



ULİSA
Uluslararası İlişkiler ve Stratejik Araştırmalar Enstitüsü



Güz Seminerleri (III)

Hidrojen Füzyon & Enerji Ekosistemlerinin Geleceği



Doç. Dr. Selahattin Çelik
Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi
Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi



**26
ARALIK
2022
PAZARTESİ
SAAT: 13.30**



**15 Temmuz Şehitleri Binası
A Blok Salon A212
Ayvalı Mah. Halil Sezai Erkut Cad. 150. Sk. Etlik-Keçiören / Ankara**
- Park yeri mevcuttur | Genel katılıma açıktır.



DOÇ. DR. SELAHATTİN ÇELİK

Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi
Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi
Makine Mühendisliği Bölümü

Hidrojen & Füzyon

Motivasyon

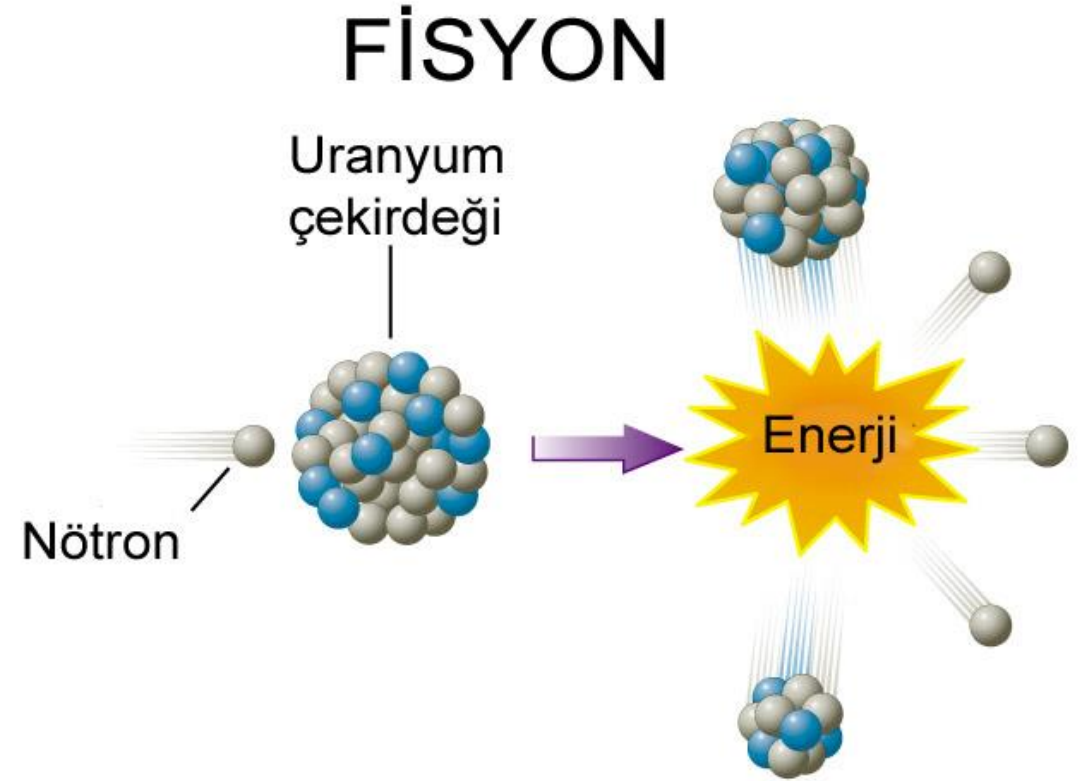
- ABD Enerji Bakanı **Jennifer Granholm**, Kaliforniya merkezli Lawrence Livermore Ulusal Laboratuvarı'ndan (LLNL) bilim insanlarıyla birlikte Washington'da yaptığı açıklamada, araştırmacıların ilk kez bir füzyon reaksiyonunda, **reaksiyonu ateşlemek için kullanılan daha fazla enerji ürettiğini** ve bunun "net enerji kazancı" olduğunu dile getirdi (13 Aralık 2022)



Fisyon Nedir?

- Fisyon (*fizik*) bir nötronun, ağır bir atom çekirdeğine çarpması sonucu, bu çekirdeğin birbirine yakın büyüklükte iki ya da daha çok parçaya ayrılarak nötronlar, gama ışınları ve enerji saçması olayıdır. Plütonyum, uranyum ve toryum kolaylıkla fisyonla uğrayabilir ve nükleer santraller bu şekilde enerji üretirler.

(©) Kaynak: <https://www.lafsozluk.com/2013/01/fisyon-fizyon-ve-fuzyon-nedir-ne.html>



