı sağlayabilmektedir.
- Yabancı enerji kaynaklara daha az bağımlılık sağlamaktadır.
- Ağaçlandırma çalışmaları ile birebir çalışılabilmektedir.
- Biyoçar üretiminde organik ve inorganik birçok atık kullanılabilir (Dutta, 2007).

5. DEĞERLENDİRME VE SONUÇ

Biyoçar ile ilgili Avrupa'da The European Biochar Certificate (EBC) ve International Biochar Initiative (IBI) olmak üzere önemli iki organizasyon bulunmaktadır. Her iki organizasyon da biyoçar üretiminden, biyoçar özellikleri ve kalitesi ile ilgili ölçütler belirlemişse de bu metodlar AB içinde herhangi bir ülkede ve Türkiye'de ulusal mevzuata henüz yansımamıştır. Diğer yandan, dünyanın birçok ülkesinde olduğu gibi ülkemizde de biyoçarın çeşitli araştırmacılar tarafından rapor edilen yararları bilim insanları tarafından bilinmekte ve izlenmektedir. Ancak, toprak verimliliğinin ve toprakların

organik madde içeriğinin iyileştirilmesi amacıyla hizmet eden bir ürün olarak biyoçar, bitkisel üretim faaliyetleri içerisinde bulunan kişiler ve kurumlar tarafından henüz yeterince tanınmamaktadır (Boztepe ve Karaca, 2010).

Biyolojik atıklardan biyoçar üretimi ve toprağa uygulanmasının önemi üzerine farkındalığın artacağı dikkate alındığında, yüzölçümünün yarısından fazlası tarım ve orman alanlarından oluşan (%58) ve dolayısıyla yüksek biyokütle potansiyeline sahip olan ülkemizde, biyoçar üretimi ile ilgili çözümlere olan gereksinim ve taleplerin hızla artacağı öngörülmektedir. Sadece tarımsal ve hayvansal atıkların değerlendirildiği çalışmada ülkemizde bu amaç için kullanılabileceği gerçekçi yaklaşımlar ile belirlenen biyoçar üretim potansiyelinin, ülkemizin sahip olduğu tarım arazilerinin tamamına uygulama için yeterli olmadığı görülmüştür. Ancak



Türkiye’de tarım işletmelerinin biyoçar üretme ve uygulama girişimlerinin, oluşacak farkındalık ile doğru orantıda artacağı düşünüldüğünde, belirlenen potansiyelin gelecek yılları kapsayan süreç içerisinde yeterli olacağı öngörülebilir.

Türkiye’de biyoçar üretimine konu olabilecek tarımsal ve hayvansal atık potansiyelinin %77’sinin hayvansal üretim atıkları kaynaklı olduğu belirlenmiştir. Ülkemizde katı atık yönetimi kapsamında yürütülmüş araştırmalar, hayvan gübresinin yanlış uygulamalar ile toprak verimliliğine ve çevreye verdiği zararlar ortaya konulmuştur. Tarımsal ve özellikle hayvansal atıklar kaynaklı biyokütlenin biyoçara dönüştürülmesine yönelik çözüm odaklı çalışmaların yürütülmesi, ülkemizde genellikle sorun olarak görülen bu atıkların geri kazanımı ve yararlı hale dönüştürülmesine katkı sağlayacaktır (Boztepe ve Karaca, 2010).

KAYNAKLAR

- Blasi, C.D., 2008, Modeling Chemical and Physical Processes of Wood and Biomass Pyrolysis, Progress in Energy and Combustion Science, 34, 47-90.*
- Boztepe, E., Karaca, A., 2010, Yenilenebilir Enerji Kaynağı Olarak Tarımsal Atıklar, Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak bölümü, Ankara.*
- Brown, R.C., 2008, Biochar Production Technology, Center for Sustainable Environmental Technologies, Department of Mechanical Engineering, Iowa State University.*
- Duku, M.H., Gua, S., Haganb, E.B., 2011, Biochar Production Potential in Ghana: A Review, Renewable and Sustainable Energy Reviews, 15, 3539-3551.*
- Dutta, A., 2007, Bio-Energy, MDG’s and Global Sustainability, A Training Workshop on Technology and Management, Asian Institute of Technology, Pathumthani, Thailand.*
- Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı Tarımsal Araştırmalar ve Politika Genel Müdürlüğü 2016 yılı Değerlendirme Toplantıları, Bitki*



- Besleme ve Toprak Araştırmaları Program ve Proje Özetleri-28 Şubat 2018-5 Mart 2016, Antalya.*
- Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı Tarımsal Araştırmalar ve Politika Genel Müdürlüğü 2016 yılı Değerlendirme Toplantıları, Bitki Besleme ve Toprak Araştırmaları Program ve Proje Özetleri-28 Şubat 2018, Antalya.*
- Karakaş, C., 2013, Bitkisel Atıklardan Karbonizasyon Yoluyla Farklı Kullanım Amaçlı Katı Materyallerin Üretimi, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyomühendislik Anabilim Dalı.*
- Lehmann, J., 2007, A Handful of Carbon, Nature, 447, 143-144.*
- Onaji, P.B., Sieomons, R.V., 1993, Biomas and Bioenergy, Produktion of Charcoal Briguettes from Cotton Stalk in Malaw : Methodology for Feasibility Studies Using Experiences in Sudan.*
- Özçimen, D., 2007, Çeşitli Bitkisel Atıkların Karbonizasyon Yoluyla Değerlendirilmesi, Doktora Tezi, İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü,*
- 1.YTÜ, YULAP Projesi (2013-07-04-YL04), İstanbul.*
- Sümer, S.K., Kavdır, Y., Çiçek, G., 2016, Türkiye'de Tarımsal ve Hayvansal Atıklardan Biyokömür Üretim Potansiyelinin Belirlenmesi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Doğa Bilimleri Dergisi, 19/4, 379-387.*
- Thines, K.R., Abdullah, E.C., Mubarak, N.M., Ruthiraan, M., 2017, Synthesis of Magnetic Biochar from Agricultural Waste Biomass to Enhancing Route for Waste Water and Polymer Application: A review, Renewable and Sustainable Energy Reviews, 67, 257-276.*



SÜRDÜRÜLEBİLİR ŞEHİRLER İÇİN YENİLİKÇİ UYGULAMALAR VE TRENDLER

Dr. Özge YILMAZ, Duygu BAŞOĞLU, Beril ŞENYURT, Emre YÖNTEM

Ekodenge A.Ş., Ar-Ge Grubu, Ankara, Türkiye

ozge.yilmaz@ekodenge.com, duygu.basoglu@ekodenge.com,
beril.senyurt@ekodenge.com, emre.yontem@ekodenge.com

Özet: Sera gazı salımının %75'ine neden olan kentlerin kaynak verimliliği ve çevre dostu olması küresel sürdürülebilirlik hedefleri içinde anahtar konumdadır. Bunun başarılması için ölçülebilir, eylem planlarına dökülebilir ve uygulanabilir yöntemler geliştirilmesi şarttır. Üst hedefler arasında sera gazı salımlarının ve kaynak tüketiminin azaltılması, biyo-çeşitliliğin artırılması ve yeni teknolojilerin verimli kullanımı yoluyla ekonomik kalkınma desteklenirken kentlerin sürdürülebilirliğinin sağlanması bulunmaktadır. Makalenin amacı, bu gereksinimleri sağlamaya yönelik çağdaş yaklaşımların ana hatlarıyla tanıtılması ve örneklerle tanımlanmasıdır. Bu doğrultuda yaşam döngüsü analizi ve kent metabolizması, sürdürülebilir enerji ve karbon eylem planları, yaklaşık sıfır enerjili binalar, doğa tabanlı çözümler, kentsel tarım, akıllı şehirler ve döngüsel ekonomi kavramları kent alanı içinde kullanımlarıyla tanıtılacak ve değerlendirilecektir.

Anahtar Kelimeler: Doğa Tabanlı Çözümler, Kent Metabolizması, Sürdürülebilir Şehirler, Yaşam Döngüsü Analizi

INNOVATIVE APPLICATIONS AND TRENDS FOR SUSTAINABLE CITIES

Abstract: Cities are responsible of 75% of all greenhouse gas emissions and therefore, the resource efficiency of cities is key to global sustainability goals. Measurable and applicable methods that can be expressed as action plans are necessary to achieve efficient cities. Overarching goals for sustainable cities are reducing greenhouse gas emissions and resource consumption, increasing biodiversity and supporting economic growth while enabling new technologies. This paper shall outline contemporary approaches to the question of urban sustainability. Its scope shall cover life cycle assessment and urban metabolism, sustainable energy and carbon action plans, nearly zero energy buildings, nature based solutions, urban farming, smart cities and circular economy with relation to their uses in the urban context.

Keywords: Life Cycle Assessment Nature Based Solutions, Sustainable Cities, Urban Metabolism



1. GİRİŞ

Dünya genelinde kent nüfusu artış göstermektedir. Avrupa Birliği'nde 2030 yılında toplam nüfusun %80'inin kentlerde yaşayacağı öngörülmektedir. Halihazırda kentler, küresel enerji tüketiminin %40'ından, kaynak tüketiminin %30'undan, su tüketiminin %25'inden ve atık üretiminin %25'inden sorumludur. Kentlerin sera gazı salımlarına katkıları ise %75 gibi yüksek bir orandadır. Bu durum kentleri, BM Sürdürülebilir Kalkınma Zirvesi'nde 193 ülkenin imzası ile kabul edilen 2030 Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri'nin sağlanmasında kilit bir konuma getirmektedir.

Bu kapsamda, sürdürülebilirlik, iklim değişikliği ve düşük-karbonlu ekonomiler gibi kavramlar kentsel gelişmenin tam anlamıyla bir parçası olmadan, sürdürülebilir kentsel gelişimin başarılı olması mümkün olmayacaktır. Sürdürülebilir şehirler için yönetim ve planlama aşamalarında;

- Sera gazı salımlarının önemli ölçüde düşürülmesi
- Doğal kaynak kullanımının azaltılması
- Biyoçeşitliliğin artırılması
- Yeni ve inovatif altyapı ve teknolojilerin kullanımı ve
- Ekonomik kalkınmanın teşvik edilmesi gerekmektedir.

Sürdürülebilir kentsel dönüşümün yolunu açacak yeni yaklaşım ve uygulamalar arasında yaşam döngüsü anlayışı, kent metabolizması yaklaşımı, Sürdürülebilir Enerji ve Karbon Eylem Planları, sıfır enerjili binalara geçiş, doğa bazlı çözümler ve kentsel tarım uygulamaları, akıllı şehirler ve yeni döngüsel ekonomik modeller sayılabilir.

2. YAŞAM DÖNGÜSÜ ANALİZİ VE KENT METABOLİZMASI

Sürdürülebilir kentler için yeni yaklaşım ve uygulamalardan yaşam döngüsü ve kent metabolizması yaklaşımları şehirlerin karmaşık alt-sistemlerinin



anlaşılması ve bütünsel değerlendirmeler yapılabilmesini sağlamaktadır. Bu yöntemler sayesinde şehirler canlı bir organizma gibi metabolik ihtiyaçları ve beşikten mezara yaşam döngüleri göz önünde bulundurularak kavramsal olarak modellenmekte ve enerji-gıda-su gibi birbirine bağlı akışlar arasındaki ilişkiler kurulabilmektedir. Kentlerin geçmiş ve mevcut çevresel durumlarını, etkilerini ve kentler üzerindeki çevresel baskıları değerlendirmek için sürdürülebilirlik değerlendirmelerinin yapılması gerekmektedir.

Yaşam döngüsü analizi (YDA) çevresel etkileri oldukça geniş bir yelpazede ortaya koyabilen ve kentsel sürdürülebilirlik değerlendirmelerinde sıklıkla kullanılan bir yöntemdir. YDA yaklaşımı ile doğrudan tüketim ve emisyonların ötesine geçerek kentsel akış ve stoklardan kaynaklanan sınır ötesi ve ortamlar arası etkilerin de incelenebilmesi

mümkündür. Bu analizin yapılabilmesi için YDA modellerinde alt sistem katmanlarından oluşan kentsel sistemlerin karmaşıklığının açık şekilde ortaya koyulması gerekir.

Karmaşık kentsel sistemlerin istenen seviyede temsil edilebilmesi için, YDA'nın sistem sınırlarını belirleme aşamasında oluşturulan kavramsal modeller için kent metabolizması yaklaşımından yararlanılabilir.

