

Uluslararası Hidrojen Teknolojileri Kongresi 2018



Hidrojen Teknolojileri Derneği tarafından düzenlenen Üçüncü Uluslararası Hidrojen Teknolojileri Kongresi 15-18 Mart tarihleri arasında Alaaddin Keykubat Üniversitesi Alanya' da gerçekleştirilecektir. IHTEC 2018 Araştırmacılar, Bilim adamları ve Mühendisler için son gelişmeleri sunmak ve mevcut sorunları tartışmak için bir fırsat sunacaktır. Kongrenin amacı, hidrojen teknolojileri konusunda bilimsel, endüstriyel ve sosyal işbirliğini sağlamak ve sürdürülebilir koordinasyonu geliştirmek; hidrojen üretimi, temizlenmesi, depolanması, uygulamaları, modellenmesi, analizi, güvenliği ve stratejileri konularında gerçekleştirilen çalışmalarını ulusal düzeyde değerlendirmek; tartışmak; fikir alışverişinde bulunmak ve bu faaliyetlerin hayata geçirilmesinde aracı olmak ve öncülük yapmaktır.

Hidrojen Teknolojileri Derneği
Yönetim Kurulu Başkanı



ULUSLARARASI ENERJİ SEMPOZYUMU Kıbrıs Türk Mühendis ve Mimarlar Odaları Birliği 20-21 Mayıs 2017 de Girne'de Uluslararası Enerji Sempozyumu IES2017 düzenledi.

ULUSLARARASI ENERJİ SEMPOZYUMU Kıbrıs Türk Mühendis ve Mimarlar Odaları Birliği 20-21 Mayıs 2017 de Girne'de Uluslararası Enerji Sempozyumu IES2017 düzenledi. Bu kongrede davetli konuşmacılar Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının değerlendirilmesi konusunda sunumlar yaptılar. Konular enerji kaynakları, enerji üretimi ve iletimi, enerji yönetimi, çevresel faktörler ve enerji politikaları ana başlıklarındaydı. Özellikle KKTC'nin güneş enerjisinden fotovoltaik elektrik üretim gücünün hızla ar-

tışı ve potansiyelinin artırılması için neler yapılabileceği konusundaki düşünceler ve veriler paylaşıldı. Fotovoltaik elektriğin halen KKTC'nin %20 sini karşılayabildiği ancak istikrarlı bir durum olabilmesi için bu payın %10 civarında tutulması gerektiği, bu nedenle fazla üretilen elektrik gücünün Türkiye'ye transfer olasılığı tartışıldı. Fas'ta üretilen fazla gücün İspanya üzerinden Avrupaya transferi ve Maltada üretilen fotovoltaik elektriğin Sicilya ve dolayısıyla İtalya'ya transferi örnek projeleri sunuldu. Prof. Dr. İbrahim Dinçer yenilenebilir enerji kaynakları ve hidrojenle akıllı enerji opsiyonları konusunda bir konuşma verdi. Prof. Dr. İnci Eroğlu güneş enerjisiyle hidrojen enerji sistemleri konusunda yaptığı konuşmada

Hidrojen Enerji Sistemiyle gündüz üretilen fazla elektriğin suyun elektroliziyle hidrojen ve oksijene dönüştürülmesi, üretilen hidrojenin depolanması ve gerektiğinde yeniden elektriğe dönüşümü hakkında bilgi ve örnekler verdi. PEM yakıt pili teknolojisinde Türkiye'de ulaşılan son durumu açıkladı. Bu tür sistemlerin geliştirilmesi ve uygulanmasına çok ihtiyaç var (Konuşmalar ve slaytlar için bakınız <http://www.ies2017.org/ies-present.html>).



HYdrogen POver THEoretical and Engineering Solutions International Symposium

Uluslararası HYPOTHESIS XII sempozyumu, 28-30 Haziran 2017'de Sicilya, İtalya'da toplandı. Sempozyuma ODTÜ'den katılan Yrd. Doç. Dr Harun Koku Biyolojik Hidrojen Üretim Teknolojisinin geliştirilmesi oturumunun düzenleyicilerinden biriydi ve açık alanda pilot boyutta cam biyoreaktörlerde fotosentetik bakterilerle şeker ve melastan hidrojen üretimi araştırmalarının sonuçlarını paylaştı. Biyolojik hidrojen üretimi konusundaki araştırmalarla ilgili gelişmeler de bu oturumda tartışıldı. Aynı kongrede yakıt pilleri, alternatif üretim teknikleri, hidrojenin enerji taşıyıcısı olarak büyük ölçekte kullanı-