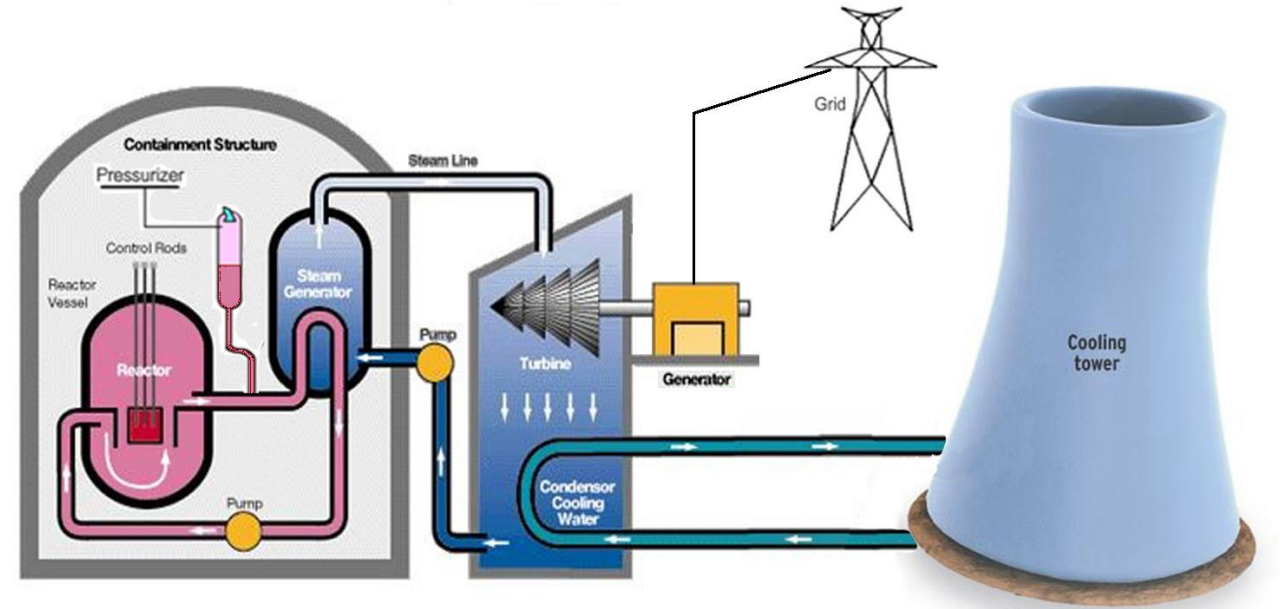
Fisyon ile Elektrik Üretimi (Nükleer Santraller)

- Avantajları

- Yüksek miktarda enerji üretebilir:
 - 1kg kömürden 3 kWh, 1 kg petrolden 4 kWh elektrik enerjisi üretilmekteyken 1 kg uranyumdan ise 50.000 kWh elektrik enerjisi üretilmektedir.
- Karbon salınımı yapmaz
- Hammadde maliyet fiyatları çok düşüktür

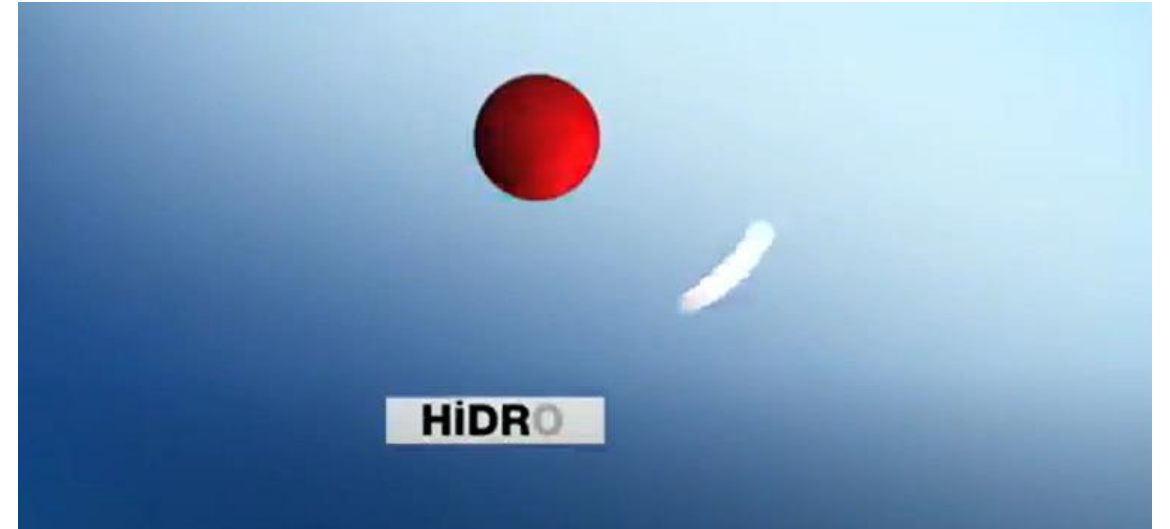
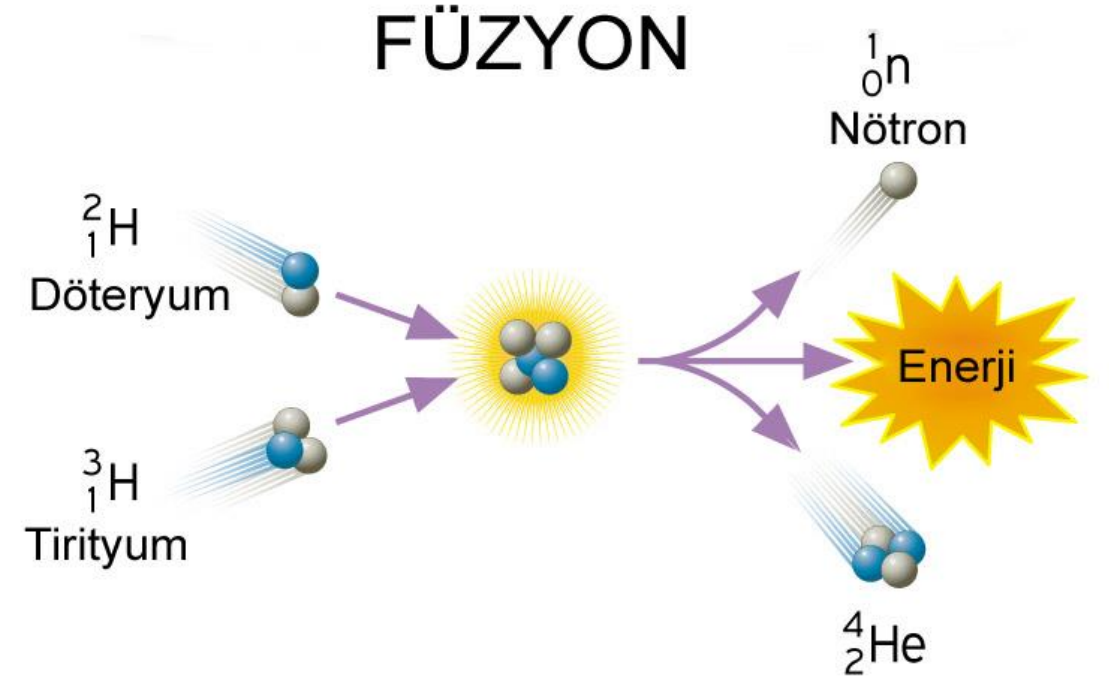
- Dezavantajları