İklim değişikliği başta olmak üzere, su, enerji ve gıda güvenliği gibi sürdürülebilirlik ile ilgili sorunların en önemli kaynaklarından olan kentler aynı zamanda bu sorunlardan en fazla etkilenmektedir. Kent metabolizması yaklaşımında kentsel alanlar işlevselliğini sürdürmek ve büyümek için madde ve enerjiye ihtiyaç duyan ve atık üreten organizmalar olarak modellenmektedir (Goldstein et al., 2013). Diğer taraftan, kentsel sistemler, karmaşıklıkları düşünüldüğünde, tekil bir

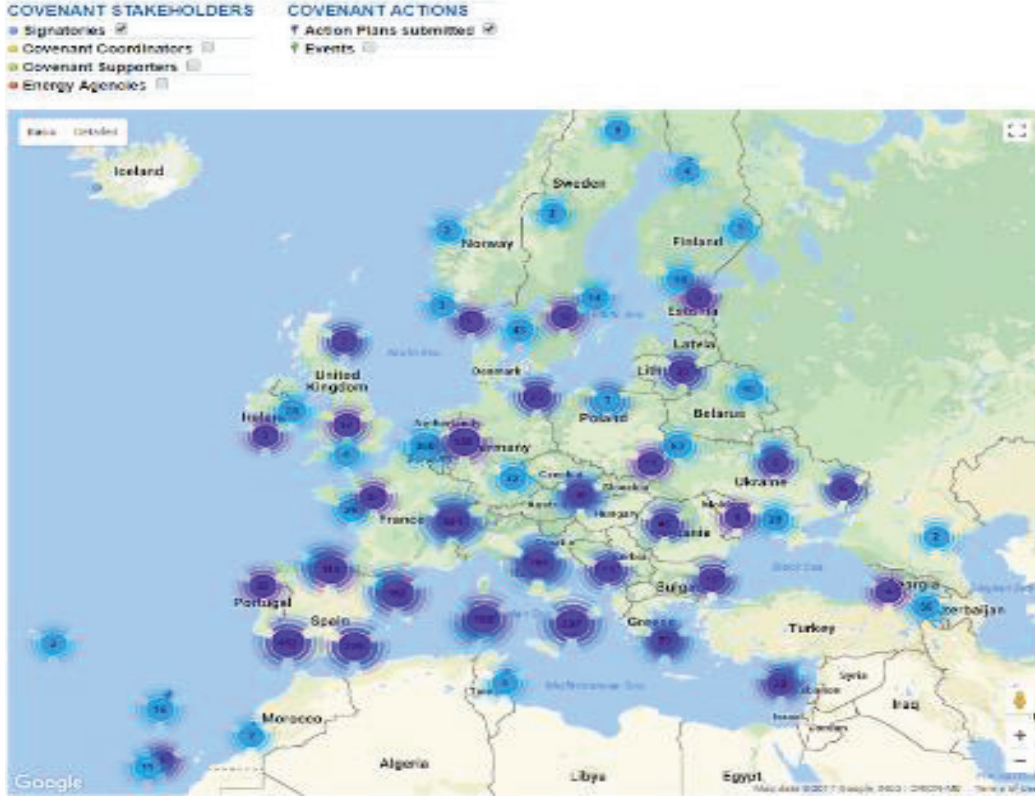


organizmadan çok birbirleriyle ve buldukları mekanla etkileşim içinde olan birden çok organizmayı içinde barındıran bir ekosisteme de benzetilmektedir (Chrysoulakis et al., 2013). Kentsel metabolizma yaklaşımı, YDA uzmanının, etkileşim içindeki kentsel alt sistemlerini bütüncül bir bakış açısıyla analiz edebilmesini sağlar. Kavramsal model tanımlamasının yanı sıra, kent metabolizması yaklaşımı, kentlerdeki iki basit döngünün - işletme ve yatırım döngülerinin- ortaya konarak kentsel metabolik akışların belirlenmesi yoluyla da YDA'yı destekler. İşletme döngüsü, sistem sınırı içindeki sürekli akışları kapsarken, yatırım döngüsü ise sürekli olmayan ve birikme eğiliminde olan akışları temsil eder (SUME, 2017). Bu farklı kentsel döngülerin analizini içeren kentsel metabolizma yaklaşımı hem şehirlerdeki zamana bağlı değişikliklerin izlenebilmesine hem de dinamik YDA çalışmalarına olanak sağlar. Böylelikle, çevresel bir göstergenin belirli bir zaman

aralığındaki kritik noktalar (hotspot) belirlenebilir ve ekstremitelerin önlenerek istenen performanslara uygun kararlar alınabilmesi sağlanır.

3. SÜRDÜRÜLEBİLİR ENERJİ VE KARBON EYLEM PLANLARI

Pek çok yerel yönetim şehirlerine ait karbon azaltım hedeflerinin konulması ve takip edilecek stratejilerin belirlenmesi için gönüllü olarak Covenant of Mayors (Belediye Başkanları Sözleşmesi) gibi girişimlere katılmaktadır. Belediye Başkanları Sözleşmesi üyeleri, 2030 yılı için karbon salımlarını %40 azaltmayı öngörmektedir. Şimdiye kadar üye belediyeler tarafından oluşturulan sürdürülebilir enerji ve karbon eylem planları yardımıyla, enerji tüketimi, binaların ısınma ve soğutma gereksinimleri ve ulaşım alanlarında uygulanan stratejiler sonucunda toplamda %23'lük azaltım sağlandığı raporlanmıştır (Covenant of Mayors, 2017; EU, 2017).



Şekil 1. Eylül 2017 itibariyle Belediye Başkanları Sözleşmesi kapsamında teslim edilen SECAPları (Covenant of Mayors, 2017)

Sürdürülebilir enerji eylem planları (SEAP), Belediye Başkanları Sözleşmesi imzacılarının katılımdan sonraki bir yıl içinde sağlamaları gereken, 2020 için belirlenen hedeflere nasıl ulaşılacağını belirleyen eylemleri içeren ve gereksinimleri tanımlı dokümanlardır. Plan, süreç boyunca yenilenebilir ve değişebilir. Ana hedefleri binalar, donatılar ve kentsel ulaşım olmakla beraber enerji kaynaklarıyla ilgili

stratejiler de belirleyebilir. Endüstriyel sektör belediye başkanlarının doğrudan çalışma alanında kabul edilmez ve dahil edilmesi tercihe bağlıdır (EU, 2010b). SEAP hazırlama süreci şu aşamaları içerir:

Başlangıç: Belediye Başkanları Sözleşmesinin imzalanması, kent yönetim birimlerinin bilgilendirilmesi ve paydaş desteğinin sağlanması



Planlama: Mevcut durum analizi, vizyon geliştirilmesi, plan yapılması ve onaylanması

Uygulama: Planın uygulanması

İzleme, raporlama: İzleme çalışmaları, uygulama raporunun hazırlanması, teslim edilmesi ve değerlendirilmesi (EU, 2010b).

Hazırlanan raporun genel strateji, hedefler, baz durum, mevcut emisyon raporu, 2020'ye kadar planlanan eylemler, tanımları,

sorumluları, maliyetleri, öngörülen kazanımları ve emisyon azaltımı gibi bilgileri içermesi gerekir (EU, 2010b).

Türkiye'de yapılmakta olan ve teslim edilmiş olan SEAP raporları bulunmaktadır ve durumları Belediye Başkanları Sözleşmesi kaynaklarından takip edilebilmektedir. Eylül 2017 itibariyle Türkiye'den 8 kabul edilmiş, 2 revizyon istenmiş SEAP bulunmaktadır (Covenant of Mayors, 2017).

Signatories	Council deliberation	Commitments	Analysis Status
Maltepe, TR	8 Jun 2016	2020	✓
İzmir Metropolitan Municipality, TR	13 Apr 2016	2020	✓
Nilüfer, TR	25 Jan 2016	2020 ADAPT	✓
Kadıkoy, TR	6 Mar 2015	2020	✓
ESKİŞEHİR TEPEBAŞI, TR	3 Dec 2014	2020	✓
SEFERİHİSAR, TR	15 Nov 2013	2020	✓
Bornova, TR	7 Feb 2013	2020	✓
Antalya Metropolitan Municipality, TR	13 Jan 2013	2020	✓
Karşıyaka - İzmir, TR	10 Jun 2012	2020	✓
Bursa Metropolitan Municipality, TR	15 Jul 2016	2020 ADAPT	✗

Şekil 2. Eylül 2017 itibariyle Türkiye'den Belediye Başkanları Sözleşmesi kapsamında teslim edilen SECAPları (Covenant of Mayors, 2017)

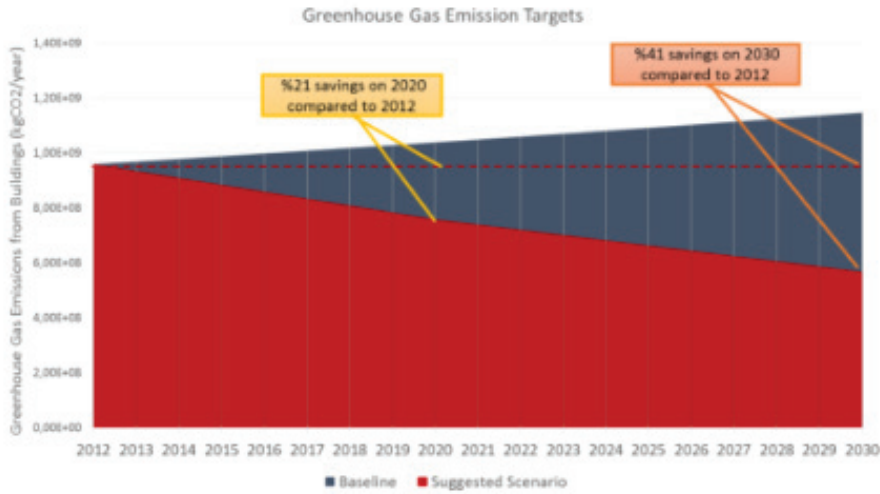
İzmir'in Karşıyaka ilçesi için yapılan bir çalışma SEAP hedeflerinin binaların analizi yoluyla elde edilmesi için senaryo geliştirilmesi

ve sonuçların sayısallaştırılması için izlenen yöntemlere örnek teşkil edebilir. Projede, EPESUS Kentler platformu kullanılarak ilçe



genelinde ısınma amaçlı yakıt tipi değişiminin uzun vadeli (2012-2030) karbon emisyonu trendlerine etkisi görselleştirilmiştir. Bunun için ilçe genelinde bina tipleri belirlenmiş, tip yapılar için enerji modelleri oluşturulmuş ve analiz platformu EPESUS Kentler'e aktarılarak coğrafi bilgi sistemi arayüzünde ilgili alanlara

atanmıştır. Bu çalışma sonucunda 2030'da sera gazı salımını %41 azaltmanın, 2020'de %21 eşliğini geçmenin doğalgaza geçiş ve tanımlanan diğer yakıt tipine müdahalelerle mümkün olduğu enerji modelleri ve yapı stoğunun gerçek boyut ve yoğunluğuna dayandırılarak ortaya konmuştur.



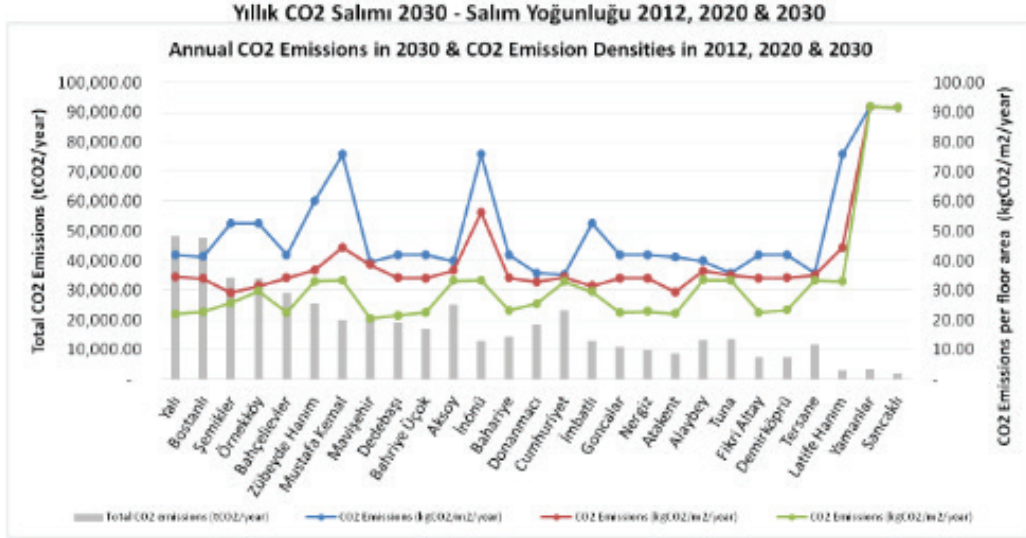
Şekil 3. Karşıyaka ilçesi için modelleme yoluyla elde edilen sera gazı emisyonu azaltım kestirimleri

Bu çalışmanın eylem planı oluşturmaya yönelik öne çıkan özelliklerinden biri, coğrafi bilgi sistemi ile enerji modellerini eşleştirmenin mahalle bazında nitelikli bilgiyi ortaya koymasındır. Sosyoekonomik yapı, altyapı ve kentsel doku gibi etkenlere bağlı

olarak farklı yerleşim alanları farklı yoğunluklarda ve farklı kaynaklardan sera gazı emisyonuna neden olmaktadır. Bu durum sayısallaştırılarak eylem planlarında bütçe ve zaman etkin önceliklendirme, yerleşmiş eylem tanımları ve zaman çizelgeleri



yapılabilmektedir (PEU CWPf, 2016).



