

Karbon Yakalama ve Depolama (Carbon Capture and Storage)
CCS Teknolojisi Kapsamında Son Yapılan Küresel Bilimsel
Araştırma ve Geliştirme (ARGE) Faaliyetleri

Ahmet Cangüzel Taner

Fizik Yüksek Mühendisi

Fizik Mühendisleri Odası (canguzel.taner@gmail.com)

Kömür, doğalgaz, petrol gibi fosil yakıtlar kullanımı global boyutta hızla artmaktadır. Fosil kaynaklı elektrik santralleri, demir çelik, çimento, alüminyum vb ağır sanayi tesisleri, hava, deniz taşıtları ve kara nakil araçları, ev ve iş yerleri ısınma, soğutma ve diğer enerji gereksinimleri büyük oranlarda küresel fosil yakıt yakılması suretiyle karşılanmaktadır. Özellikle fosil yakıt kullanan güç santralleri atmosfere yoğun şekilde sera gazları emisyonları yapmaktadır. Sera gazı emisyonları içerisinde yüksek oranlarda bulunan karbon salımlarının yok edilmesi teknolojileri geliştirilmeye çalışılmaktadır. Küresel ısınma ve küresel iklim değişikliği mekanizmaları içerisinde küresel karbon salımları önemli yer tutmaktadır. Küresel karbon salınımlarının bertaraf edilmesi teknikleri arasında en yaygın teknik karbon tutma ve depolama (carbon capture and storage) CCS teknolojileri adı ile anılmaktadır. Aslında fosil yakıt kaynaklı termik santraller kanalıyla yayılan karbondioksitin tutulmasında kullanılan karbon yakalama ve karbon depolama CCS teknolojisi zor değildir. Ancak şimdilik CCS teknolojisi maliyeti son derece pahalıdır. Öte yandan, yakalanan karbondioksit emisyonları, yeraltı katmanları arasına sıkışmış veya tükenmeye yüz tutmuş petrol yatakları içerisine pompalanmak suretiyle ham petrolün yeryüzüne çıkarılması ve petrol üretim artışı sağlanması teknolojileri kapsamında da kullanılmaktadır. Böylece CCS teknolojisi maliyetleri bir nebze olsun düşürülmektedir. Norveç'te yeni geliştirilmeye çalışılan ve parlak törenle tanıtılan bir proje ile CCS teknolojileri maliyetlerinin çok daha düşük düzeylere çekilmesi hedeflenmektedir. Yeni CCS teknolojisi projesinin boş bir hayal olup olmadığını ise zaman gösterecektir.

Mongstad petrol rafinerisi karbondioksit yakalama ve karbondioksit depolama tesisleri 07 Mayıs 2012 tarihinde ünlü Norveçli şarkıcı