- Nükleer sızıntı tehlikesi
- Atık depolama gereksinimi
- Olası kazaların bedeli ağırdır
- Dünya Uranyum rezervlerinin 60 yıllık tahmini
- Uranyum çıkarılırken çok fazla atık oluşturması



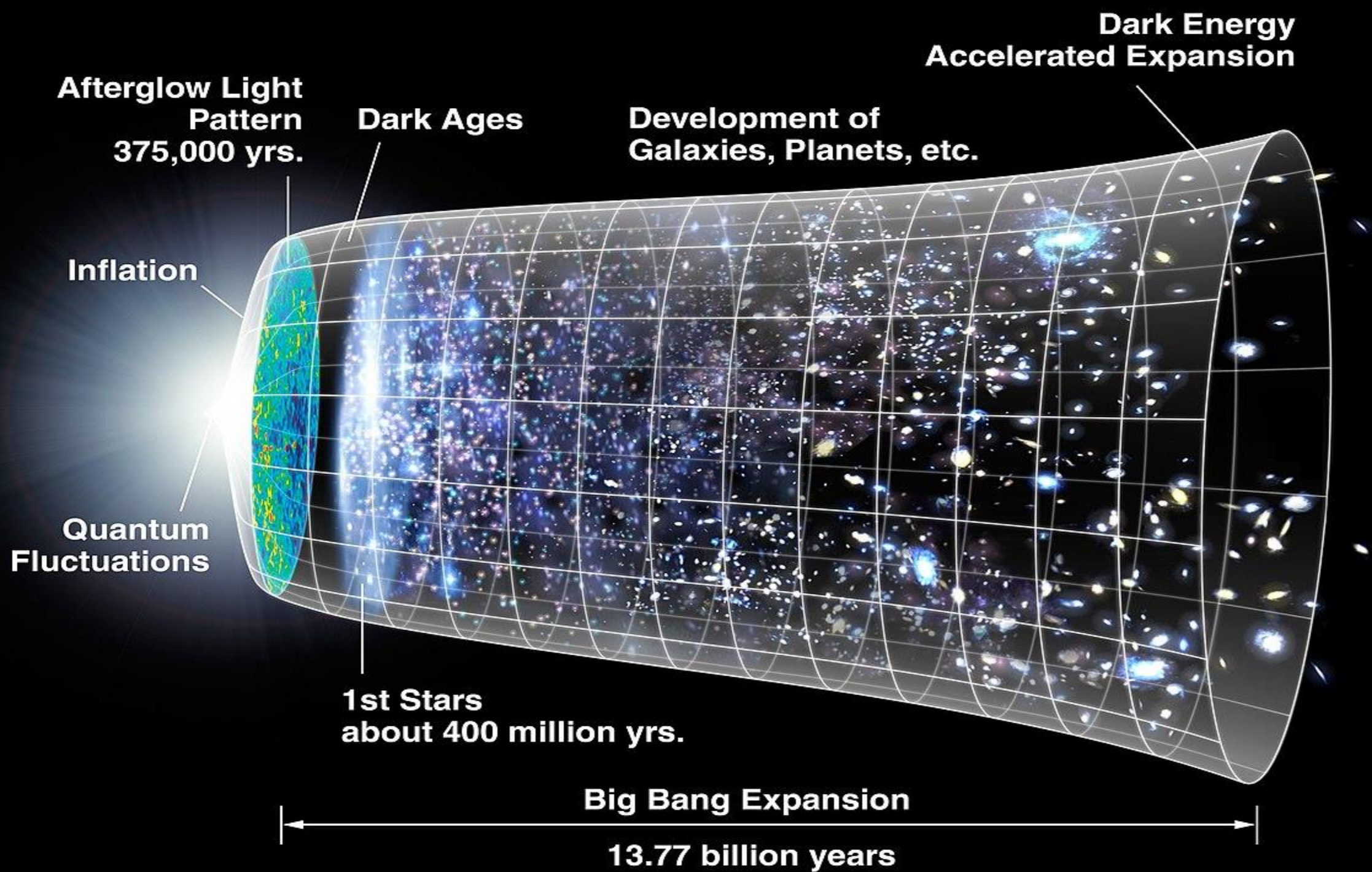
Füzyon Nedir?

- Füzyon iki hafif atomun daha ağır bir atom oluşturmak için birbirine kaynaştığı an meydana gelir.
- Yeni atomun toplam kütlesi onu oluşturan iki atomdan daha azdır; Albert Einstein'ın ünlü $E=mc^2$ denkleminde açıklandığı gibi "kayıp", **kütle enerjisi** olarak açığa çıkar. Işık hızının karesiyle (c^2) çarpılan minik kayıp kütle (m), bir füzyon reaksiyonu ile oluşturulan ve enerji miktarı anlamına gelen (E) çok büyük bir sayıyla sonuçlanır.





- Güneş kütlesinin yüzde 70,6'sı hidrojen ve yüzde 27,4'ü helyumdan oluşuyor.
- Güneş'in çekirdek basıncı 100 milyar atmosfer
- Çekirdek ısısı 15 milyon derece
- Güneş 4,5 milyar yılda, Güneş Sistemi'nin ikinci büyük gezegeni olup Dünya'dan 95 kat ağır olan Satürn kadar kütle kaybetmiştir. Satürn bizim için büyüktür ama bu Güneş kütlesinin sadece binde 3'üne karşılık gelir.