Şekil 4. Karşıyaka ilçesi için mahalle kırılımlı modelleme yoluyla elde edilen sera gazı emisyonu yoğunluklar

Sürdürülebilir enerji ve karbon eylem planları, yerel yönetimlerin yetki alanına odaklanarak karbon salımı azaltımı için enerji stratejilerinin oluşturulmasına odaklanmaktadır. Bunun için yapı stoğu ana müdahale alanıdır. Temiz ve etkin ulaşım sistemleri, yenilenebilir ve temiz enerji kullanımı gibi dönüşüm kalemleri de tanımlanan eylemler içinde önemli yere sahiptir.

4. YAKLAŞIK SIFIR ENERJİLİ BİNALAR

Kentler küresel sera gazı emisyonlarının %75'ini üretmekte, toplam enerji tüketiminin %60 ila %80'ini kullanmakta ve toplam kaynakların %75'ini tüketmektedir (UN, 2013; UN Population Division, 2016; EC and UN-Habitat, 2016; UNDESA, 2014; BRE, 2015). Kentlerin sebep olduğu sera gazı emisyonlarının %40'ı ise yapı stoğundan kaynaklanmaktadır, bu nedenle binaların enerji etkinliğinin artırılması ve sıfır enerjili binalar



politika yapıcılar için stratejik önem taşımaktadır.

Avrupa Birliği, sıfır enerjili binaları programına AB Binalarda Enerji Performansı Direktifi (EPBD) ile almıştır. Direktif, yaklaşık sıfır enerjili binayı çok yüksek performanslı bir bina olarak tanımlar ve ihtiyaç duyulan az miktarda enerjinin de yenilenebilir kaynaklardan sağlanmasını talep eder. Üye ülkelerin 2010 sonuna kadar tüm yeni binaların yaklaşık 0 enerjili olmasını ve 2018'den sonra kamu kullanımında ve mülkiyetindeki tüm yapıların yaklaşık 0 enerjili yapılmasını taahhüt etmesini gerektirmektedir, ancak fayda maliyet analizleri sonucu bazı hedefleri değiştirme serbestisi vardır. (EU, 2010a; Griffiths and Nolte, 2011; Building Performance Institute Europe (BPIE), 2010). Buna göre üye ülkelerin bina tipine göre değişebilen içeriklere sahip ulusal planlarında;

- Yaklaşık sıfır enerjili binaların tanımlanması için kWh/m

cinsinden sayısal tüketim değeri kabullerini,

- Yapı stoğunun dönüşümünün başarılması için belirlenen hedefleri,
- Geliştirilen politika ve finansal mekanizmaları, yenilenebilir enerji kullanımı ve mevcut yapı stoğunun dönüşümü için izlenecek yolu bulundurmaları şart koşulmuştur (EU, 2010a).

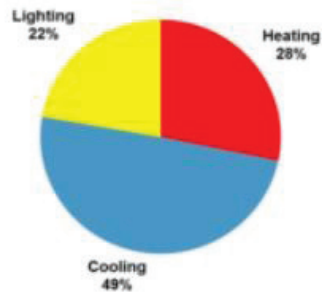
32 yaklaşık sıfır enerjili binanın incelendiği bir raporda, hiçbir bina sahibinin yapıdan memnuniyetsiz olmadığı, 10 örnekte ise özellikle bu çözümden memnuniyet ifade ettiği ve seçilen yapıların ulusal standartlara göre inşa edilen yapılara oranla %74 daha verimli olduğu tespit edilmiştir. Avrupa'nın tüm bölgelerinden seçilen örneklerin %82'sinde soğutma ihtiyacı pasif tasarımla sıfıra indirilebilmiştir. Isınmada ısı pompaları gibi enerji etkin çözümler kullanılırken aydınlanmada otomasyon ve verimli donatılarla enerji ihtiyacı en



aza indirilmiştir (Erhorn and Erhorn-Kluttig, 2014).



Şekil 5. Orta ölçekli bir yaklaşık 0 enerjili bina örneği: Messequartier, Avusturya, 21000 m² (Erhorn and Erhorn-Kluttig, 2014)



Şekil 6. Küçük ölçekli tarihi bir binanın restorasyonla yaklaşık 0 enerjili yapıma örneği, Mosta Evi, Malta, 209 m² (Erhorn and Erhorn-Kluttig, 2014)



Avrupa'da iki farklı iklim kuşağında bulunan Avusturya ve Malta'dan bir yeni tasarlanmış, bir restore edilmiş örnek incelenerek yaklaşık sıfır enerjili bina kazanımları örneklenebilir. Avusturya örneği Messequartier mutlak 0 enerjili pasif ev standardına maliyet etkin sınırlar dahilinde yaklaşıma amacı güden bir yeni apartman kompleksidir. Yüksek yalıtım değeri, ısınmada mahalle ölçeğinde merkezi ısınmaya bağlı oluşu, güneş kaynaklı ısıtma panelleri ve ısı geri kazanımlı havalandırma sistemleri ile ulusal standartlara göre %43 enerji ihtiyacında azaltım sağlamış, gereken enerjinin de %53'ünü yenilenebilir kaynaklardan sağlamaktadır. Malta örneğinde, tek haneli bir yapıda çatının yalıtım düzeyi artırılarak ısı transferinin azaltılması, cepheye güneş kaynaklı ısı sistemli yerleştirilmesi ve pencere yenilemesi, duvarların yalıtım düzeyinin düşük olmasına karşın taş malzemenin yüksek ısı kütlesiyle beraber ulusal standartlara göre %50 enerji

kazanımıyla binanın yaklaşık sıfır enerjili kabul edilebilmesi için yeterli olmuştur. Bu örnekte halen gereken enerji ihtiyacının %49 ile en büyük kısmı soğutma içindir ve bina kullandığı enerjinin %49'unu yenilenebilir kaynaklardan sağlamaktadır (Erhorn and Erhorn-Kluttig, 2014).



Şekil 7. Türkiye'den yaklaşık sıfır enerjili bina örneği: Cezeri Yeşil Teknoloji Meslek Lisesi, Ankara, Eryaman

Cezeri Yeşil Teknoloji Meslek Lisesi, üresel Çevre Fonu'nun (GEF) desteği ile YEGM, UNDP Türkiye, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı ile Milli Eğitim Bakanlığı işbirliğinde yürütülen "Türkiye'de Binalarda Enerji Verimliliğinin Artırılması Projesi" kapsamında Ekodenge liderliğindeki bir konsorsiyum tarafından



tasarlanarak uygulanmış bir yaklaşık sıfır enerjili okul projesidir. İnşaatı 2017'de tamamlanan okulun öğrenci kabul etmesiyle beraber gerçek performans ölçümleri yapılacaktır. Enerji modelleri, TS 825 standardına göre inşa edilen aynı boyut ve fonksiyonda bir yapının yıllık enerji ihtiyacını 166.58 kWh olarak tespit ederken yaklaşık sıfır enerjili tasarım ile gerçekleştirilen lise yapısında 23.62 kWh değeri sağlanmıştır. Bunun için doğru yönelim, pencere açıklık oranları, yüksek performanslı bina kabuğu gibi bileşenleri olan pasif tasarım öncelikli olmak üzere enerji etkin sistemler kullanılmış, eğitim ve demonstrasyon amacı da bulunan yerinde yenilenebilir enerji sistemleriyle desteklenmiştir. Sonuçta ulusal standartlara kıyasla %76 kazanım sağlanmıştır.

5. DOĞA TABANLI ÇÖZÜMLER

Doğa tabanlı çözümler, şehirlerde doğadan esinlenerek, doğal sistemler tarafından desteklenen ya da doğal sistemlerin taklit

edilmesi ile sağlanan çözümler olarak tanımlanmaktadır ve genellikle dayanıklı, uyarlanabilir, kaynak etkinliği yüksek, yerelleştirilebilir ve etkin çözümlerdir (Boissezon, 2015; Yeroyanni and Commission, 2014; European Commission, 2015). Bu kavram, öncelikle iklime dayalı risklerin azaltılması amacıyla tarım alanında ortaya çıkmış olup sonradan kent planlamaya aktarılmıştır ve kentlerde doğanın yeniden zenginleştirilmesi yoluyla çok boyutlu sorunlara çözüm sağlamaktadır (Potschin et al., 2014).

Planlama perspektifinden bakıldığında doğa tabanlı çözümler çoklu faydaları, farklı alanlarda planlama hedeflerine entegre çözümler sağlamaları ve iklim, afet gibi konularda dirençli ve esnek oluşlarıyla öne çıkmaktadır. Bu nitelikleri, doğa tabanlı çözümlerin planlanmasında farklı fayda alanları arasındaki ilişkileri ortaya koyacak çok boyutlu değerlendirme ve karar tercih araçlarını



gerektirmektedir. Doğa tabanlı çözümlerin kentler için faydalarının araştırılması ve uygun yöntemlerin geliştirilmesi AB araştırma gündeminde bulunmaktadır (European Commission, 2017).

Doğa tabanlı çözümler kent ölçeğinde sosyal dönüşümü desteklemek, kentsel mekanın güvenliğini artırmak, kentlinin mekan ve aidiyet algısını güçlendirmek, biyoçeşitliliği geliştirmek gibi üst hedeflerden yerel ölçekte bir bina etrafında kentsel ısı adası etkisini azaltmak ve kentsel tasarım gibi noktasal hedeflere farklı amaçlar ve ölçeklerde planlanabilir. Kent ekosisteminde edindikleri yer ile beraber kullanılan tüm doğa tabanlı çözümlerin kent mekanında ölçekler-arası etkileri de olacaktır. Farklı ölçeklerde çalışmalara ilk örnek olarak Güney Kore'den tüm kenti etkileyen ve ölçek itibariyle geniş bir alana yayılan Cheong Gye Cheon restorasyon projesi verilebilir. Bu projede geniş ölçekli bir kentsel canlandırma çalışmasında doğa tabanlı

çözümler kullanılmış, kaldırılan bir üst geçit yerine ortaya çıkan eski dere yatağı peyzaj yoluyla restore edilmiştir. Ekonomik büyümeden turizm, kentsel canlanma ve biyoçeşitliliğe tüm kenti etkileyen faydalar doğuran proje, yakın çevresinde de ısı konfor değerlerine ölçülebilir katkı sağlamıştır. 27 Temmuz itibariyle kentsel ısı adası etkisinde 3.6°C azalma ölçülmüştür (LEE, 2006).



Şekil 8. Viyana'da bulunan MA48 binasının iklim etkin cephesi

Viyana'da bulunan M48 binasında uygulanan yeşil cephe de küçük



ölçekli bir doğa tabanlı çözüm örneğidir. Projenin, estetik faydasının yanında yerel biyo-çeşitliliğe katkısı olmuştur ve önemli ısı düzenleyici fonksiyona sahiptir. Cephe sayesinde kışlık ısı kaybında %50'ye yakın azalma olmuş ve yazları 45-3000 W gücünde klimaya denk bir soğutma sağlanmıştır (Naumann et al., 2014).

İki örnekte de görüldüğü üzere doğa tabanlı çözümler değişen kent ortamı ve mevsimler gibi koşullarda her koşul için ayrı faydaları olan çözümler ortaya koymuştur. Bir binanın yüzey ısını düzenleme ölçeğindeki müdahaleler dahi kent ölçeğinde başka yan faydalar sağlamaktadır.

6. KENTSEL TARIM

Küresel olarak büyüyen kent nüfusu şehirlerde ortaya çıkan gıda ihtiyacını da artırmaktadır. Kentler bünyesinde tüketilen ve atılan gıda miktarının sürekli artmasına ek olarak kent nüfusunun bir kısmının gıdaya erişiminin de kısıtlı olduğu

gözlemlenmektedir. Gıda güvenliğini tehdit eden bu duruma karşı, Avrupa Komisyonu çevresel etkileri, sera gazı salımları ve hammadde girdileri azaltılmış, etkin ekosistem hizmetleri ile yeterli düzeyde kamusal değer yaratan gıda üretiminin gerekliliğinin altını çizmektedir.

Daha sürdürülebilir gıda değer zincirlerinin yaratılması, gıda taşımacılığında kaynaklı çevresel etkilerin en aza indirgenmesi ve olası fırsat eşitsizliklerinin azaltılmasını amaçlayan kentsel tarım uygulamaları gitgide popülerlik kazanmaktadır. Doğa bazlı çözümler gibi kentsel tarım uygulamaları da sağlık, toplumsal, ekonomik ve ekolojik anlamda aşağıdaki çoğul faydaları sağlamaktadır.