Helene Boksle'nin sahne aldığı görkemli tören sonrası Norveç Başbakanı Jens Stoltenberg tarafından hizmete açılmıştır. Büyük bölümü ışıltı ışıltı parlayan çok karmaşık arapsaçına benzeyen metal borulardan oluşan karbondioksit tutma ve karbondioksit depolama tesisi kendi alanında dünyanın en büyük aynı zamanda en yeni deneme amaçlı karbon yok etme kompleksi sayılmaktadır. Karbondioksit hapsedme tesisi olarak da adlandırılan kompleksin yaygınlaştırılmasının küresel ısınma ve küresel iklim değişiklikleri sorunları bağlamında önleyici katkı sağlaması beklenmektedir. Karbon yakalama ve depolama CCS teknolojisi temel olarak üç ana safhadan oluşmaktadır. İlk safhada karbon yakalama işlemi gerçekleştirilmektedir. Diğer iki safhada ise yakalanan karbondioksitin yeraltında bulunan kayalara pompalanması ve depolanması işlemleri yerine getirilmektedir. Küresel fosil yakıtlar kullanımı bu hızla artması halinde gelecekte dünyanın insan sağlığı ve çevre güvenliği perspektifleri açısından ciddi problemlerle karşılaşmaması için çok sayıda CCS teknoloji tesisin faaliyete geçirilmesi zorunluluk arz etmektedir. Fosil yakıt kökenli termik santraller, çimento fabrikaları ile demir ve çelik tesisleri vasıtasıyla atmosfere salınan karbondioksit emisyonlarının bertaraf edilmesi çerçevesinde CCS teknolojileri şimdilik en iyi teknolojik yöntem olarak görülmektedir. Küresel ısınma ve küresel iklim değişiklikleri sorunları durdurulabilmesi için ortalama global sıcaklık artışının 2°C ile sınırlandırılması konusunda bilim insanları görüş birliği içerisinde bulunmaktadır. Bu bağlamda 2050 yılına kadar küresel karbondioksit emisyonlarının %50 oranında azaltılması zorunluluğu üzerinde durulmaktadır. Zengin ülkeler düşünce kuruluşu Uluslararası Enerji Ajansı (**International Energy Agency-IEA**), CCS teknolojileri yoluyla küresel karbondioksit salımlarının %20 düzeyinde en ekonomik şekilde azaltılabileceğini öngörmektedir. Söz konusu seviyeye ulaşılabilmesi için IEA, 2020 yılına kadar 100 ve 2050'ye kadar ise en az 3000 karbon yakalama tesisi kurulması gerektiğini savunmaktadır. Ancak şu anda dünyada sadece 10 adet karbondioksit arıtma tesisi faaliyette olup, çoğunluğu Kuzey Amerika'da olmak üzere 28 adet karbon yakalama ve depolama tesisi yapım ya da planlama aşamasındadır. Kanada Alberta Eyaletinde sürdürülen CCS teknolojisi içeren bir proje istenilen performansa ulaşılma zorluğu gerekçesiyle 01 Mayıs 2012 tarihinde iptal edilmiştir. Aslında gerçek neden sadece

arzulanan performansa erişilme güçlüğünden kaynaklanmamaktadır. CCS teknolojisi maliyetlerine ilaveten tesis işletme giderleri de sebep teşkil etmektedir. Örneğin, Norveç'e ait çok büyük petrol şirketi Statoil karbondioksit yakalama ve depolama tesisi, 1996 yılından beri Kuzey Denizi Sleipner doğalgaz çıkarılması sahasında faaliyet göstermektedir. Tesiste kullanılan yöntem çok yüksek oranlarda elektrik kullanmakta ve böylece CCS tesisi işletme maliyetleri de aşırı düzeyde artmaktadır. CCS teknolojisi ilk yatırım ve işletme maliyetlerinin azaltılabilmesi için ise Mongstad petrol rafinerisi karbon yakalama ve hapsetme tesisi gibi deneme amaçlı da olsa çeşitli komplekslerin araştırılması ve geliştirilmesi bağlamında ARGE faaliyetlerine ciddi boyutlarda ekonomik kaynak aktarılmasına gereksinim duyulmaktadır.

Karbon yakalama teknolojilerinde genellikle karbondioksit emisyonları, amonyak türevleri aminler (amines) ya da amonyum karbonat (ammonium carbonate) çözeltileri ile beraber kimyasal işleme tabi tutulmaktadır. Söz konusu yolla karbondioksit konsantrasyonları, karbamatlar (carbamates) ve bikarbonatlar (bicarbonates) şeklinde çözünür kimyasal maddeleri oluşturmak için reaksiyona girmektedir. Çoğunlukla atık olarak ortaya çıkan azot gazı ise güvenli biçimde atmosfere salınabilmektedir. Bu arada karbon zengini çözelti, içinde bulundurduğu karbondioksiti açığa çıkarmak için ayrı bir tankta tutulmaktadır. Daha sonra açığa çıkan karbondioksit, uzun borular vasıtasıyla depolanma sahasına gönderilmektedir. Aminler veya amonyum karbonat ise geri dönüşüm ve geri kazanım yoluyla yeniden kazanılmaktadır. Karbon yakalama ve karbon tutma tesisi şu ana kadar anlatılanlar çerçevesinde kusursuz aynı zamanda düzenli şekilde işlemektedir. Ancak kömür yakan elektrik santralleri içerisinde karbondioksit yakalama ve karbondioksit hapsetme tesisi kullanıldığı takdirde durum değişmektedir. Kömür yakıtlı güç santralleri içinde kullanılan karbondioksit tutma tesisi santralin ürettiği elektriğin %25'ini harcamaktadır. Konu üzerinde çalışmalar yapan Amerika Birleşik Devletleri Massachusetts Institute of Technology-MIT'de görevli kimya mühendisi Howard Herzog, karbondioksitin depolanması maliyeti olarak ton başına 50 dolar ila 100 dolar arasında değişen bir maliyet hesaplamaktadır. Ancak yakalanan karbondioksit, petrol şirketlerine ham petrol üretimi