Kuran'da Fussilet süresi 11. Ayette;

«Sonra, (sadece) gaz/duman halinde olan göklere şekil verdi; ona ve yeryüzüne: “İkinizde İsteyerek veya istemeyerek (varlık alanına) gelin” buyurdu. O ikisi de “İsteyerek geldik/uyum sağladık" dediler»

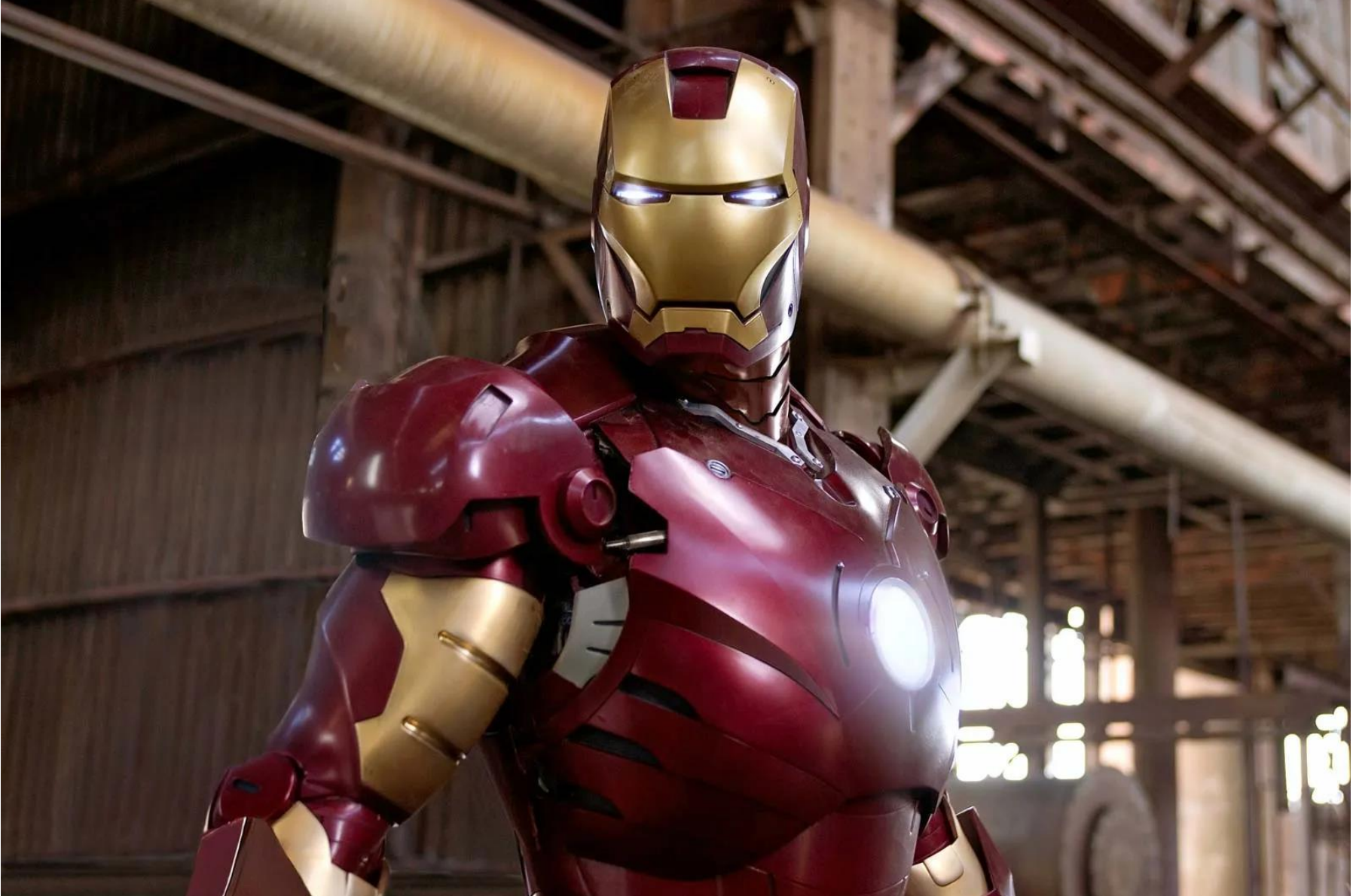
Merkezde oluşmakta olan yıldız ve etrafını saran gaz ve toz simülasyonu. Görsel: NASA

- **Tokamak** (toroidal magnetic confinement=Rusç a baş harfler)
- 1950'ler tasarlanmış
- Gelişmiş ülkelerde irili ufaklı füzyon reaktörü bulunmaktadır.
- Füzyon reaksiyonu için güneşte 15 milyon derece yeterli iken dünyada 100 milyon derece ihtiyacı gerekliliği rapor edilmiştir.
- Dünyada Füzyon reaksiyon süreleri saniyeler ile rekor olarak kayıt edilir.