- Nakliye ve paketlenme ihtiyacı düşük olan yerel gıda temini ile atık miktarının azaltılması
- İstihdam
- Yerel ürünlere erişim
- Biyoçeşitlilik kaybının azalması



- Organik atıkların ve yağmur suyunun değerlendirilmesi

Bu kapsamda kentsel tarım uygulamaları sadece gıda güvenliğinin sağlanmasına katkı koymakla kalmayıp, şehirlerin doğasını üzerinde de etki yaratma potansiyeline sahiptir. Kentsel tarım bölgeleri, önemli bitki türlerinin korunması için yeşil alanlar yaratarak biyoçeşitliliğin korunmasını sağlamaktadır. Ayrıca kentsel tarım uygulamaları sayesinde hane halkının gıda masrafları da düşebilmektedir. Bu anlamda sosyal entegrasyona ve fakirlik ile mücadeleye de destek olmaktadır (RUAF, 2017).

7. AKILLI ŞEHİRLER

Akıllı kentler, günümüzde sürdürülebilirlik için bir zorunluluk ve sürdürülebilir şehirlerin yerine geçen bir terim olarak görülebilmekte, çoğunlukla sürdürülebilirliği destekleyen bir yaklaşım olarak anılmaktadır (Ahvenniemi et al., 2017). Genel hatlarıyla bilişim teknolojileri

yoluyla karmaşık sorunlara yönelik çözüm sağlayan sistemlerin kullanılmasıyla ilişkilendirilse de akıllı şehir kavramı çok boyutludur ve doğrudan teknolojiyle ilişkili olmayan çözümleri de kapsar. Bir yaklaşım olarak "akıllı kent", kentsel sistemlerin etkileşimli, çağdaş teknoloji ve tasarım yoluyla etkin olarak şekillendiği, kentlilerin katılımının ve bilgi edinme yollarının akıllı yollarla çözüldüğü, etkin, interaktif, katılımcı, değişken koşullara uyulanabilir, esnek kentleri tarif etmektedir. (Rodríguez-Bolívar, 1996; ARUP, 2010; General, Internal, and Policy, 2014).

Büyük veri ve nesnelerin interneti kavramları akıllı şehirlerin gelişiminde merkezi bir yer tutmaktadır. Siemens ve Cisco gibi bilişim devlerinin üzerine yoğun olarak eğildiği üzere akıllı kent araçları bilişim teknolojilerini kullanarak kent kullanıcılarının davranış biçimlerini izleme, etkileşimli sistemler oluşturma ve karar destek araçlarının veri



yoluyla daha hassas çalışmasını sağlama yeteneklerine sahiptir (Townsend, 2014). Her insanın etrafında ortalama 26 akıllı nesnenin bulunduğu ve küresel verinin yıllık olarak %40 arttığı günümüzde (Tüfekçi, 2017), cihazların ürettiği veri, daha önce görülmemiş bir bilgi kaynağı sağlarken bunun işlenmesi ana sorun haline geliyor. Akıllı kentlerdeki veri kullanımı, ARUP tarafından "soft" altyapının, yani kent içerisindeki su döngüsü, enerji altyapısı gibi sistemler gibi girdiler ve çıktıları olan bir yazılım katmanının "bağlayıcı dokusu" olarak tanımlanmıştır. Doğal ekosistemlerde geri besleme döngüleri nasıl alt sistemlerin çalışmasını besliyorsa, akıllı kentlerde de veri, akıllı kent sistemlerini birbirine bağlamaktadır (ARUP, 2010).

Birbirine bağlı, etkileşim halindeki akıllı kent alt sistemleri arasında alttakiler sayılabilir (General, Internal and Policy, 2014):

- Akıllı ekonomi
- Akıllı ulaşım
- Akıllı çevre
- Akıllı insan
- Akıllı yaşam
- Akıllı yönetim

Akıllı kentlere dair politika geliştiren iki kent olarak Chicago ve Stockholm örnek gösterilebilir. Chicago, 2011'de seçilen valinin önceliklendirdiği bir akıllı kent gündemine sahiptir. Yüksek hızlı internet altyapısının açık ve yaygın olması, veri temelli akıllı kent sistemlerinin günlük hayatta yeri için öncelikli kabul edilmiştir. 'Bir Platform Olarak Kent' söylemi ile kente ait kaynaklar üzerine yeni uygulamalar ve hizmetler yazılabilmesini sağlayan Chicago, kullanıcı olarak vatandaşların sürece ve akıllı kent inşasına dahil olmasına önem vermekte ve bunu teknoloji geliştirme yolu olarak görmektedir. Stockholm, akıllı kentlere vatandaş deneyimi odaklı bir yaklaşıma sahiptir ve



dijitalleşmiş yönetim araçları politikalarında öncelikli yere sahiptir. Şehir aynı zamanda uzun yıllardan gelen telekomünikasyon şirketleri için merkez olma özelliğini de kullanarak teknoloji geliştirmede öncü rol üstlenmeyi hedeflemektedir ve Kista Biim

Şehri ile akıllı kent sistemlerinin geliştirilmesi için bir merkez oluşturmuştur. Gelecek programında İsveç genelinde akıllı trafik yönetimi ve akıllı şebekeler bulunmaktadır (Departament for Business innovation & Skills, 2013).

Trafik Canlı Yayın Kameraları



Trafik (31 adet) akışının gösterimi için canlı yayın kamerasına tüm dünya üzerinden farklı ülkelerden bağlantı sağlanmıştır.

Şekil 9. Bursa'da trafiğin canlı izlenmesini sağlayan bir akıllı kent sistemi (Kamu Teknoloji Platformu, 2017)

Türkiye'de ulaşım ve yönetim alanında akıllı kent sistemlerinin yaygınlaştığını görüyoruz. Büyük kentlerde toplu taşıma sistemlerinin cep telefonu ile izlenebilmesi, akıllı otoparklar, e-devlet ve belediye web sitelerindeki yönetim, kamu hizmetleri ve bilgilendirme araçları, trafik düzenleme sistemleri, akıllı

bisiklet uygulamaları, güneş enerjisiyle çalışan kent mobilyası tipi akıllı şarj istasyonları bunların arasında sayılabilir. Bursa'da doğal afet, siber saldırı gibi olağanüstü durumlarda hizmet sürekliliğini sağlamak için veri merkezi güvenliği çalışmaları yapılması ise akıllı kentlerin tabi olduğu risklerin yönetilmesiyle ilgili bir adım (Kamu



Teknoloji Platformu, 2017; Ünsal, 2017).

8. DÖNGÜSEL EKONOMİ

“Doğal kaynakları çıkar - ürünleri üret/kullan - atıkları bertaraf et” yaklaşımı ile üretim ve büyüme sağlayan mevcut lineer ekonomi sistemi, doğal kaynaklar üzerindeki baskıyı hızla arttırmaktadır. Yeni ve alternatif ekonomik model olarak döngüsel ekonomi küresel büyümeyi kaynak tüketiminden ayırmayı, malzeme ve ürünlerin sistemdeki kullanım sürelerini en yüksek düzeye çıkarmayı hedefler. Döngüsel ekonomi, ekonomik büyümeyi, istihdam yaratmayı sağlarken karbon emisyonları da dahil olmak üzere çevresel etkileri ve doğal kaynakların neden olduğu riskleri azaltmayı hedefler (Ellen MacArthur Foundation 2015). Döngüsel ekonomi üç temel prensibe dayanır:

(i) Sınırlı stokları ve yenilenebilir kaynak akışlarını kontrol ederek doğal sermayenin korunması ve arttırılması: Döngüsel model,

kaynak seçiminin akıllıca yapılmasını, yenilenebilir ve verimli kaynak tüketimini sağlayan teknoloji ve proseslerin kullanımını gerektirir.

(ii) Hem teknik hem biyolojik döngüdeki ürün ve malzemeleri tekrar ve tekrar sistemde döndürerek kaynak veriminin optimize edilmesi: Teknik döngüde, yeniden üretime, kullanıma ve geri kazanıma elverişli tasarım yapılarak malzeme ve parçaların sistemdeki kullanım sürelerini en üst düzeye çıkararak ekonomiye katkı sağlanması hedeflenir. Biyolojik döngüde ise ürünlerin ekonomide yeni kaynak ve değer yaratacak şekilde tüketilmesi öngörülür.

(iii) Negatif dışsallıkların belirlenmesi ve sistem dışına çıkarılarak verimliliğinin artırılması: Döngüsel ekonomi yaklaşımı, gıda, barınma, eğitim, sağlık, kentsel hareketlilik gibi alanlarda zararın azaltılması ve arazi kullanımı, hava, su kirlilikleri ve toksik maddelerin salımı gibi negatif



dışsallıkların yönetilmesine olanak sağlar.

Döngüsel bir şehir, tüm fonksiyonları için döngüsel ekonomi prensiplerini içselleştirmiş, rejeneratif, ulaşılabilir ve kaynak sorunu olmayan bir şehir olarak tanımlanır. Döngüsel ekonomi yaklaşımı ile uyumlu bir şehirde bulunması gereken özellikler şu şekilde listelenebilir (Ellen MacArthur Foundation, 2017):

- Su, besin, malzeme ve enerji kapalı döngüleri ile sadece tüketen değil aynı zamanda üreten, verimli ve uzun ömürlü malzemelerle üretilmiş, esnek ve modüler binalar.
- Verimli tüketilen ve çevre üzerinde olumlu etkileri olan dayanıklı, yenilenebilir ve yerel enerji sistemleri.
- Ulaşılabilir, makul fiyatlı ve çevresel etkileri azaltılmış bir ulaşım sistemi.
- Gıda atıklarını en aza indirip değer yaratarak besinleri toprağa

geri döndüren bir kentsel biyo-ekonomi.

- Yerel değer döngülerini yaratan bir üretim sistemi.

9. SONUÇ

Kentlerde kaynak verimliliği, çok boyutlu ve tasarımdan uygulamaya farlı aşamalarda çağdaş yaklaşımlar gerektiren bir sorundur. Kullanılan kaynakların daha yüksek verimle ve yenilikçi alanlarda kullanılması, kent fonksiyonları için gereken kaynak miktarının azaltılması, daha yeşil çözümler bulunması, süreç optimizasyonu ve tüm bunların ölçülebilirliği için verimli değerlendirme ve karar destek metodlarının kullanılması esastır. Kent metabolizması yaklaşımı kent bütünü için modellenmesi için etkin bir yol sunarken yaşam döngüsü analizi kapsamlı ve sürdürülebilirlik hedefleri için önemli bulgular sunan bir değerlendirme yöntemi ortaya koymaktadır. Akıllı kentler ve döngüsel ekonomi kent süreçlerinin daha etkin kullanılması için bilgi ve teknoloji desteğiyle



etkin yollar sunarken sürdürülebilir enerji ve karbon eylem planları bu hedeflerin gerçekleştirilmesi ve yöntemlerin uygulanması için izlenebilir, ölçülebilir yol haritaları sağlamaktadır. Yaklaşık sıfır enerjili binalar ile kentlerin enerji tüketimi ve sera gazı salımının ana kaynaklarından olan binaların verimliliği mevcut durumdan önemli oranda iyileştirilebilir, doğa tabanlı çözümlerle kent mekanı daha kaliteli ve verimli hale getirilebilir ve kentsel tarım ile gıda güvenliği ve arazi kullanımı sorunlarına yönelik çözümler eylem planlarına dahil edilebilir. Tüm bu yaklaşımlar, bütünlüklü bir sistem halinde çalışabilecek ve veri ile birbirine bağlanabilecek bir bütün teşkil etmektedir.

KAYNAKLAR

- Action Plans, 2017.*
http://www.covenantofmayors.eu/actions/sustainable-energy-action-plans_en.html
- Ahvenniemi, H., Aapo, H., Isabel, P.S., Miimu, A., 2017, *What Are the Differences between*

Sustainable and Smart Cities?, *Cities*, 60, 234-245.
doi:10.1016/j.cities.2016.09.009.

ARUP, 2010, *Smart Cities: Transforming the 21st Century City via the Creative Use of Technology.*

Baron, J., 1998, *Public Affair and the Consumer Landscape*, *Journal of American Water Works Association*, 90/1, 44-48.

Boissezon, B.D., 2015, *Smart and Sustainable Cities with Nature-Based Solutions*, *Sustainable Management of Natural Resources*, 1-15.

BRE, 2015, *Cities as Systems: BRE Solutions for Urban Environments.*

Building Performance Institute Europe (BPIE), 2010, *Nearly Zero Energy Buildings in Europe*, *Energy*, 18-22.
http://bpie.eu/uploads/lib/document/attachment/128/BPIE_factsheet_nZEB_definitions_across_Europe.pdf.