mının ekonomisi ve hidrojen güvenliğinin teknik analizleri gibi çeşitli alt başlıklarda yoğun ve zengin bir içerik izleyicilerle paylaşıldı. Atılım Üniversitesi'nden Doç. Dr. Yılser Devrim, PEM yakıt pili yığını konusunda ülkemizde yapılan araştırmaları sundu. Reformingle hidrojen üretimi tepkimeleri konusunda ODTÜ Kimya Mühendisliği Bölümünde doktora öğrencisi Arzu Arslan ve aynı konuda Boğaziçi Üniversitesi Kimya Mühendisliği yüksek lisans öğrencisi Pelin Su Bulutoğlu sunum yaptılar. Bu sempozyum serisinin bir sonraki toplantısı Temmuz 2018'de Singapur'da gerçekleştirilecek.

İKİNCİ ULUSLARARASI ENERJİ DEPOLAMA VE DÖNÜŞÜM MALZEMELERİ SEMPOZYUMU

Bataryalar & süperkapasitörler, yakıt pilleri & elektrolizörler ve katı hal malzemelerle hidrojenin depolanması konularında ilki 2015'de düzenlenen Uluslararası Enerji Depolama ve Dönüşüm Malzemeleri Sempozyumunun ikincisi MESC-is2017 kongresi bu yıl 26-28 Eylül 2017'de Ortahisar Kapadokya'da düzenlendi. Kongre öncesi üç günlük bir yaz okulu yapıldı.

MESC-is2017'de sunulan yakıt pili çalışmaları

Yakıt pillerinin en önemli kısımlarından biri iyonik iletkenliğin gerçekleştiği membranlardır. Kocaeli Üniversitesi araştırmacıları doğrudan bor hidrür yakıt pilleri için SPEEK ve PBI bazlı membranların sentezi, karakterizasyonu ve tekli hücre testleri üzerine yaptıkları çalışmalarını sundular. Ömer Halisdemir Üniversitesi araştırmacıları PEM yakıt pillerinin serpantin akış plakalarındaki basınç düşüşünün modellenmesi ile ilgili çalışmalarını sundular. Katı oksit yakıt pilleri yüksek sıcaklık yakıt pilleri arasında özellikle sabit uygulamalar için oldukça önemli bir yer tutmaktadır. Aynı üniversiteden başka gruplar da katı oksit yakıt pillerindeki anot elektrotun üç boyutlu modellenmesi ve metal destekli katı oksit yakıt pili geliştirilmesi üzerine yaptıkları çalışmaları sundu. Niğde Üniversitesi'ndeki araştırmacılar da düşük sıcaklıkta çalışabilen katı oksit yakıt pilleri için geliştirdikleri MEA'lar ile elde ettikleri sonuçları paylaşmışlardır. Portekiz Aveiro Üniversitesi'nden araştırmacılar proton seramik yakıt pilleri üzerine yapmış oldukları çalışmaları sundular.

Atatürk Üniversitesi'nde yakıt pili katalizörleri üzerine çalışmalar devam etmektedir. Atatürk Üniversitesi Doç. Dr Ayşe Bayrakçeken'in grubu PEM yakıt pillerinde kullanılmak üzere azot doplu karbon nanotüp sentezi yapmış ve bu karbon yapılarına Pt yükleyerek elde ettikleri katalizörlerin sonuçlarını sunmuşlardır. Ayrıca aynı grup süperkritik karbondioksit depozisyonu yöntemi ile elde ettikleri grafen destekli tekli ve ikili nanoparçacık metal katalizörlerinin PEM yakıt pili çalışmalarının, azot doplu farklı karbon yapılarının PEM yakıt pili ve formik asit yakıt pili performansları ile ilgili çalışmalarını sunmuşlardır. Sabancı Üniversitesi çalışma grubu da oldukça hızlı ve zaman yönünden verimli olan mikrodalga ısıtma yöntemi kullanarak elde ettikleri katalizörlerin PEM yakıt pilinde kullanımını içeren çalışmaları hakkında bilgi verdiler. Atılım Üniversitesi araştırma grubu yüksek sıcaklıkta çalışabilen PEM yakıt pilleri için geliştirdikleri membran elektrot bileşenlerinin CO toleransının %5'e yükseltilmesini gösterdiler. Kongreye katılan TÜBİTAK MAM Enerji Enstitüsü çalışanları da elde ettikleri CVD grafenin katalizör destek

malzemesi olarak kullanımı ile ilgili çalışmalarını sundular. ODTÜ yakıt pili çalışma grubu elde ettikleri hidrofobik katalizör tabaka ile PEM yakıt pili performansını geliştirdikleri çalışmalarını sundular.