Dünyadaki Füzyon Denemeleri

Dünyada İlk Çalışan Reaktör 😊



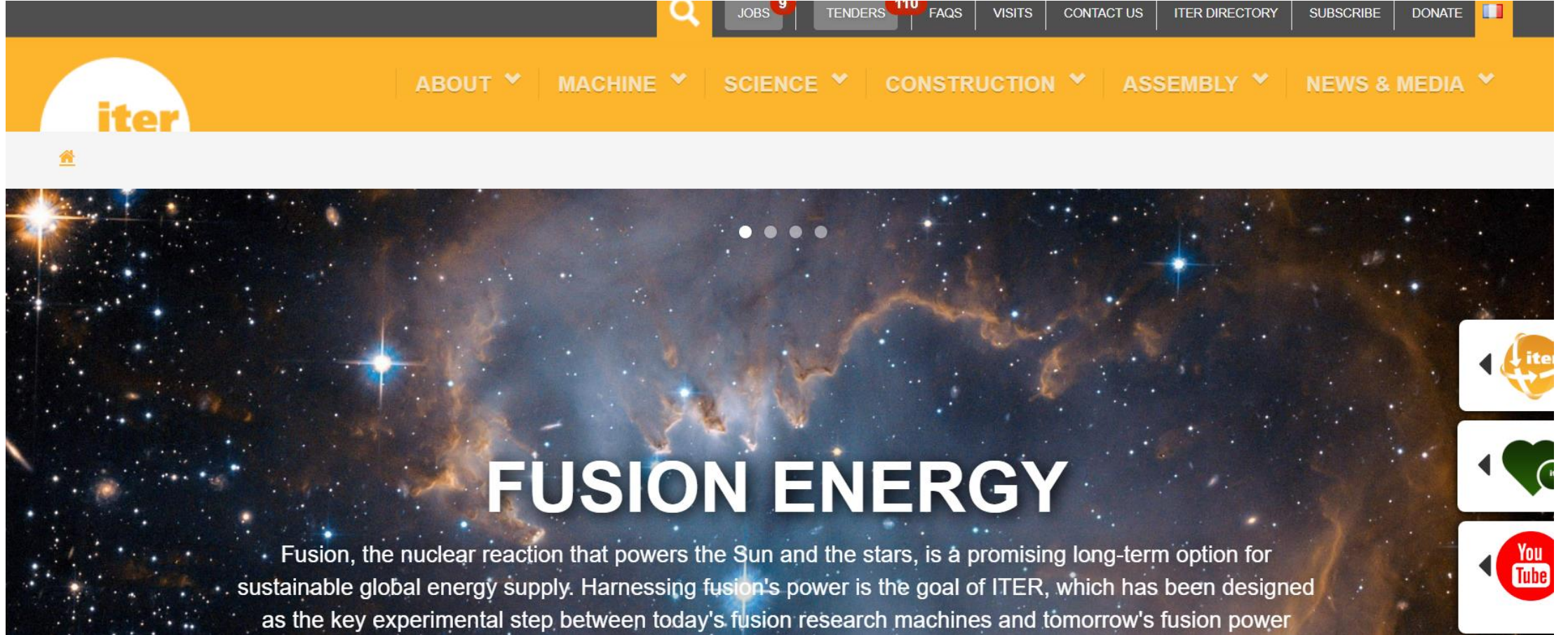
KSTAR nükleer reaktörü Güneş'in sıcaklığının 7 kat üzerine çıktı-11 Eylül 2022

- Cihazda 100 milyon santigrat derecenin üzerinde iyon sıcaklığı elde edildi.
- Ancak bu sıcaklık yalnızca 30 saniye sürdürülebildi.
- Çin'in EAST veya HL-2M Tokamak diye anılan nükleer reaktörünün plazma sıcaklığı Mayıs 2021'de 120 milyon santigrat dereceye ulaşarak dünya rekoru kırmıştı.
- Üstelik cihaz, bu yüksek sıcaklığı 101 saniye korunmuştu.

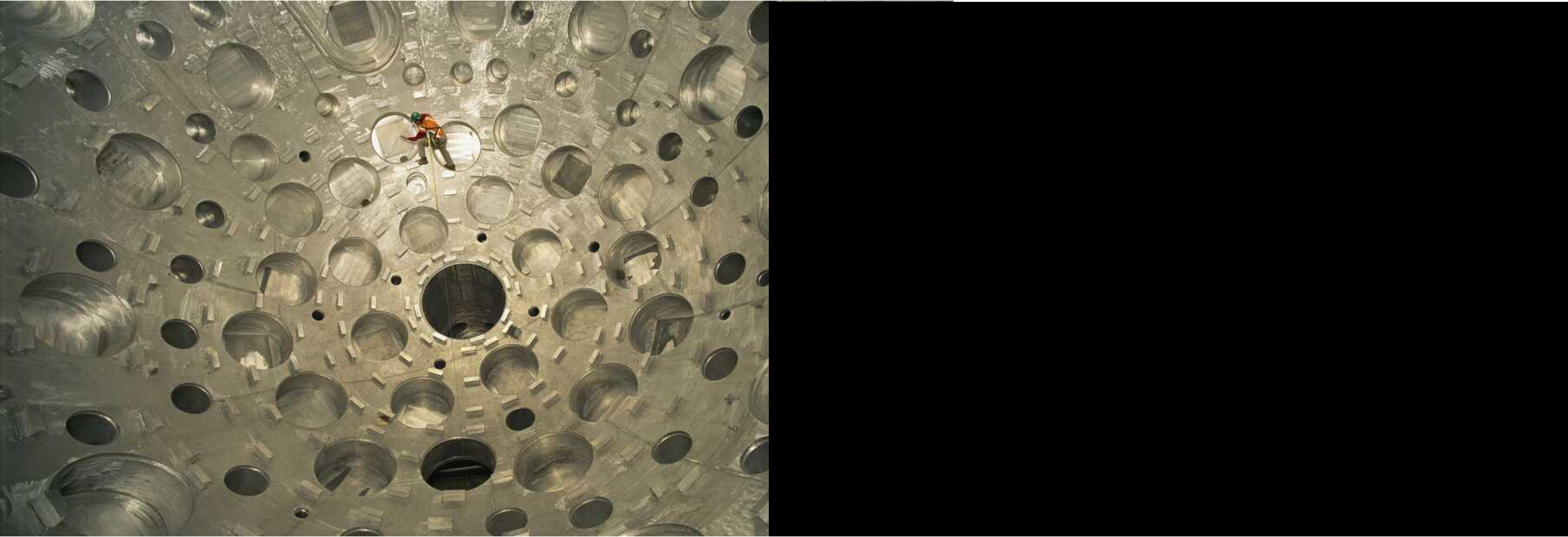


KSTAR'ın inşası Aralık 1995'te başladı ve Ağustos 2007'de tamamlandı (Kore Füzyon Enerjisi Enstitüsü)

ITER (Latince "Yol") bugün dünyanın en iddialı enerji projelerinden biridir.