Chrysoulakis, N., Myriam, L., Roberto, S.J., Christine, S. B. G., Mike, B. J., Vincenzo, M., Judith, E. M. K. et al., 2013, *Sustainable Urban Metabolism as a Link between Bio-Physical Sciences and*



- Urban Planning: The Bridge Project, Landscape and Urban Planning*, 112/1, 100-117. doi:10.1016/j.landurbplan.2012.12.005.
- Cities in the Circular Economy: An Initial Exploration*, 2017. <https://tinyurl.com/y8zuqx2r>.
- Covenant of Mayors, 2016, The Covenant of Mayors for Climate & Energy*, 1-11.
- Department for Business Innovation & Skills, 2013, Global Innovators: International Case Studies on Smart Cities Smart Cities Study*, 135, 58.
- Directive 2010/31/EU of the European Parliament and of the Council of 19 May 2010 on the Energy Performance of Buildings (Recast)*, 2010a, *Official Journal of the European Union*, 13-35. doi:doi:10.3000/17252555.L_2010.153.eng.
- EC and UN-Habitat, 2016, The State of European Cities 2016*. doi:10.2776/636682.
- Ellen MacArthur Foundation, 2015, Towards a Circular Economy: Business Rationale for an Accelerated Transition*.
- Erhorn, H., Heike, E.K., 2014, Selected Examples of Nearly Zero-Energy Buildings*. doi:10.1016/j.egypro.2014.11.1011.
- EU, 2017, European Committee of the Regions (CoR) Covenant of Mayors Ambassadors*. https://europa.eu/european-union/about-eu/institutions-bodies/european-committee-regions_en.
- European Commission, 2015, Towards an EU Research and Innovation Policy Agenda for Nature-Based Solutions & Re-Naturing Cities*. doi:10.2777/765301.
- General, Directorate, F O R Internal, and Scientific Policy, 2014, Mapping Smart Cities in the EU*.
- Goldstein, B., Morten, B., Maj-Britt, Q., Michael, H., 2013, Quantification of Urban Metabolism through Coupling with the Life Cycle Assessment Framework: Concept Development and Case Study, Environmental Research Letters, 8/3*. doi:10.1088/1748-9326/8/3/035024.
- Griffiths, N., Ingeborg, N., 2011, Principles for Nearly Zero-Energy Buildings*.



- http://www.bpie.eu/nearly_zero.html.
- How to Develop a Sustainable Energy Action Plan, 2010b.*
<https://ec.europa.eu/jrc/>.
- Kamu Teknoloji Platformu, 2017, Akıllı Şehirlere Dönüşüm Hareketi.*
- PEU CWPF, 2016, Assessment and Prioritisation of Smart Climate Change Mitigation Technologies in Turkish Cities - Pilot Project in İzmir Karşıyaka Municipality.*
- Potschin, M., Conor K., Roy, H.Y., Eeva, F., Pam, B., Francisc, B., 2014, Nature-Based Solutions, Openness Synthesis Paper, 18, 1-5.*
- Rodríguez, B., Manuel, P., 1996, Transforming City Governments for Successful Smart Cities, Computer Law & Security Review, 12.*
doi:10.1016/S0267-3649(96)90014-X.
- RUAF Foundation, Urban Agriculture: What and why?.*
<http://www.ruaf.org/urban-agriculture-what-and-why> Erişim tarihi: Eylül 2017.
- SUME, 2017, Urban Metabolism: Sustainable Urban Metabolism for Europe (SUME) Project Website.*
http://www.sume.at/urban_metabolism.
- Townsend, A.M., 2014, Smart Cities: Big Data, Civic Hackers, and the Quest for a New Utopia.*
- Tüfekçi, G., 2017, İnfografik: Akıllı Kentlerin Yükselişi, Gayrimenkul Türkiye.*
- UN, 2013, World Economic and Social Survey 2013, New York: Department for Economic and Social Affairs.*
doi:10.1016/j.compind.2010.10.001.
- UN Population Division, 2016, The World's Cities in 2016: Data Booklet, 29.*
http://www.un.org/en/development/desa/population/publications/pdf/urbanization/the_worlds_cities_in_2016_data_booklet.pdf.
- UNDESA, 2014, World Urbanization Prospects, Undesa.*
doi:10.4054/DemRes.2005.12.9.
- Ünsal, B., 2017, Çözüm ve Verimlilik Odaklı Bir Yaklaşım, Gayrimenkul Türkiye.*
- Yeroyanni, M., European Commission, 2014, Innovation Renaturing*



*Cities with Nature Based
Solutions Enero Workshop:
Fostering Future Integration of
Environment in European
Research & Innovation
European Conference
Renaturing Cities.*



KORUNAN ALANLARDA ÇEVREYE DUYARLI YERLEŞİM VE YAPI MODELLERİNİN GELİŞTİRİLMESİ

Dr. Beyhan OKTAR

Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Tabiat Varlıklarını Koruma Genel Müdürlüğü,
ANKARA, Türkiye

beyhan.oktar@csb.gov.tr

Özet: Çevreye duyarlı yerleşimler; sürdürülebilirlik anlayışı ile alan kullanımı, yenilenebilir enerji, doğal çevre, doğal kaynaklar, biyolojik çeşitlilik, yerel organik gıda üretimi, atık kontrolü ve geri dönüşüm, yeşil alanlar, vb. temel kriterler dikkate alınarak planlanan ve ulaşımda yaya odaklı, bisiklet ve toplu taşıma ile kentsel sistemle bütünleşmiş bütüncül, birlikte kullanımlardan oluşan yerleşimler olarak tanımlanmaktadır. Çevreye duyarlı yerleşim alanlarının aynı zamanda; iyi bir doğal çevre, en az seviyede gürültü kirliliği, düşük karbon emisyonu, yeşil yapı standardında yapılar, yerel bitki örtüsü, iyi yaşam alışkanlıkları (kişi başına yeşil alan, kişi başına su tüketimi, evsel atık miktarı, yeşil ulaşım vb.), dinamik, verimli ve yerel ekonomiyi desteklemesi gerekmektedir. Toplumun çağdaştırılmış refah düzeyi, doğa ile bütünleşik sağlıklı yaşam tarzı, yaratıcılık ve kişiliğin ortaya çıkarılması gibi sosyal, kültürel ve ruhsal unsurları da içeren çevreye duyarlı yerleşimlerin, ülkemizde yaygınlaştırılması gerekmektedir. Bu çalışmada; çevreye duyarlı yerleşim ve yapı modellerinin geliştirilmesi amacıyla temel kriterler belirlenerek bu kriterlere uygunluğun test edilebileceği değerlendirme ve derecelendirme tabloları oluşturulmuştur. Çalışma kapsamında, söz konusu yerleşimlerin temel özelliklerinin ayrıntılı olarak irdelendiği "Tasarım Rehberi" oluşturulmuştur. Tasarım rehberi içerisinde; çevresel altyapı ve enerjiye ilişkin olarak, enerjinin tam ve verimli kullanımı, yenilenebilir enerji, atık yönetimi, atıkların evlerde ayrıştırılması, suyun yeniden kullanımı, gri su, su tüketiminin azaltılması, yağmur sularının toplanması ve yeniden kullanılması, gürültü kirliliğinin önlenmesi gibi konular irdelenmiştir. Ayrıca, çevreye duyarlı yerleşimler için verimli ve az enerji tüketen atık su arıtma teknolojileri ve evsel atık su arıtımı da değerlendirilmiştir.

Anahtar Sözcükler: Çevreye Duyarlı Yerleşimler, Ekoköy, Ekolojik Yerleşimler, Korunan Alanlar

DEVELOPING ENVIRONMENTALLY-FRIENDLY SETTLEMENTS AND HOUSING MODELS

Abstract: Environmentally-friendly settlements are defined as sites those are planned by taking into account the essential criteria such as land usage based on sustainability approach, renewable energy, natural environment, natural resources,



biological diversity, local organic food production, waste control and recycling, recreational areas, ecological buildings etc. and those are pedestrian oriented, integrated to the city system through bicycle roads and mass transportation and consisted of common uses. Environmentally-friendly settlement sites need also provide healthy natural environments, minimized noise pollution, low carbon emissions, buildings with green construction standards, local vegetation cover, good living conditions (green area per capita, water consumption per capita, amount of municipal waste, green transportation etc.) and dynamic, efficient and localized economies. Having social, cultural and mental elements of modernized welfare state of the society, supporting healthy lifestyles integrated into nature and offering opportunities to develop creativity and personality; environmentally-friendly settlements should become prevalent throughout the country. In this study, in order to develop environmentally friendly settlements and building models, basic criteria were determined and assessment and rating charts were created to check the compliance with these criteria. During the study, a "Design Manual" was developed through which the basic features of these settlements were assessed in detail. Within the context of Design Manual and concerning the environmental infrastructure and energy, some specific subjects such as complete and efficient use of energy, renewable energy, waste management, waste sorting at the household, water reuse, grey water, minimizing the water consumption, rainwater harvesting and reuse, preventing noise pollution were discussed. Also, efficient and low-energy domestic wastewater treatment technologies for the environmentally-friendly settlements were reviewed.

Keywords: Environmentally-friendly Settlements, Ecovillage, Ecological Settlements, Protected Areas

1. GİRİŞ

1.1. Ekolojik Köyün Tanımı ve Temel Özellikleri

Ekolojik köy; perma-kültür gibi atığın kaynağında değerlendirildiği ve sıfır atıkla, sürdürülebilir doğal ve sosyal yaşamı hedefleyen, sürdürülebilir tarımla ekonomik kalkınmayı gözetken ve iç göçü tersine çeviren yaşam alanlarıdır. Perma-kültür tüm canlı varlıklar için

sürdürülebilirliği olan; bütüncü ancak, sürekli değişen sistemini ayakta tutmayı amaçlar ve temelinde, ekolojinin prensipleri ve enerji akışlarının etkin şekilde kullanıldığı bir arazi planlaması yer almaktadır.

Ekolojik köyler, perma-kültürü temel alarak, insan eylemlerinin doğaya zarar vermeden sağlıklı bir



ortamda sürdürüldüğü topluluklar olarak ortaya çıkmıştır.

Bu sayede, insanlar yeniden doğa ile iç içe topluluklar oluşturabilmekte, tüm canlıların gelecekte de sağlıklı bir şekilde var olmasını hedefleyen bir yaşam tarzı edinmektedirler. Ekolojik dengeye saygının temel alındığı ekolojik köy kavramı, çağın en güçlü yaşam modeli olarak Birleşmiş Milletler gündeminde de yerini almıştır.

Vandemeulebroecke'e göre, ekolojik köy insanın barış içinde uyumlu bir yaşamı gerçekleştirmek üzere ekonomik, sosyal ve kültürel faaliyetlerini çevreyle bütünleştirdiği bir yerdir (Vandemeulebroecke, 2004).

Ekolojik köylerin temel amacı çevreye saygılı ve hakkaniyet esasına dayalı müşterek bir hayat tarzını gerçekleştirmektir. Ekolojik köydeki bireysel özgürlüğün sınırlarını diğer insanlara ve çevreye saygı belirlemektedir. "Burada her birey, diğer insanlara

ve çevreye saygı göstermek suretiyle kendi nitelik ve yeterlikleri ölçüsünde kendisini gerçekleştirebilir".

Ekolojik köylerin planlanmasında dikkat edilmesi gereken önemli hususlardan birini "sürdürülebilir gelişme" oluşturmaktadır. Köyde yapılacak her planlamada bu hususa dikkat etmek gerekmektedir. Her planlama; çevreye etkisi, köy ölçeğinde ve yerel ölçekte iş imkânı oluşturma, komşular arası ilişkilere katkısı açısından ayrı değerlendirilmelidir.

Ekolojik, ekonomik ve sosyal açıdan sürdürülebilir nitelikteki faaliyetler planlanmakta ve uygulamaya konmaktadır. Ekolojik planlamada; toprak kullanımı, yapılar, yenilenebilir enerji yönetimi, tarım, su yönetimi ve atık yönetiminin etkili bir biçimde gerçekleştirilmesi önem arz etmektedir.

Ekonomik düzeyde; yerel küçük ticari işletmelerin bütünleştirilmesi



suretiyle yerel üretimin dinamik bir yapıya ulaştırılması hedeflenmektedir. Sosyal düzeyde; köy sakinlerinin çocuklara, gençlere ve yetişkinlere yönelik toplantı ve eğlencelere katılmaları önerilmektedir (Passerella Eco, 2003).

Sürdürülebilir yerleşimlerin planlanması ve gelişimini desteklemek, hem ekolojik köylerin, hem de ekolojik köyler arasındaki ağların kapasite geliştirmesine destek vermek, ekolojik köy deneyiminin yararlarını, geniş kitlelere, yerel yönetimlere, hükümetlere, özel sektöre ve sivil toplum kuruluşlarına duyurulmasını sağlamak misyonuyla, 1994 yılında GEN-Avrupa üyelik organizasyonu kurulmuştur. GEN-Avrupa, Küresel Ekolojik Köyler Ağı'nın (GEN) kurucusudur. Küresel Ekolojik Köyler Ağı; Avrupa (GEN-Europe), Avrupa, Afrika ve Ortadoğu'da bulunan ekolojik köylerden oluşan bir ağıdır. Şu an itibari ile 26 farklı ülkeden 70'in üzerinde üyesi

bulunmaktadır. Üç bölgesel büro bulunmaktadır. Bunlar; Avustralya (*Crystal Waters*), Amerika Birleşik Devletleri (*the Farm*) ve Almanya (*Lebensgarten*)'dir.