Japonya Osaka Üniversitesi'nden araştırmacılar doğrudan gliserol yakıt pillerinin anot katalizörleri üzerine yaptıkları çalışmalardan bahsettiler. ODTÜ Malzeme Mühendisliği'nden araştırma grubu da katı oksit yakıt pillerinin daha düşük sıcaklıklarda çalışabilmesi için geliştirdikleri katot malzemesi üzerine yaptıkları çalışmaları sundular. Kongrenin sanayi katılımcılarından Vestel Savunma A. Ş.'den İbrahim Pamuk katı oksit yakıt pili sistemi geliştirilmesinde karşılaştıkları zorluklar hakkında bir konuşma verdi. TEKSİS Firmasından Hüseyin Devrim, şirketlerinin Danimarka ile ortak sürdürülen EUROKA projesiyle havaalanlarında kullanılacak arabalar için geliştirdikleri PEM yakıt pili sistemi tasarımı ve imalat aşamalarını ve elde ettikleri sonuçları sundu. Norveçli Araştırmacı Crina Suci, temiz yüksek verimli denizüstü güç santrallerinin kurulmasıyla ilgili projelerini (CHEOP-CC) anlattı.

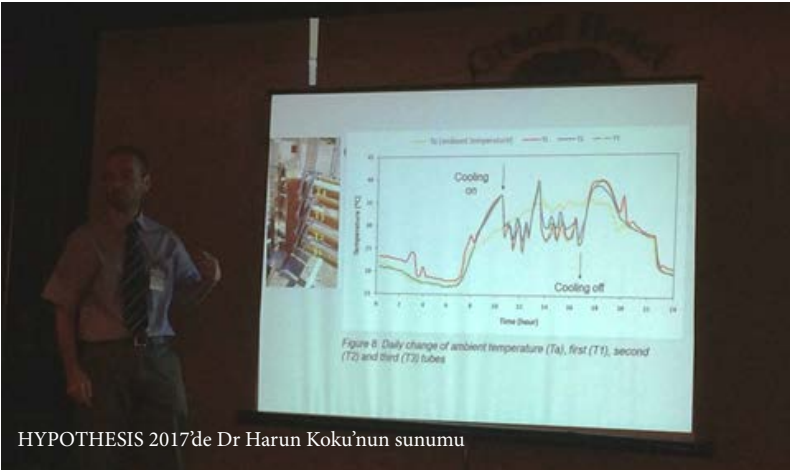
Türkiye Nanoteknoloji Çalışma Grubu kurulacaktır

Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı tarafından "Nanoteknoloji Stratejisi ve Eylem Planı (2017-2018)", Yüksek Planlama Kurulu'nun 17/07/2017 tarihli ve 2017/23 sayılı kararı ile onaylanmış, 19/09/2017 tarihli ve 31385 sayı-

lı Resmi Gazete' de yayımlanarak yürürlüğe girmiştir. Türkiye Nanoteknoloji Stratejisi ve Eylem Planında yer alan, sorumluluğu Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı'nda bulunan 1.1 numaralı "Türkiye Nanoteknoloji Çalışma Grubu kurulacaktır." eylemine istinaden bir çalışma grubu oluşturmaktadır. Türkiye Nanoteknoloji çalışma grubu'nun; nanoteknoloji çalışmalarını ülke genelinde planlaması, koordine etmesi, yönlendirmesi, sektörel hedefler belirlemesi, ülke incelemeleri yap-

ması/yaptırması, insan kaynağının geliştirilmesine yönelik öneriler sunması, taksonomi çalışmalarını koordine etmesi, ihtiyaç duyulan altyapıların belirlenmesi, potansiyel araştırma alanlarının tespit edilmesi, karşılaşılan engellerin ve darboğazların tespiti, teknolojik hazırlık/olgunluk durumu, pazar incelemeleri, teknolojik ve bilimsel riskler gibi alanlarda raporlar hazırlayarak öneriler sunması gibi çalışmalar yürütmesi amaçlanmaktadır.