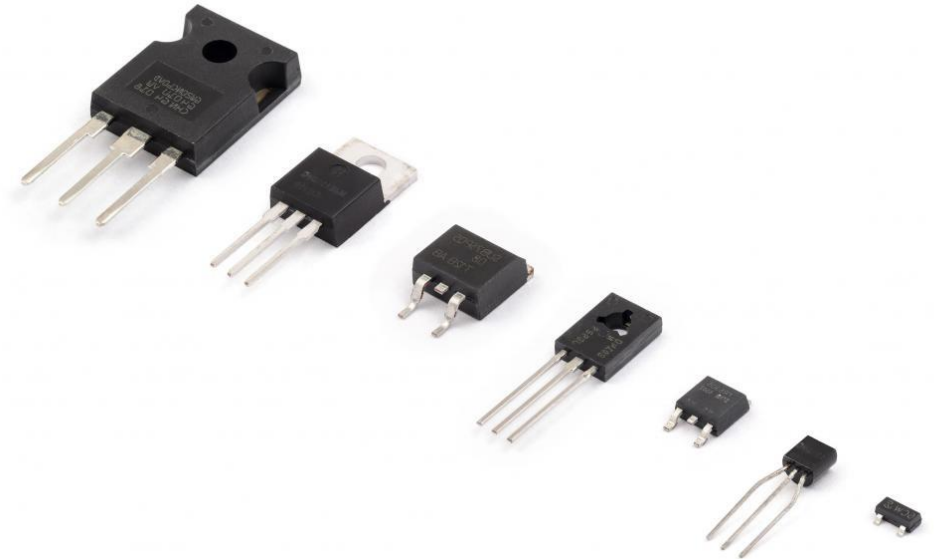


Lawrence Livermore Ulusal Laboratuvarında neler oldu?