1.2. Ekolojik Köyde Öngörülen Faaliyetler

Bir ekolojik köyde çok çeşitli faaliyetler olabilir. Bu farklı faaliyetler yerel bir ekonomik yapılanmanın oluşmasına katkı sağlayabilmelidir. Bu bağlamda; biyolojik tarım, ziyaretçi ağırlama, özgünlüğüne uygun eğitim merkezleri, ekolojik ve etik ölçütlere uygun emek yoğun işletmeler ekolojik köy ekonomisini sürdürülebilir bir yapıya kavuşturabilir.

Ekolojik Köyün ekonomisi bir Yerel Değişim Sistemi ile bütünleştirilebilir. Böylece, farklı arz talep ihtiyaçlarını takas etmek suretiyle para ödmeden bilgi, mal ve hizmet elde etme imkânı elde edilebilir.



Ana başlıklarıyla bu faaliyetler şöyle özetlenebilir;

- **Organik Tarımın Geliştirilmesi:** Biyolojik tarım, deneysel amaçlı da olabilir. Biyolojik tarım köyün doğal manzarasına zarar vermeden yapılmalıdır. Üretimde kimyasal girdi kullanılmamalıdır.

Ekolojik tarımın amacı; toprak ve su kaynakları ile havayı kirletmeden, çevre, bitki, hayvan ve insan sağlığını korumaktır. Tüm bu olumsuz etkilerin ortadan kaldırılması amacıyla kimyasal gübre ve tarımsal savaş ilaçlarının hiç ya da mümkün olduğu kadar az kullanılması, bunların yerini aynı görevi yapan organik gübre ve biyolojik savaş yöntemlerinin alması temeline dayanan Ekolojik Tarım Sistemi geliştirilmiştir.

FAO ve Avrupa Birliği tarafından konvansiyonel tarıma alternatif olarak da kabul edilen bu üretim şekli değişik ülkelerde farklı isimlerle anılmaktadır. Almanca ve Kuzey Avrupa dillerinde "Ekolojik

Tarım", Fransızca, İtalyanca ve İspanyolca' da "Biyolojik Tarım", İngilizce' de "Organik Tarım" Türkiye'de ise "Ekolojik veya Organik Tarım" eş anlamlı olarak kullanılmaktadır.

- **Ziyaretçi Kabul Etmek:** Yeşil turizm, sağlık, ekolojik köyde yapılan faaliyetler hakkında bilgi edinmek amacıyla gelen insanlara ücretli hizmet sunma.

- **Ekolojik Ürünler Üretme:** Belli bir teknoloji alanında uzmanlaşma, örneğin sağlık, eğitim materyalleri, iletişim araçları, sağlıklı yapı malzemeleri, yenilenebilir enerji malzemeleri gibi.

- **Eğitim Merkezleri:** Daha ileri bir toplum inşa etmeye hizmet edecek tekniklerin bir araya getirilmesi ve staj veya seminer imkânlarının oluşturulması.

- **Sanat ve Zanaat Faaliyetleri:** Bazı ekolojik köyler muhtelif sanat alanlarıyla ilgili atölyeler kurabilirler, stüdyolar hazırlayabilirler. Küçük boyutlu sağlıklı yapı elemanları



üretilebilir. Özellikle gençlerin çalışabileceği nitelikte olmalı.

- **Yeni Eğitsel Deneyimler:** Milli Eğitim Bakanlığı ile işbirliği halinde eğitimde yenilikçi uygulamalar için eğitim ortamları oluşturulabilir.
- **Kısmi Yerleşme:** İletişim teknolojilerindeki gelişmeler sayesinde birçok iş yerine uğramadan yapılabilmektedir. Bazı iş yerleriyle yapılacak anlaşmalarla bazı personel ekolojik köyde ikamet ederek işlerini yürütebilir.

Tüm bu ticari etkinlikler tekil veya bütünsellik içerisinde bir ekolojik köy içerisinde yürütülebilmektedir. Hayat düzeyi şehre göre çok daha yüksektir. Özellikle beslenme ve barınma çok fazla sıkıntı yaratmamaktadır. Ortak veya kişisel bahçeler sayesinde yiyecek sorunu kolayca çözülebilmektedir.

Ekolojik köyler için yeni bir yasal düzenlemeye ihtiyaç duyulabilmektedir. Hatta özel yasalar da düzenlenebilir. Toprak kullanımı, komşu köylerle olan

ilişkiler belli bir esasa bağlanmalıdır.

Ekolojik köyler, insanın çevre, diğer insanlar ve teknoloji ile ilişkilerinde yeni bir yaklaşımı somutlaştırması bakımından örnek yaşam alanları oluşturmaktadır. Mevcut köylerin kendilerini toparlamalarına katkı sağlayabilir, geçmişle gelecek arasında güzel bir köprü olabilmektedir.

1.3. Ekolojik Köylerin Mevcut Köylerden Farklı Yanları

Vandemeulebroecke (2004), mevcut köylerle ekolojik köyler arasındaki farkı değerler açısından ortaya koymaktadır. Ekolojik köy az da olsa eski köydeki yapıları yeniden uygulamaya koymaktadır, fakat burada yaşayanlar ortak bir ideal etrafında toplanmaktadır.

Mevcut köyde zorunlu olarak yaşanmaktadır, sosyal baskıya ve mevcut değerlere katlanmak zorunluluğu bulunmaktadır. Ekolojik köylerle mevcut köyler arasındaki farklar ekolojik, kültürel,



sosyal ve ekonomik olmak üzere dört açıdan değerlendirilmektedir (Vandemeulebroecke, 2004).

Ekolojik açıdan bakıldığında, mevcut köylerde doğal çevreye hassasiyet ekolojik köye göre oldukça geri bir durumdadır. İstisnai durumlar olsa bile genel anlamıyla çevre bilinci istenilen düzeyde değildir.

Özellikle de, doğal çevreyi tüm boyutlarıyla geliştirme doğrultusunda tam bir dayanışma olduğu söylenemez. Kültürel açıdan incelendiğinde, ortak değer üretimi ve geliştirmede, insanlar arası dostça ilişkilerde, ilişkilerin zenginliğinde ekolojik köyün diğerinden önde olduğu görülmektedir.

Ekonomik açıdan, üretim çeşitliliği ve özellikle yerel ekonomiye bütünleşmeye dönük yapılanma mevcut köy yapısında sınırlılık arz etmektedir. Ekonomik anlamda dayanışma dışı zorlamalarla gerçekleşmektedir. Belli ürünler

konusunda uzmanlaşmış köylerin sayısı ise oldukça sınırlıdır.

2. ÇALIŞMANIN AMACI VE KAPSAMI

Bu çalışmada; çevreye duyarlı yerleşim ve yapı modellerinin geliştirilmesi amacıyla temel kriterler belirlenerek bu kriterlere uygunluğun test edilebileceği değerlendirme ve derecelendirme tabloları oluşturulmuştur. Çalışma kapsamında, söz konusu yerleşimlerin temel özelliklerinin ayrıntılı olarak irdelendiği "Tasarım Rehberi" oluşturulmuştur. Tasarım rehberi içerisinde; çevresel altyapı ve enerjiye ilişkin olarak, enerjinin tam ve verimli kullanımı, yenilenebilir enerji, atık yönetimi, atıkların evlerde ayrıştırılması, suyun yeniden kullanımı, gri su, su tüketiminin azaltılması, yağmur sularının toplanması ve yeniden kullanılması, gürültü kirliliğinin önlenmesi gibi konular irdelenmiştir. Ayrıca, çevreye duyarlı yerleşimler için verimli ve az enerji tüketen atık su arıtma teknolojileri ve evsel atık su arıtımı



da değerlendirilmeye alınan diğer unsurlardır.

3. ÇEVREYE DUYARLI YERLEŞİM ALANLARININ TASARIMINDA KULLANILAN KRİTERLER

Bölgeye ekolojik bir değer kazandıran, toplum tarafından kabul edilebilir, stabil bir ekonomiye sahip, çevreye duyarlı bir eko-yerleşim planlamak için bazı kriterlerin dikkate alınması gerekmektedir. Bunlar;

- Biyolojik çeşitliliğin ve endemik bitkilerin artırılması (vahşi yaşamın doğal ortamını ve gelişimini engellenmeyen),
- Enerji verimli yapılar (öncelikle kamu kurum ve kuruluş yapılarının örnek olması), Kamusal alanların tamamen çevreye duyarlı olması,
- Sürdürülebilir yöntemlerle maksimum oranda kendi enerjisini yerel kaynaklardan sağlaması,
- Sık, rahat ve tercih edilen toplu taşıma sistemi bulunan (içeride ve yerleşimler arasında),

yaşayanlar tarafından kolay erişilebilir olması,

- Sosyal yapıların (eğitim, hizmet, spor alanları, kamu, ticaret, park ve sağlık merkezleri) burada yaşayanlar için güvenli, yürüyerek ya da bisikletle kolay ulaşılabilen yerlerde bulunması,
- Nüfus ve yoğunluk açısından, servis ve hizmetlerin ekonomik olarak sağlanması,
- Yayalar için güvenli ve rahat bir çevre sağlanması,
- Olgunlaşmış ağaçların sınırsız büyümesi için yeterli alan bırakılması ve mevcut anıtsal (anıt olmaya aday fakat tescilli yapılmamış ya da Kültür ve Tabiat Varlıklarını Koruma Kurullarınca tescillenmiş) ağaçların korunması,
- Yakın çevrede yaşayanların ulaşımından dolayı olumsuz etkilenmemesi, demiryolu-tramvay tercih edilmesi,
- At binme, golf sahaları, piknik alanları, yürüyüş ve bisiklet gezi yolları ve balık tutmak için göletler gibi rekreasyon alanlarının bulunması,



- Yerleşime yetecek ölçüde yerel sebze-meyve üretiminin yapılması,
- Modern iletişim araçlarının mevcut ve yaşayanların hizmetinde olması,
- Burada oturan bütün insanlar için adaletli gelir ve fırsatların sağlanmasıdır.

3.1. Kırsal Planlama Kriterleri

3.1.1. Arazi Kullanımı

Geliştirilecek kırsal bölgeye Komşuluk Planlama (*Neighbourhood Planning*) yaklaşımı ile Mahalle/Konut Kümesi Toplulukları (*Clusters*) olarak yaklaşılmalıdır.

- **Yapılaşacak alanlar:** Ticaret alanları, kentsel yerleşimlerdeki gibi odaklar halinde değil, konut büyüklükleri ile yarışmayacak büyüklükte alt birimler halinde planlanmalı ve tasarlanmalıdır. Bağ/Bahçe Nizamı yapılaşma ilkesine paralel olarak konut alanlarının konuşlandığı bahçelerde tarım yapılabileceği

gibi erişilebilirliği ve altyapısı planlanmış ortak tarım alanları düzenlemesi de yapılabilir.

- **Yeşil alanlar:** Planlanacak bölgede yeşil elemanlar peyzaj ögesi olmasının yanı sıra koruyucu, sınır belirleyici, yapılaşmayı tamamlayıcı, yer yer saklayıcı öğeler olarak planlanmalıdır. Her konutun en az 1,350 m² bahçesi olmasının yanı sıra konut topluluklarının ve yakın çevrenin ortak kullanımına açık büyük ölçekli yeşil alan toplulukları da planlamaya dâhil edilmelidir.

3.1.2. Nüfus Yoğunluğu

20-50 kişi/ha yoğunluk ile sınırlandırılmalıdır.

3.1.3. Ulaşım

- **Yaya:** Klasik planlama anlayışında araç/yaya ulaşım aks yüzey oranının tam tersi planlama ilkesi olarak benimsenmelidir. Başka deyişle tüm alt bölgeler ve birimler arası erişim en az 1.5 m'lik yaya aksları ile sağlanmalıdır.



- **Bisiklet:** Bisiklet kullanımını yaygınlaştırma hedefi doğrultusunda, yakın çevre ve toplu taşıma durak noktalarına erişimi sağlayıcı bisiklet yolları planlanmalıdır. Bisiklet kullanımında hedef nüfusun %50'si olarak öngörülmektedir.
- **Toplu taşıma:** Planlanan alanın tümüne hizmet verecek biçimde güzergâh planlaması yapılmış, durak noktalarına erişilebilirliği her konut için sağlanmış en az bir toplu taşıma türünün planlaması gerçekleştirilmelidir (raylı sistemler, deniz ve hava taşımacılığı ve benzeri alternatifler).
- **Sokak silüetleri:** Mevcut yerleşimlerdeki doğal, kültürel ve tarihi değerleri içinde barındıran, yerleşime kimliğini veren sokak silüetlerinin yapısının korunması gerekmektedir. Sokak silüetlerine, sürdürülebilir planlama anlayışı ile dönüşüm projelerinde, öncelikle yer verilmeli ve projeye bu noktadan başlanmalıdır.
- **Otoparklar:** Her konutun araçları ile misafir ve kamu

araçlarının parkları için ortak park çözümleri planlanmalıdır.