2nd International Symposium on Materials for Energy Storage and Conversion Dilek Kaya Hotel, Ortahisar, Kapadokya'da 100'ün üstünde katılımı gerçekleşti.



HYPOTHESIS 2017'de Dr Harun Koku'nun sunumu

KİTAP TANITIMI



Ahmet Necdet Pamir'in **ENERJİNİN İKTİDARI** kitabı Ortadoğudaki enerji krizinin etkilerini anlamaya yönelik önemli bilgiler içermektedir. Kitapta, yazar "Enerji nedir? Günlük yaşamımızdaki önemi nedir? Ülkelerin gelişimlerinde, hatta var olmalarındaki rolü nedir? Enerji güvenliği ne demektir? ABD, AB, Rusya'nın enerji politikalarının temel unsurları nelerdir? Enerji

kaynakları bakımından zengin olan ülkelere yönelik işgallerin, sivil katliamlarının ardında büyük güçlerin ne gibi ihtirasları, kirli planları var? Türkiye'nin bir enerji politikası var mı? Enerji alanındaki sorunlarımız çözümsüz mü? Dışa bağımlılığımız kader mi? Ne yapmalı?" gibi sorulara yanıt aramaktadır. Enerjinin-iktidari/Necdet-Pamir Hayykitap.

DUYURULAR

- **EHEC2018 Uluslararası Kongresi**
14-16 Mart 2018 tarihinde Malaga İspanya'da yapılacaktır.
- **IHTEC2018 Uluslararası Kongresi**
15-18 Mart 2018 tarihinde Alanya'da yapılacaktır
<http://www.ihtec2018.org/>
- **HYPOTHESIS 2018 Uluslararası Kongresi**
24-27 Temmuz 2018 tarihinde Singapur'da yapılacaktır.
<http://www.hypothesis.ws/index.php/xiii-singapore>
- **WHEC2018 Dünya Hidrojen Enerjisi Kongresi**
17-22 Haziran 2018 tarihlerinde Rio de Janeiro Brezilya'da yapılacaktır.
<https://www.whec2018.com>
- **Geçmiş Olsun:**
Sayın Prof. Dr. Nejat Veziroğlu eşi ve kızı Miami'de kasırgadan etkilenmişler. Geçmiş olsun dilekelerimizi iletiyoruz.

BAŞARI HABERİ



Türkiye Bilimler Akademisi (TÜBA) 2017 yılı Üstün Başarılı Genç Bilim İnsanı Ödülü'ne (GEBİP) üyemiz Doç. Dr. Ayşe Bayrakçeken Yurtcan layık görüldü. Kendisini kutluyor başarılı çalışmalarının devamını diliyoruz.

HİDROJEN EKONOMİSİNE GEÇİŞTE BİYO-HİDMETAN ROLÜ

Prof. Dr. Nuri Azbar

Ege Üniversitesi, Biyomühendislik Bölüm Başkanı
Çevre Sor. Uyg. & Araştırma Merkez Müdürü
nuri.azbar@ege.edu.tr



Giriş

Hidrojen ve metan gazları sanayide oldukça fazla kullanılan gazlar olmakla beraber, son yıllarda yenilenebilir kaynaklardan üretimlerinin artışı ile beraber en çevreci enerji taşıyıcıları olarak da görülmektedirler. Sıfır karbonlu toplumlara ve ekonomiye geçişte son derece önemli bir role de sahip olan hidrojen, özellikle yakıt hücrelerinde kullanıldığında egsoz gazı olarak bıraktığı **su buharı** ile en temiz yakıt olarak dikkate alınmaktadır. Bununla beraber hidrojen üretim maliyetleri sıfır karbonlu süreçlere geçişteki en önemli kısıt olarak da karşımıza çıkmaktadır. Sadece kimya sanayinde değil bir çok alanda kullanımı bulunan metan gazı da özellikle sıkıştırılmış doğal gaz (CNG) olarak benzin ve dizel ile karşılaştırıldığında en temiz enerji taşıyıcılarından görülmektedir. Global NGV -2011 raporlarına göre son 15 yılda CNG ile çalışan araçların sayısında oldukça önemli miktarda artış olduğu görülmektedir.