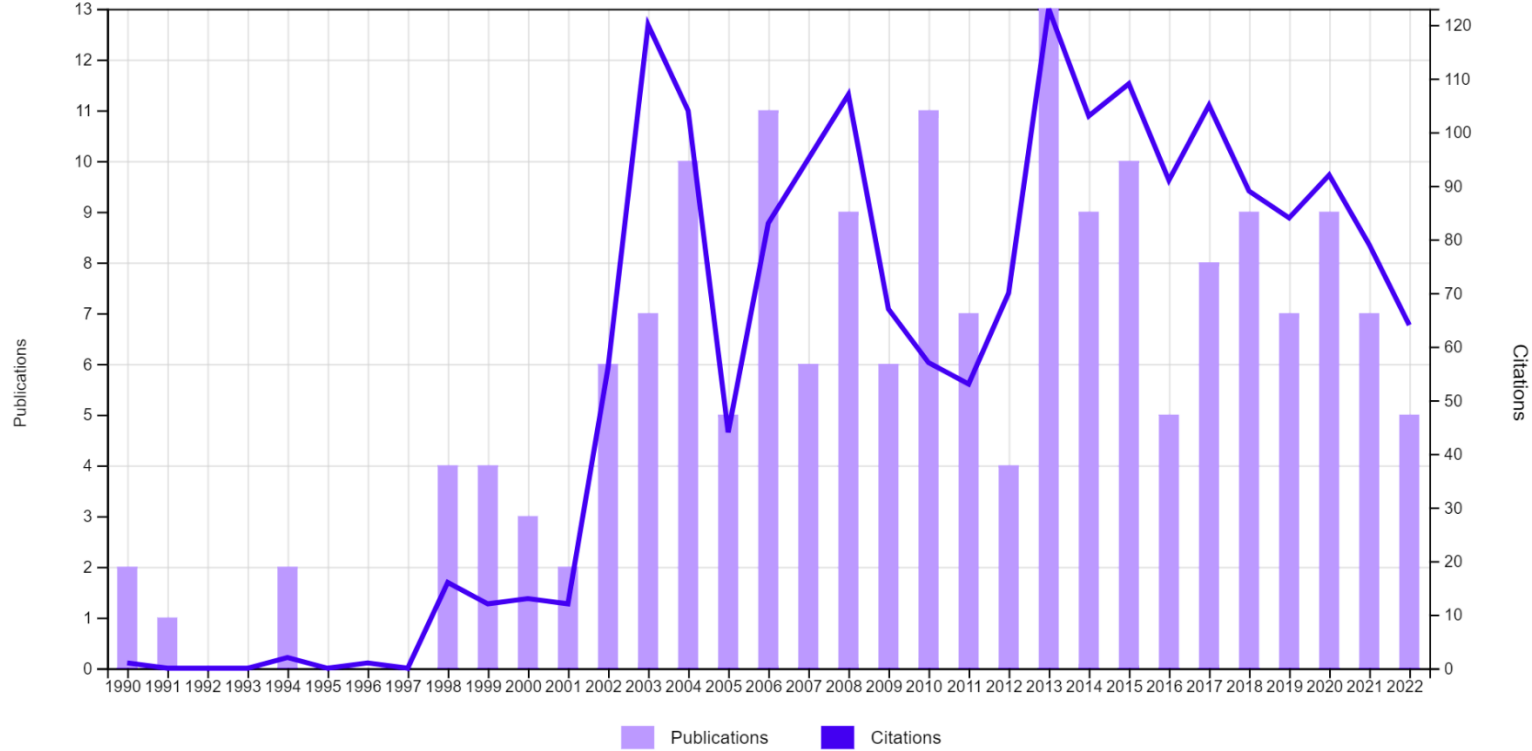


Buluşun dünyaya kısa ve uzun vadede etkisi

- Buluş bilimsel bir noktayı aşmıştır. Yani yarın yada 10 yıl sonra bu enerji evlerimizde olmayacak.
- 2040 için İngiltere ilk füzyon reaktörü prototipini yapmayı hedeflemiştir. Ama sadece hedef niteliğindedir. Bu tarihinde çok ötesinde bir süreç olacağı ön görülmektedir.
- Ülkelerin bu konuda enerji politikaları kısa ve orta vadede değişmeyecektir.
- Uzun vadede gelişmiş ülkeler daha fazla ArGe ile ilk aya inen insan olma iddiasında olduğu gibi gerçek reaktöre ulaşmak için çaba sarf edecektir.
- Nükleer Fisyon için Uranyum madeni kullanılmakta ve bunu doğada serbest halde bulabilmekteyiz, Fakat Füzyon için HİDROJEN gereklidir, HİDROJEN bileşik halindedir, ve yenilenebilir olması için Su (H_2O)'dan elde edilmelidir.
- Dünya Önce HİDROJEN çağına adım atacaktır, hatta atmıştır; Daha sonra füzyon çağı 2050 yıllarından sonra daha uygulanabilir olacaktır.



TÜRKİYE'DE FÜZYON ÇALIŞMALARI



HİDROJEN

Hidrojen bir enerji taşıyıcısıdır

Evrenin kütlesinin%
75'ini oluşturan en
bol elementtir.

GERÇEKLER:

Yakıt Hücreli Otomobil 3-7
dk'da yakıt doldurulur

Hidrojen basıncı
700 Bar'dır

Yakıt Tüketimi:
100 km/kg Hidrojen

Yakıt Ekonomisi:
CNG'nin 1.9 Katı

**GÜNEŞE GÜÇ VERİR;
DÜNYAMIZA DA GÜÇ VERECEK**

Hidrojenin Enerji
Yoğunluğu:

142 MJ/kg

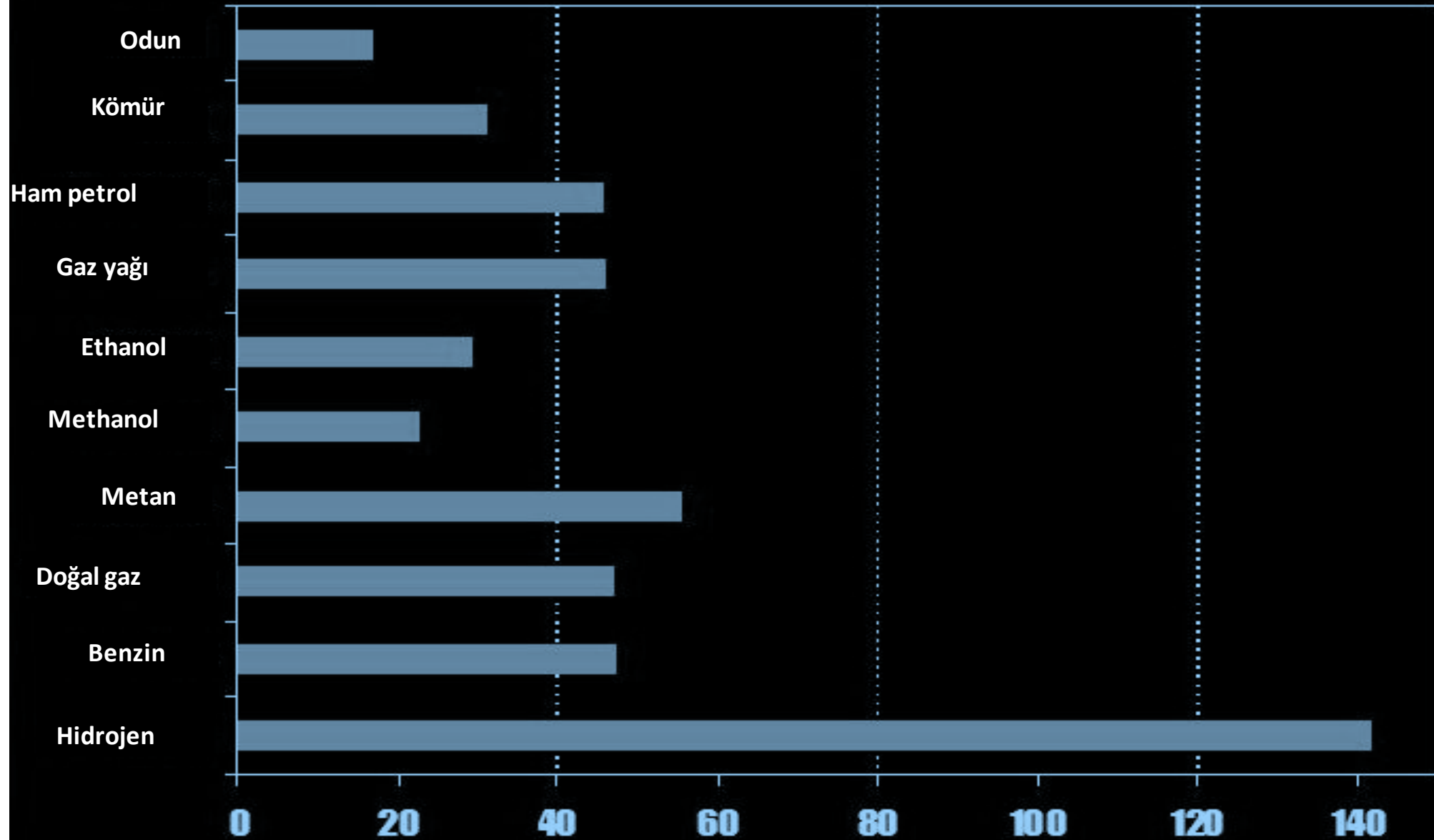
«Benzinden 2,5 kat fazla»

Hidrojen yenilenebilir
kaynaklar dahil olmak
üzere farklı kaynaklardan
üretilebilir.