aşamasında kullanılmak üzere satılabilmektedir. Petrol şirketleri tarafından tükenmekte ya da kısmen tükenmiş olan petrol kuyularından daha fazla ham petrol çıkarmak için sözü edilen kuyulara karbondioksit pompalanmak suretiyle üretim artışı sağlanabilmektedir. Ham petrol çıkarılması sırasında kullanılacak karbondioksitin tonu 40 dolara kadar petrol çıkaran şirketlere pazarlanabilmektedir. Öte yandan, çoğu karbondioksit üretim tesisi, tükenmekte olan petrol kuyularının yanında değildir. Bununla beraber, fiyatları makul ölçülerde olan ve CCS teknolojisi ile çalışan karbondioksit üretimi tesisleri yaygınlaştığı takdirde maliyetlerin azalacağı tahmin edilmektedir. Ancak yine de bahse konu teknolojinin ekonomik destek fonları ve sübvansiyonlara gereksinim duyacağı kaçınılmaz görülmektedir.

2009 yılında Amerika Birleşik Devletleri tarafından sağlanan 3 milyar dolarlık ekonomik teşvik paketi ile birlikte son yıllara kadar CCS teknolojileri büyük rağbet görmekteydi. Şimdilerde ise çok sayıda proje iptal edilmektedir. Projelerin iptal gerekçesi olarak yatırımcıların hükümet taahhütleri konusundaki kuşkularının artması ile beraber maliyetlerin öngörülenden çok daha yüksek düzeylerde gerçekleşmesi kaynak gösterilmektedir. Teknolojiye karşı duyulan endişelere rağmen 1 milyar dolar tahsis edilen Mongstad projesi, Norveç Hükümeti desteği aynı zamanda Statoil, Shell ve Güney Afrika Sasol firmalarının katkılarıyla eşine az rastlanır ilgi çekici şaşalı bir törenle deneme faaliyetine geçirilmiştir. İki adet karbon yakalama ve karbon depolama tesisi olan proje içerisinde tüm işlemler 4000 den fazla hassas cihazla kontrol ve denetim altında tutulmaktadır. Projenin toplam kapasitesi yılda 80000 ton karbon hapsedilmesi olarak planlanmıştır. Proje kapsamında çalışacak karbon yakalama ve karbon hapsedme tesisleri, petrol rafinerisi karbon emisyonları ve yakınındaki doğalgaz kombine çevrim santrali karbondioksit emisyonları ile bağlantılı olacaktır. Söz konusu tesisler farklı akış hızları ve çeşitli karbondioksit konsantrasyonu değişimlerine uyumlu olarak çalışabilmektedir. Örneğin, tesisler %3.5 ila %14 oranındaki değişimlerde bile çalışmasını sürdürebilmektedir. Mevzu bahis değişim oranları ise kömür yakıtlı termik santral işletilmesi verilerine eşdeğer gelmektedir.

Tesislerin alıştırılması sırasında ayrıca karbon yakalama teknolojisi de test edilecektir. Őöyle ki, iki tesisin biri Norveç Fırması Aker Clean Carbon tarafından 14 ay sürece amonyak türevi yeni amin solüsyonu denenmesi amacıyla kullanılacaktır. Diğer tesis de ise Fransız Fırması Alstom tarafından 18 ay boyunca amonyum karbonat prosesi için denenecektir. CCS teknolojileri içerisinde sadece amin ve amonyum karbonat solüsyonlar temelinde kimyasal işlemler kullanılmamaktadır. Ayrıca gazlaştırma ve oksijen yakımı olarak adlandırılan diğer teknikler de CCS teknolojisi içinde yer almaktadır. Oksijen yakılması tekniğinde kömür ya da karbon havadan ziyade saf oksijen ile reaksiyona sokulmakta ve oluşan atık gaz da depolanmadan önce çok daha az muameleye tabi tutulmaktadır. Önce yanabilir hidrojen oluşturmak için kömür, oksijen ve buhar kullanılmaktadır. Daha sonra ise kömür doğrudan doğruya yakılmaktadır. Ancak oksijenin saflaştırılması ve buharın oluşturulması kapsamında her ikisi için de yüksek oranlarda enerji harcanmaktadır. Diğer taraftan gazlaştırma tekniğinde de ilave tesislerin yapılması gerekmektedir. Ayrıca, söz konusu tekniğin mevcut fosil yakıtlı güç santralleri kapsamında kullanılma olasılığı da bulunmamaktadır. Sonuçta karbon yakalama ve depolama teknolojilerinin ciddi olarak uygulanması düşünöldüğü takdirde tesislerin yüksek maliyetlerine katlanılması icap etmektedir. Mongstad tesisleri sayesinde söz konusu maliyetlerin azaltılabilmesine imkân sağlanması ve projenin her yönü ile uygulanabilirliğinin sınanması ise CCS teknolojilerinin geleceği açısından çok büyük önem taşımaktadır.