Hidrojen ve metan karışımına (H_2+CH_4) "**HİDMETAN**" adı verilmektedir. Hacimsel olarak hidrojenin %10-25 mertebesinde olduğu bu gaz karışımının bu ticari adlandırılması 2010 yılında Eden Enerji Yıllık raporlarında (www.edenenergy.com.au) yapılmıştır. Hidrojen ve metanın her birinin kendine has avantajları dikkate alındığında fosil bazlı ekonomiden hidrojen esaslı ekonomiye geçişte HİDMETAN kritik bir yakıt olarak görülmektedir. Amerika ve Hindistan'da ticari olarak yaygın kullanımı olan HİDMETAN'a olan ilgi Volvo, Fiat ve diğer firmalarca da artmaktadır.

Hidrojen üretimi geleneksel olarak oldukça yüksek enerji ve maliyet yoğunluğu olan termokimyasal yöntemlerle yapılmaktadır, yüksek enerji yoğunluğu ve çevre dostu olmayan bu yöntemlere karşın son yıllarda biyotekno-

lojik yöntemler de önemli miktarda dikkat çekmeye başlamıştır. Çevre dostu mikroorganizmaların kullanımına dayalı bu biyolojik yaklaşımlarda atık konumundaki organik içeriği yüksek materyaller (biyokütle esaslı ham maddeler) başarı ile kullanılabilinmektedir. Organik maddelerden biyo-metan üretimi zaten son derece olgunlaşmış ve ticari olarak oldukça yaygın kullanılan bir teknolojidir. Sadece Almanya'da 13.000 'den fazla biyogaz tesisi olup ağırlıklı olarak biyokütleden elektrik ve ısı üretim amaçlı kullanılmaktadır. Metan üretiminin tek kademede gerçekleştiği geleneksel anaerobik biyogaz tesisleri iki kademeli çalıştırılarak HİDMETAN üretimine uygun hale getirilebilmektedirler. Proses termodinamiği, enerji geri kazanımı ve ekonomik açıdan bakıldığında hidrojen ve metanın ortak üretildiği HİDMETAN tesisleri tek başına hidrojen veya metan üretim tesislerine göre oldukça avantajlı görülmektedirler

BİYO-HİDMETAN ÜRETİMİ Temel Esasları

Biyokütleden Biyo-HİDMETAN'ın üretimi iki kademeli karanlık anaerobik fermentasyon yolu ile yapılmaktadır. Geleneksel olarak biyo-metan üretimi anaerobik bakteriler (*Klostridium* türü ağırlıklı olarak) ve arkea türü (*Methanobacterium*, *Methanosaeta* v.b) mikroorganizmalarca hidroliz, asidogenesis, acetogenesis ve metanogenesis adımları olmak üzere 4 aşamada gerçekleşmektedir. Geleneksel biyo-metan üretim tesislerinde tüm bakteri ve arkealar aynı biyoreaktör içinde yer almakta olup, biyokimyasal reaksiyonlar ardışıklı olarak gerçekleşmektedir. HİDMETAN üretimine yönelik yeni biyoproses konfigürasyonunda ise 4 aşamalı biyokimyasal reaksiyonların asitleşmeye kadar olan kısmı 1. Kademe biyoreaktöre alınarak gerçekleştirilmektedir. Ön biyoreaktör, 2.Kademede

üretilecek olan metan üretiminin ana maddelerinden olan uçucu yağ asitlerinin (asetik asit, bütirik asit, propiyonik asit v.b) ve alkoliklerin ve en önemlisi **hidrojenin** temel olarak üretildiği, çok daha kısa hidrolik alıkonma sürelerine sahip 1. Kademe olarak yer almaktadır. Bu reaktörden sonra 2.Kademeye geçen ara substratlar (uçucu yağ asitler ve alkoller) metanojenik mikroorganizmalarca metana dönüştürülmek üzere kullanılmaktadırlar. Bu amaçla sanayide ve tarımsal faaliyetlerde ortaya çıkan ve hatta evsel katı atıklardaki organik maddeler yaygın bir şekilde kullanılabilinmektedir. Bu teknolojinin en güzel yanı ise hem temiz bir enerji üretimi söz konusu olmakta hem de iklim değişikliği ile mücadelede çevre dostu enerji üretimi başarı ile yapılmaktadır.