3.2. Enerji ve Altyapıya İlişkin Kriterler

3.2.1. Atık Yönetimi

Çevreye duyarlı yerleşimlerde Atık Yönetiminin hedefleri; atık oluşumunu azaltmak ve kâğıt/karton, plastik, cam ve metaller gibi atıkların ayrıştırılmasını sağlayarak hem geri dönüşümünü sağlamak, hem de depolanacak atık miktarını azaltmaktır. Ayrıca, atık toplama-taşıma sırasında oluşacak emisyon miktarları da azalacaktır. Atık toplama sisteminin optimizasyonu çevreye duyarlı yerleşim alanı planlanırken yapılmalıdır. Böylece en uygun toplama noktalarının ve transfer rotalarının belirlenmesi sağlanabilir. Müstakil evlerde ve tehlikeli atık toplama noktalarında alandan kazanmak amacıyla gömülü konteynırlar kullanılabilir. Ekolojik yerleşimlerde her çeşit atık ayrı toplanmalıdır. Kolay ayrıştırmayı



sağlayan sistemler ile daha iyi kalitede bir geri kazanım sağlanmalıdır.

3.2.2. Su Yönetimi

Küresel ısınma, hızlı nüfus artışı ve kaynakların tükenmesi, evsel atık suların bir kirletici değil yeniden kullanılabilir bir kaynak olarak değerlendirilmesini zorunlu hale getirmiştir. Buna göre, evsel atık suların bölümlere ayrılarak toplanması ve her bir bölümün özelliklerine uygun olan bir dizi işlemden geçirilerek tekrar kullanımda değerlendirilmesi söz konusudur. Bu çerçevede, sarı su (yellow water), kahverengi su (brown water) ve gri su (grey water) şeklinde bölümlere ayrılır.

Kaynakta kontrole dayalı bir yaklaşım olması dolayısı ile sürdürülebilirlik açısından evlerde değişik alanlarda oluşan atık suların özelliklerine göre ayrı olarak toplanması ve arıtımı ve yeniden kullanımı açısından önemli bir alternatif sunmaktadır.

Gri su Arıtımı: Tuvaletlerden oluşan sulara “kahverengi”, evlerde oluşan atık sulardan tuvaletler dışında olanlar ise “gri su” olarak adlandırılmaktadır. Lavabolar, banyo, bulaşık ve çamaşır makinelerinden oluşan gri suyun toplam evsel atık su miktarındaki yüzdesi %50-80 arasındadır. Sular özellikle yeşil alanların sulanması amacıyla yeniden kullanılabilir. Gri su bir atık değil bir kaynak olarak değerlendirilmektedir. İçerdiği nutrientlerden dolayı yararlı bir kaynaktır. Ekolojik yerlerde kaynakların verimli kullanımı, su ve atıkların yeniden kullanımı esastır.

Evsel Atık Suların Arıtımı: Çevreye duyarlı yerleşimlerde, yerleşimin büyüklüğüne dayalı olarak arıtma sisteminin seçimi yapılırken, az enerji tüketen, otomatik kontrol sistemleri ile kontrol edilen, inşası diğer arıtma alternatiflerinden daha ucuz olan, işletme ve bakım maliyeti daha az olan sistemlerin tercih edilmesi gerekmektedir. Bu sistemler; doğa



ile uyumlu ve ileri atık su arıtma prensiplerine göre işletilerek (biyolojik nutrient, N, P, giderimi sağlamalı) 'Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği' ve 'Kentsel Atık Su Arıtımı Yönetmeliği' hükümlerinde belirtilen deşarj standartlarının sağlayacak şekilde boyutlandırılmalı ve işletilmelidir. Küçük birimlerde yapay sulak alan sistemleri, aktif çamur prensiplerinde çalıştırılan paket arıtma sistemleri, ardışık kesikli reaktörler ve filtrasyon sistemleri alternatif sistemler olurken, büyük yerleşimlerde aktif çamur sistemlerinin nutrient giderimi yapan modifikasyonları, diğer biyolojik atık su arıtma yöntemleri (damlatmalı filtreler vb.) ve biyolojik/kimyasal gideriminin birlikte uygulanacağı sistemler kullanılabilir.

Çamur arıtımı için küçük yerleşimlerde uzun havalandırılmalı sistemlerle (oksidasyon hendekleri, ardışık kesikli sistemler vb.) daha az atık çamur üretilirken, anaerobik çamur çürütme yapılarak enerji

üretimini sağlandığı tesisler yapılmalıdır. Organik atıkların (arıtım çamuru, organik katı atıklar, tarımsal ve hayvansal atıklar) birlikte fermente edileceği biyogaz sistemlerinin kullanılması hem enerji üretimini artıracak, hem de yerleşimde üretilen organik atıkların etkili bir şekilde bertarafını sağlayacaktır.

Verimli Su Kullanım İlkeleri: Bu çerçevede, kanalizasyona giden atık suyun azaltılarak, kanalizasyon boru çaplarının küçültülmesi ve arıtma tesisi boyutlarının küçültülmesi sağlanmalıdır. Ayrıca;

- Düşük tazyikli tuvaletler, kompostlama tuvaletler, susuz pisuarlar vb. yöntemlerle kanalizasyon sularının azaltılması,
- Gri su, kahverengi su ve sarı suların ayrı toplanıp, ayrı şekilde arıtılması ve değerlendirilmesi,
- Su tasarrufu sağlayan ve az enerji sarfiyatı olan teknolojik cihazların (çamaşır ve bulaşık makineleri vb.) kullanılması,



- Gri suyun arıtıldıktan sonra tuvalet sifonlarında, çamaşır yıkamada, temizlikte kullanımının sağlanması,
- Yağmursuyu toplama sistemlerinin geliştirilmesi, çatı alanlarını artırarak toplanacak su miktarının artırılması,
- Yağmursuyu ve gri suyun arıtıldıktan sonra ayrı depolanarak konut içinde ya da sulamada kullanımının sağlanması uygun olacaktır.

Yağmursuyu ve arıtılmış gri suyun yeniden kullanımının sağlanması ile içme suyu-çeşme suyu tüketimini %70'lere kadar azaltılmaktadır. Bu yöntem özellikle yüksek su tüketimleri olan ve küçük yağmursuyu kullanım alanı olan evler için uygundur.

3.2.3. Hava Kirliliği

Hava kirliliğine neden olan karbondioksit ve karbon monoksit oluşumu %95 oranında motorlu araçlardan kaynaklanmaktadır. Her yıl milyonlarca ton karbondioksit gazı motorlu araçlardan atmosfere

salınmaktadır. Bu gazın atmosferde oluşturduğu katman güneş ışınlarının atmosferi terk etmek yerine tutularak yeniden dünyaya yansımaya (sera etkisi) neden olduğu için iklim değişikliğine (ısınmaya) sebep olmaktadır. Daha az yakıt harcayan araçlar insanların daha ekonomik olarak daha fazla araç kullanmasına neden olacaktır. Çevreye duyarlı yerleşimlerde; benzinden elektrikli arabalara geçiş, araçlardan kaynaklı hava kirliliğini azaltacaktır. Ancak elektrik üretiminde kömür, doğal gaz, ve nükleer santraller kullanıldığı takdirde yine hava kirliliği emisyonları oluşacaktır. Ayrıca elektrik enerjisine ihtiyaç daha da artacaktır. Rüzgâr ve güneş enerjisi gibi yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılması önemlidir.

3.2.4. Enerji Verimliliği

Fosil Yakıtların (Petrol, doğal gaz vb) kullanımının sınırlandırılması ve en aza indirilmesi gerekmektedir. Bu enerji



kaynaklarının kullanımı büyük miktarda karbondioksit üretmekte ve dünyanın ekolojik dengesini bozmaktadır. Bu yüzden çevreye duyarlı yerleşimlerde; güneş enerjisi, rüzgâr enerjisi, hidrojen enerjisi, jeotermal enerji ve biyo-kütle gibi diğer sürdürülebilir temiz enerji kaynaklarının en verimli şekilde kullanımının sağlanması gereklidir.

4. EKOLOJİK YERLEŞİMLER İÇİN DERECELENDİRME

Ekolojik yerleşimlerin tasarımında önemli olan konu başlıkları, bu bölümde değerlendirilerek önem derecelerine göre puanlandırılmıştır. Bu konular ve puanlamalar sırasıyla aşağıda verilmektedir (Mülga ÖÇKKB, 2010).

Çizelge 1. Ekolojik yerleşimler için değerlendirme konuları ve derecelendirme puanları

KONU BAŞLIĞI	AĞIRLIĞI (%)
Sürdürülebilir Alanlar	25
Ulaşım	17
Yapı	24
Enerji	21
Atık Yönetimi - Hava Kirliliği - Gürültü	13
TOPLAM	100

4.1. Sürdürülebilir Alanlar

Ekolojik yerleşimlerin sürdürülebilir alanlar olarak planlanması için öncelikle inşaat faaliyetleri sonucu oluşabilecek toprak ve/veya rüzgâr erozyonu, su sedimantasyonu ve havayla taşınabilecek tozların kontrol planlarının yapılması gerekmektedir. Bu planlar sayesinde kirliliğin en düşük seviyede tutulması sağlanmalıdır. Sürdürülebilir alan planlamasında değerlendirilecek konular ve derecelendirme puanları sırasıyla aşağıdaki çizelgede verilmektedir.



Çizelge 2. Sürdürülebilir alanlar için değerlendirme konuları ve derecelendirme puanları

KONU BAŞLIĞI	AĞIRLIĞI (%)
Alanın Doğru Kullanımı	5
Doğal Yaşam Ortamını Korumak ve/veya iyileştirmek	7
Açık Yeşil Alanların Korunarak Yerleşim Alanında Doğal Halinde Bırakılması	6
Altyapı ve Sosyal Hizmetlere Yakınlık	4
Kahverengi Alanlar	1
Isı Adası Etkisi	1
Aydınlatma Kirliliği	1
TOPLAM	25

Alanın doğru kullanımı: Dağınık ve plansız yerleşim oluşumlarından kaçınılmalı ve yapının parseldeki ayak izinden oluşacak olumsuz etkilerin azaltılmalıdır.

Doğal Yaşam Ortamını Korumak ve/veya iyileştirmek: Hâlihazırda bulunan doğal alanlar korunmalı ve zarar görmüş alanlar yenilenmelidir. Oluşturulacak yerleşim alanları ile doğal çevre arasında yerel bitki türleri kullanılmalıdır. Tüm alanın en az

%20'sinin yeşil alan olarak ayrılması sağlanmalıdır.

Yapı oturumları çıktıktan sonra en az %50'sinin yeşil alan olması sağlanmalıdır. Özellikle kırsal yerleşimlerde organik tarım için ayrılan alanlar ek puanla değerlendirilir.

Açık Yeşil Alanların Korunarak Yerleşim Alanında Doğal Halinde Bırakılması: İmar alanına, yüksek oranlı açık alan sağlayarak bitki çeşitliliğinin desteklenmesi amaçlanmaktadır.

Altyapı - Sosyal Hizmetlere Yakınlık: Tasarım alanın yoğunluğu ile alınacak hizmet türleri karşılaştırılır ve puanlama alınan hizmetin düzeyine göre verilir.

Kahverengi Alanlar: Çevresel kirliliğe uğramış kahverengi alanların, dönüştürülerek yeniden kullanıma açılması amaçlanmaktadır.

Isı Adası Etkisi: Isı adalarının azaltılması için;



- Yerleşimde bulunan ağaç saçaklarından veya 5 yıllık peyzaj yapılandırılması ile gölge sağlanmalıdır.
- Otopark alanlarının en az %50'si korunaklı olmalıdır. Otopark alanını gölgeleyen çatı veya kaplamalar ile bazı yenilenemez kaynakların kullanımının dengelenmesi için enerji üreten güneş panelleri olmalıdır.
- Sokak yönlenmeleri, rüzgâr sirkülasyonunu sağlayacak şekilde oluşturulmalıdır.
- Yapılardan gölge sağlanmalıdır.

Aydınlatma

Kirliliği:

Yerleşimlerdeki enerji tüketimini en az seviyeye indirebilmek amacıyla; yerleşimlerdeki ışığın, aydınlatılması gereken sınırı aşmamasına ve gece gökyüzünün görünebilmesi için parlamanın en az seviyede tutulmasına özen gösterilmelidir.

4.2. Ulaşım

Trafik yoğunluğunun azaltılması, var olan toplu taşıma sistemlerinin

iyileştirilmesi ve artırılması amaçlanmaktadır. Bu kapsamda değerlendirilecek konular ve derecelendirme puanları aşağıda verilmektedir.