Kaynaklar:

- Haziran 2007'de bir araya gelen G8'lerin Gündemi: Küresel Isınma, İklim Değişikliği ve Sera Gazı Emisyonları, Ahmet Cangüzel Taner, Fizik Mühendisleri Odası Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2007.
- Fosil Yakıtlı Termik Santraller, Ahmet Cangüzel Taner, Fizik Mühendisleri Odası Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2009.
- Küresel Karbon Emisyonları ve Küresel Karbon Ticareti, Ahmet Cangüzel Taner, FMO Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2009.
- İleri Nökleer Santraller, İklimsel Değişim Mekanizmaları, Küresel Isınma ve İklim Değişiklikleri Bilimsel Raporları, Ahmet Cangüzel Taner, Fizik Mühendisleri Odası Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2010.

- Temiz Enerji Kaynakları, Nükleer Elektrik Reaktörleri, Küresel Ekonomik Kriz ve Küresel Mali İflas, Ahmet Cangüzel Taner, FMO Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2010.
- Kömür Yakan Termik Santraller, Ahmet Cangüzel Taner, Fizik Mühendisleri Odası Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2011.
- Doğalgaz Çevrim Santralleri ve Kömürlü Elektrik Santralleri, Ahmet Cangüzel Taner, FMO Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2011.
- Doğa Dostu Temiz Fosil Yakıtlı Elektrik Santralleri Geliştirilmesi Kapsamında Karbon Yakalama ve Karbon Tutma (CCS) Teknolojileri Perspektifleri, Ahmet Cangüzel Taner, FMO Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2011.
- Küresel Sıcaklık Artışları, Küresel Sıcaklık Ölçümleri ve Küresel Isınma, Ahmet Cangüzel Taner, Fizik Mühendisleri Odası Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2011.
- Sona Erecek Kyoto Protokolü Öncesi Durban Küresel Isınma ve Küresel İklim Değişikliği Müzakereleri, Ahmet Cangüzel Taner, Fizik Mühendisleri Odası Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2011.
- Güney Afrika 2011 Durban Küresel İklim Değişikliği Zirvesi, Ahmet Cangüzel Taner, FMO Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2011.
- Asya Kıtası Elektrik Üretimi Perspektifi Kapsamında Temel Enerji Kaynağı Kömür Kullanımı ile Çin ve Hindistan'da Kömürle Çalışan Termik Santraller, Ahmet Cangüzel Taner, FMO Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2012.
- Küresel Isınma ve Küresel İklim Değişiklikleri Nedenleri Arasında Sayılan Küresel Karbondioksit Emisyonları Yok Edilmesi Teknolojileri Maliyetleri, Ahmet Cangüzel Taner, Fizik Mühendisleri Odası Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2012.
- Amerika Birleşik Devletleri Kömür Kökenli Termik Santraller Geleceği ve Karbondioksit Emisyonları ile ilgili Federal Seviyede Yeni Yasal Düzenlemeler, Ahmet Cangüzel Taner, FMO Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2012.
- The Economist Dergisi (12 Mayıs - 18 Mayıs 2012).

Fizik Mühendisleri Odası Resmi İnternet Sitesi:

[www.fmo.org.tr/ yayinlar/faydali-bilgiler](http://www.fmo.org.tr/yayinlar/faydali-bilgiler)