HİDMETAN'ın Kullanımı ve BİYO-HİDMETAN'ın Önemi

HİDMETAN, 1980'li yıllardan bu yana araçlarda yakıt olarak kullanımı üzerine önemli bir ilgi toplamaya başlamıştır. Hali hazırda CNG gazı olarak kullanılan metan yakıtı temiz bir yakıt görülmekle beraber alev alma aralığı darlığı, yavaş yanma hızı ve yüksek ateş alma sıcaklığı nedeni ile zayıf yanma verimliliklerine sahiptir. Hidrojen karışımı bu tür zayıflıkları mükemmel bir şekilde ortadan kaldırmakla kalmıyor aynı zamanda sera gazı emisyonlarını da önemli miktarda azaltmaktadır. 1980'lerden bu yana yapılan HİDMETAN çalışmaları sonucunda araç yakıtı olarak HİDMETAN yakıt istasyonlarının sayısı önemli oranda artmıştır. Tek başına hidrojenin ve tek başına metanın üretimi birbirinden bağımsız üretimi sürdürülebilir ve çevre dostu bir yaklaşım olarak görülmediğinden biyolojik yollarla atık organik maddelerden ve biyokütleden Biyo-HİDMETAN üretim bir

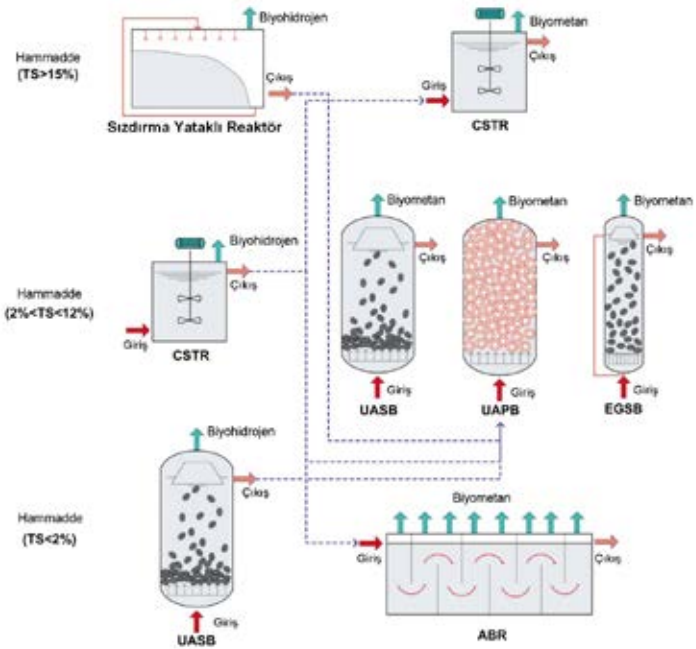
çok açıdan çevre dostu olarak görülmektedir. Biyo-HİDMETAN fosil bazlı yakıtlara önemli bir alternatif olarak gelişerek gelmektedir. Devasa miktarda ki atık organik madde mevcudiyeti, CNG yakıtına artan ihtiyaç ve doğal gaz dağıtım şebekesinin mükemmel gelişimi nedeni ile özellikle Çin'de Biyo-HİDMETAN üzerine ticari uygulama çalışmaları yoğun bir şekilde devam etmektedir. Çin'deki atık organik maddelerden 200 milyar m³ hidrojen ve 100 milyar m³ metan üretimi potansiyeli ile tüm Çin'in doğal gaz kullanımına eşdeğer olabilecek 300 milyar m³ Biyo-HİDMETAN üretiminin yapılabileceği tahmin edilmektedir.



Kaynak: Eden Energy Limited

Son Değerlendirme

Fosil bazlı yakıtlara bağlı küresel ısınma ve beraberinde getirdiği katastrofik iklim değişikliği etkileri herkes tarafından tartışılmaz kabul edilen bilimsel gerçeklerdir. Özellikle ulaştırma sektörünün küresel ısınma üzerine olumsuz etkisi çok yüksektir. Bu bağlamda hidrojen ve metan karışımından oluşan HİDMETAN yakıtı gelecek vaat etmektedir. Biyolojik yollarla atık materyalden Biyo-HİDMETAN üretiminin çevre dostu ve sürdürülebilir bir çözüm olacağını ve çok yüksek miktarda organik atık üreten Ülkemiz açısından da önemli bir potansiyeldir. Hidrojen araştırmalarına hayatını adanmış Miami Üniversitesi Temiz Enerji Araştırma Enstitüsü Direktörü sayın hocamız Prof. Dr. Nejat Veziroğlu'nu şiddetle savunduğu "Hidrojen Ekonomisine" geçiş sürecinde Biyo-HİDMETAN yaklaşımı ile çevreci dostu ve sürdürülebilir bir geçiş sağlanacağını söylemek mümkündür.