Çizelge 3. Ulaşım için değerlendirme konuları ve derecelendirme puanları (ÖÇKKB, 2010)

KONU BAŞLIĞI	AĞIRLIĞI (%)
Yaya	5
Bisiklet Kullanımı	5
Toplu Taşıma	5
Düşük karbon emisyonlu ve verimli yakıtlı araçlar	1
Altyapı Ve Sosyal Hizmetlere Yakınlık	1
TOPLAM	17

4.3. Enerji

Çevresel ve ekonomik etkileri azaltmak amacıyla, fosil yakıtları yerine, yenilenebilir enerji kaynaklarının yerinde kullanımını özendirmek ve teşvik etmek gerekmektedir.



Çizelge 4. Enerji için değerlendirme konuları ve derecelendirme puanları (ÖÇKKB, 2010)

KONU BAŞLIĞI	AĞIRLIĞI (%)
Enerji Verimliliği ve Yenilenebilir Enerji Kullanımı	10
Yağmur Suyunun Toplanması	6
Açık Yeşil Alanlarda ve Konutlara Ait Bahçelerde Suyun Verimli Kullanımı	5
TOPLAM	21

4.4. Atık Yönetimi, Hava Kirliliği ve Gürültü Kirliliği

Yerleşimlerde oluşan katı atıkların, geri dönüşüme uygun bir şekilde toplanabilmesi için ayrıştırılarak toplanması, otomobillerin ve yapılarda kullanılan fosil yakıtlarının sebep olduğu karbon dioksit ve karbon monoksit gazlarının en az seviyeye indirilmesi, trafikten ve diğer unsurlardan kaynaklanan gürültünün yerleşimdeki kullanıcıları en az düzeyde rahatsız etmesi sağlanmalıdır.

Çizelge 5. Atık Yönetimi-hava kirliliği ve gürültü için değerlendirme konuları ve derecelendirme puanları (ÖÇKKB, 2010)

KONU BAŞLIĞI	AĞIRLIĞI (%)
Katı atıklar	5
Hava kirliliği	3
Gürültü kirliliği	5
TOPLAM	13

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Korunan alanlar; doğal, tarihi ve kültürel değerler açısından ulusal ve uluslar arası önem arz eden ancak; kentleşme, turizm, tarım ve sanayi gibi sektörlerin kirlilik tehdidi ve baskısı altında olduğundan bu alanların coğrafi sınırları belirlenerek kontrollü bir şekilde yönetiminin sağlanması gerekmektedir. Bu kapsamda 383 sayılı KHK ile kurulan “Özel Çevre Koruma Kurumu Başkanlığı” görev, yetki ve sorumluluğunda olan korunan alanlar, 17.08.2011 tarihinden itibaren 644 ve 648 sayılı KHK ile Çevre ve Şehircilik Bakanlığı’na bağlı olarak kurulan “Tabiat Varlıklarını Koruma Genel Müdürlüğü”nce korunmaktadır.



Bu çalışma kapsamında hazırlanan “Tasarım Rehberi”; korunan alanlarda gerçekleştirilmesi planlanan yeni ekolojik yerleşimlerin tasarımına esas olacak temel kriterleri içermektedir. Çevreye duyarlı yerleşimlerin tasarımında kullanılacak bu kriterler dikkate alınarak hazırlanan değerlendirme ve derecelendirme tablolarının ise; ekolojik yerleşim olarak planlanacak yeni yerleşimler ile ekolojik yerleşime dönüştürülmek istenen mevcut yerleşimlerin yeni gelişen bölgeleri için kullanılabilmesi mümkündür. Bu kapsamda; korunan alanlarda yer alan bir yerleşimin ilgili idaresinin Çevre ve Şehircilik Bakanlığı (Tabiat Varlıklarını Koruma Genel Müdürlüğü)’ne “Ekolojik yerleşim” kurabilmek amacıyla başvurması durumunda bu talep, söz konusu tasarım rehberi kriterleri ve değerlendirme derecelendirme tabloları kullanılarak değerlendirilebilir, oluşturulacak sertifikasyon sistemi ile “Çevreye duyarlı yerleşim sertifikası” alması mümkün olabilir.

Bu sayede söz konusu yerleşimlerin uluslararası platformda tanıtımı gerçekleştirilerek ülke ekonomisine ve yerel istihdama katkı sağlanmış olacaktır.

TEŞEKKÜR

Yazar; bu çalışmaya altlık teşkil eden “Özel Çevre Koruma Bölgelerinde Doğal Ve Kültürel Değerlere Uyumlu Yerleşim ve Yapı Modellerinin Geliştirilmesi Projesi” adlı projenin gerçekleştirilmesini sağlayan (Mülga Özel Çevre Koruma Kurumu Başkanlığı) Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Tabiat Varlıklarını Koruma Genel Müdürlüğü’ne, teşekkür ve şükranlarını sunar.

KAYNAKLAR

Baron, J., 1998, Public Affair and the Consumer Landscape, Journal of American Water Works Association, 90/1, 44-48.

Bishop, B., 1998, Bubbling to the Surface:Public Water Supply Issues, Journal of American



*Water Works Association, 90/1,
49-54.*

*Huismans, F.S., 2008, Ecocity, Book II
How to Make It Happen,
Avusturya, Edited by: Philine
Gaffon, Gé.*

http://www.passerelleco.info/article.php3?id_article=116.

*Mülga Özel Çevre Koruma Kurumu
Başkanlığı, 2010, Özel Çevre
Koruma Bölgelerinde Doğal ve
Kültürel Değerlere Uyumlu
Yerleşim ve Yapı Modellerinin
Geliştirilmesi Projesi.*

*Key Performance Indicators of the Eco-
city.*

<http://www.tianjinecocity.gov.sg>

*Passerelle Eco, 2003, Qu'est-ce qu'un é c
o v i l l a g e .*

*Vandemeulebroecke, G., 2004,
Ecovillages: une alternative vers
l'écoresponsabilité.*

ÇBT YAZIM KURALILARI

1. Çevre Bilim Teknoloji (ÇBT) dergisinde yayımlanmak üzere araştırma makaleleri kabul edilmektedir.
2. Derginin yazım dili Türkçe'dir. Sadece Abstract kısmında İngilizce kullanılmalıdır.
3. Dergiye gönderilecek makaleler özel boyutlarda (195x275) kâğıtlara 1,5 aralıkla ve 12 punto Arial karakteriyle yazılmalıdır.
Makale uzunluğu 8.000 sözcüğü aşmamalıdır.
4. Özet ve Abstract kısımları Giriş Bölümünden önce verilmelidir. 100 -150 sözcük arasında ve somut bulguları özetler nitelikte hazırlanmalıdır.
5. Anahtar Sözcükler, en fazla altı sözcükten oluşmalı ve Türkçe ve İngilizce olarak Özet ve Abstract kısmının sonuna eklenmelidir.
6. Metin içerisinde kullanılan kısaltma ve semboller Özet ve Abstract kısmından sonra Giriş bölümünden önce liste halinde verilmelidir. Örneğin:
TEİAŞ Türkiye Elektrik İletim Anonim Şirketi TÜİK Türkiye İstatistik Kurumu
UNSD United Nations Statistics Division
7. Makalede incelenen konunun yeri, önemi, çalışmanın amacı kısaca açıklandıktan sonra bu konuda daha önce yapılan çalışmalara atıfta bulunulmalı ve makaledeki konunun hangi boşluğu dolduracağı, katkısının ne olacağı belirtilmelidir. Bu bölümde, genel ve makale ile ilgili az bilgilerin verilmemesine özen gösterilmelidir.
8. Yapılan çalışma, ilgili literatür ışığında irdelenmeli ve sonuçlar kritik edilmelidir.
9. Yapılan çalışmada kullanılan yöntem/yöntemler açık ve net ifadeler ile belirtilmeli, ilgili kaynaklar verilmelidir.
10. Uzun literatür ve/veya altyapı bölümlerinden kaçınılmalıdır.
11. Çalışmada elde edilen sonuçlar yalın bir şekilde ifade edilmelidir.
12. Çalışma ile ilgili bir teşekkür yazılacak ise (destekleyen kurumlara veya yardımda bulunan kişilere) kaynaklar kısmından önce verilmelidir.
13. Makalelerde son bölüm olarak, atıfta bulunulan daha önceki çalışmaların bir listesini içeren kaynaklar bölümü olmalıdır.
14. Metin içerisindeki atıflar yazar isimleri ve tarihini belirtir şekilde, örneğin İngilizce ise (Angelidaki and Ahring, 1995), Türkçe ise (Aslanoğlu ve Aydınalp, 2011) olarak yapılmalıdır. Üç ya da daha fazla yazarlı çalışmalara atıflar, metin içerisinde İngilizce ise çalışma (Angelidaki and Ahring, 1995; Bhattacharya et al., 1996) şeklinde noktalı virgül ile ayrılmalıdır.
15. Kaynaklar bölümünde atıfta bulunulan çalışmalar yazarların soyadlarına göre alfabetik olarak sıralanmalı ve atıfta bulunulan her çalışma için çalışmanın yazarları, ismi, yayımlandığı dergi, cilt, sayı ve sayfa numarası ile birlikte yayımlanma yılı; internet kaynakları için vweb adresi ve erişim tarihi belirtilmelidir. Ayrıca aynı web adresinden aynı yıla ait birkaç atıfta bulunulacak ise metin içerisindeki sırasına göre örneğin TÜİK, 2010a; TÜİK, 2010b, şeklinde yazılmalıdır. Aşağıda Kaynaklar yazımına dair birkaç örnek verilmektedir:

Randall, A.W. and Dague, R.R., 1996, Enhancement of Granulation and Start-Up in the Anaerobic Sequencing Batch Reactor, Water Environment Research, Vol. 68/5, pp. 883 - 892. Snoeyink, V.L. and Jenkins, D., 1980, Water Chemistry, John Wiley & Sons, New York. Çöp Hizmetleri Yönetimi, 2001, Türkiye ve Orta Doğu Amme İdaresi Enstitüsü - TODAİE, Yerel Yönetimler Araştırma ve Eğitim Merkezi, No: 11, Ankara. Devlet Planlama Teşkilatı, 1998, Ulusal Çevre Eylem Planı, DPT Yayınları, Ankara.

TÜİK, 2010, Türkiye Sera Gazı Emisyon Envanteri, http://www.tuik.gov.tr/PreTablo.do?tb_id=10&ust_id=3, Erişim Tarihi: 03.04.2010.

Kamu Yönetimi "Reformu", 2005, Bölge Kalkınma Ajansları Yasa Tasarısı Sempozyumu, YAYED-TMMOB Çevre Mühendisleri Odası Ankara Şubesi, Ankara.

16. Yazarı belli olmayan kaynaklarda belge adı ilk önce yazılmalı, daha sonra tarih, yayımcı veya belgenin alındığı eser, rapor ya da web sitesi belirtilmelidir.
17. Şekil ve Çizelgeler metin içerisinde uygun yerlere numaralandırılarak yerleştirilmelidir. Atıf yapılması gereken durumlarda ana metin içerisindeki atıf kuralları uygulanmalıdır. Çizelge başlıkları çizelgenin üst kısmında ve Şekil başlıkları şeklin alt kısmında verilmelidir. Başlıklar mümkün olduğunca kısa ve açıklayıcı olmalı ve başlıklarda 9 punto Arial kullanılmalıdır. Ana metin içerisinde verilen Şekiller, ilave olarak .eps, .pdf, .jpg, .psd veya .tiff formatlarında ve 14x20cm boyutunda ayrı bir dosya içerisinde gönderilmelidir. Ayrıca ana metin içerisinde verilen Çizelgeler .xls veya .xlsx formatında ayrı bir dosya içerisinde gönderilmelidir. Şekil ve Çizelgeler için hazırlanan dosyalardaki numaralandırmalar ana metin içerisindeki numaralandırmalar ile aynı olmalıdır.

Çizelge 1. Mevsimsel Sıcaklık Ortalamaları (MİGM,2011).

Şekil 5. Türkiye Siyasal Haritası (HGM, 1989).

18. Metin içerisindeki formüller numaralandırılarak verilmeli, formüllerde geçen sabit ve değişkenler formülden hemen sonra birimleri ile birlikte açıklanmalıdır. Örneğin:
$$x=y+z \quad (1)$$
19. Dergide yayımlanacak makalelerde SI birimleri kullanılmalıdır. Farklı birimler kullanmanın zorunlu olduğu koşullarda büyüklüğün SI sistemindeki eşdeğeri parantez içerisinde belirtilmelidir.
20. Yukarıda belirtilen yazım kurallarına göre hazırlanacak araştırma makaleleri elektronik [cibt@cmo.org.tr](mailto:cbt@cmo.org.tr) veya editörlerin e-posta adreslerine gönderilmelidir. Ayrıca makale yazım kurallarına uygun olarak hazırlanmış metin şablonuna http://www.cmo.org.tr/yayinlar/dergi_goster.php?kodu=718 adresinden ulaşılabilir.

tmmob evre mühendisleri odası

www.cmo.org.tr