Kaynak: Bioresource Tchnology 135 (2013) 292-303



Kaynak: Eden Energy Limited

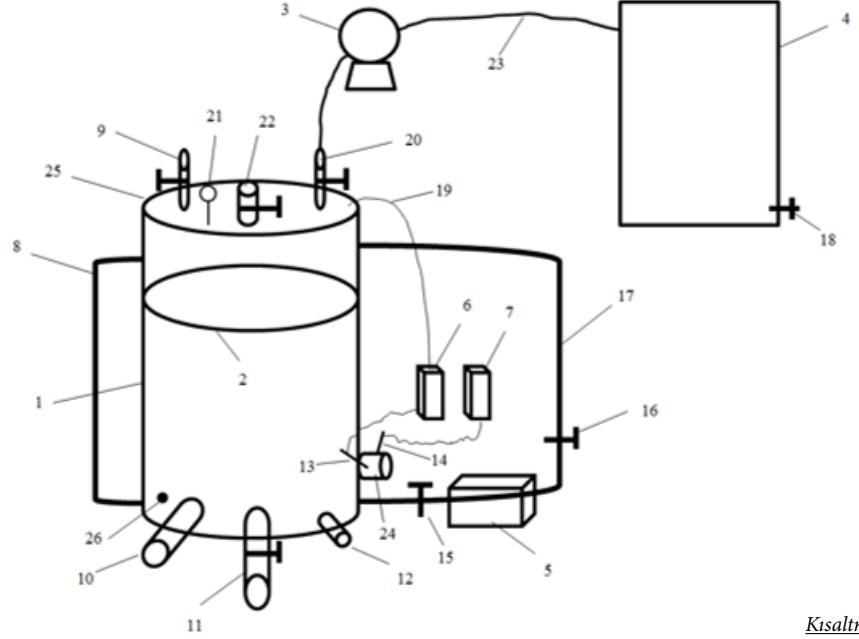


Kaynak: Eden Energy Limited

PAÜ'de H₂

Laboratuvarlarımızda farklı atıklardan fermentasyon yöntemi ile hidrojen gazı üretimi çalışmaları yapılmaktadır. Amacımız atık bertarafı yanında atığın hidrojen üretimi için değerlendirilmesidir. Şu ana kadar farklı meyve atıkları, atık kağıt, atık buğday ve mazelardan hidrojen üretimi üzerine tecrübeler kazanılmıştır. Bu kapsamda iki adet Tübitak projesi tamamlanmış olup, 140 L'lik pilot ölçekli reaktör geliştirilerek patent başvurusu yapılmıştır (Şekil 1). Farklı stratejiler üzerine yoğunlaştığımız çalışmalarımızda Türk ve yabancı uyruklu öğrenciler yer alabilmektedir. Çalışmalarımızın uygulamaya geçebilmesi için araştırmalarımız yoğun bir şekilde devam etmektedir.

Şekil 1. (1) Reaktör, (2) Substrat seviyesi, (3) Gaz sayacı, (4) Gaz toplama balonu, (5) Pompa, (6) Alkali dozaj pompası, (7) ORP kontrol cihazı, (8) Seviye göstergesi, (9) Gaz örneği alma hattı, (10) Isıtıcı, (11) Reaktör boşaltma hattı, (12) Sıcaklık göstergesi, (13) pH probu, (14) ORP probu, (15-16) Sıvı akımı kontrol vanası, (17) Atık devir hattı, (18) Gaz örneği alma hattı, (19) Alkali dozlama hattı, (20) Gaz çıkış vanası, (21) Manometre, (22) Reaktör Besleme hattı, (23) Gaz iletim vasıtası, (24) pH ve ORP problemleri bağlantı yatağı, (25) Reaktör kapağı, (26) Seviye şamandırası.



Kısaltma:
PAÜ: Pamukkale Üniversitesi