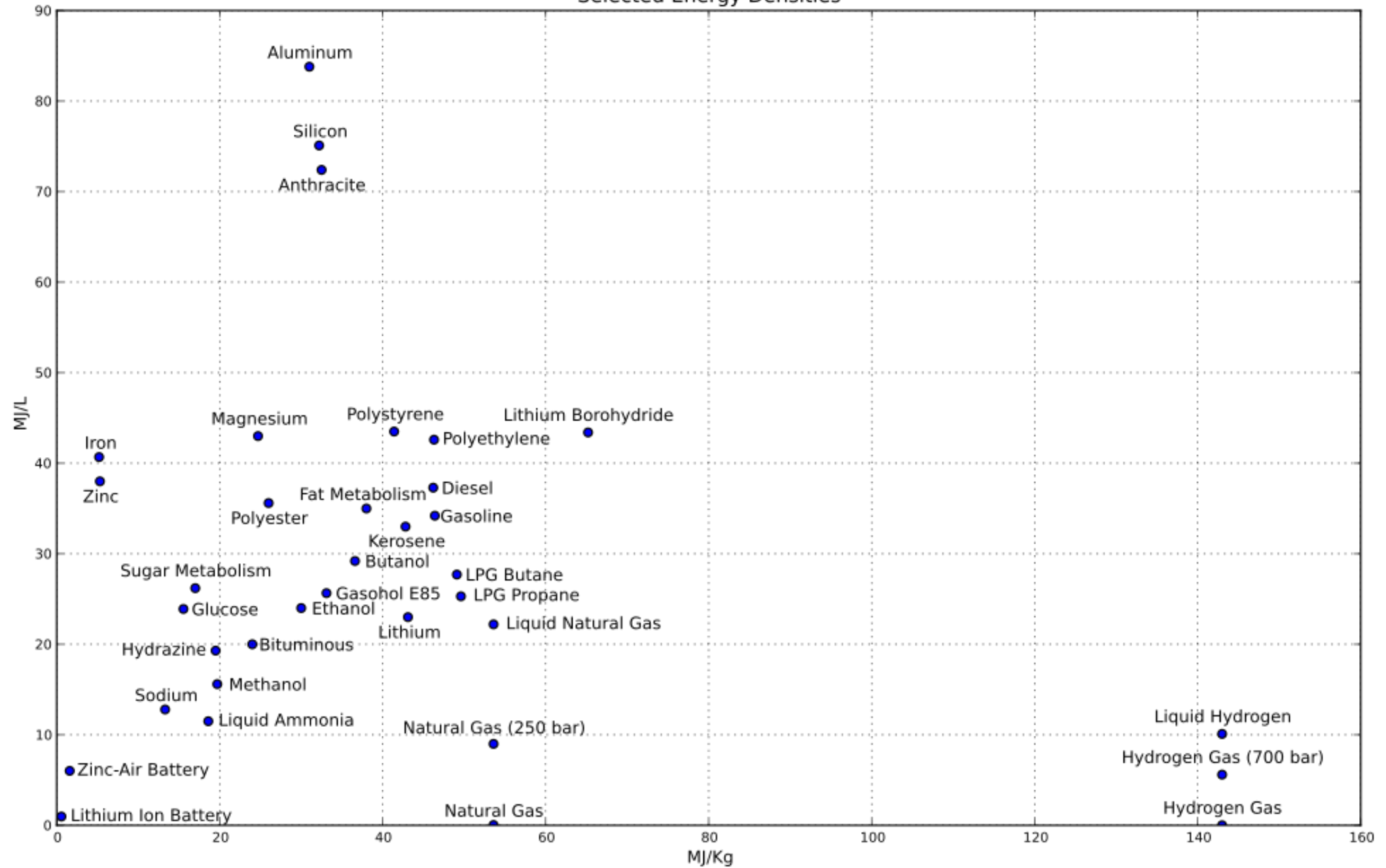
Sıkıştırılmış gaz veya sıvı olarak
verilebilir. Bazı bölgelerde boru
hattı ile kullanılabilir.

Elektrolizör kullanarak
elektrik ve sudan yerinde
üretilebilir veya reformer
ile doğal gazdan üretilebilir.

Yakıtların Enerji İçeriği [MJ/kg]



Selected Energy Densities



Hidrojen Neden Önemli?

- Hidrojenin kullanımı **sıfır karbon** salınımına uyar.
- Lokal olarak birçok kaynaktan üretilebilir.
- Su ile üretimi sağlanırsa sürdürülebilir üretim süreci eldesi sağlar.
- Yüksek enerji yoğunluğu ile fazla enerjinin depolanması için önemli bir yakıttır.
- Doğalgaza alternatiftir, ülkeler kendi ihtiyacı olan yakıtı su ile üretebilecektir.
- Doğal gaz boru hatlarında kullanılabilir, yeni hat oluşturularak borulu kullanıma müsaittir.
- Yüksek enerji yoğunluğu nedeni ile pil teknolojilerine alternatif uygulamalarda kullanılmaktadır.
- Fosil Yakıt kaynakları hızla azalmaktadır.
- Fosil yakıtlar çevremize ve sağlığınıza zarar vermektedir.
- Yenilenebilir enerji kaynakları istendiğinde hemen bulunmayabilir.
- Nükleer enerji fosil yakıtlara bağımlı değildir ancak üretilen elektrik enerjisinin otomobillerde kullanılması zordur.
- Hidrojen rüzgar, güneş ve diğer yenilenebilir enerji kaynakları ile etkin bir şekilde kullanılabilir.

Gerçekler

- Hidrojen birincil enerji kaynağı değildir, ancak bir bileşik formunda bulunur.
- Hidrojen İkincil Enerji Kaynağı, enerji taşıyıcısıdır.
- En önemli kaynak: su, doğal gaz, biyoyakıtlardır.
- Hidrojen elde etmek için enerjiye ihtiyaç vardır!

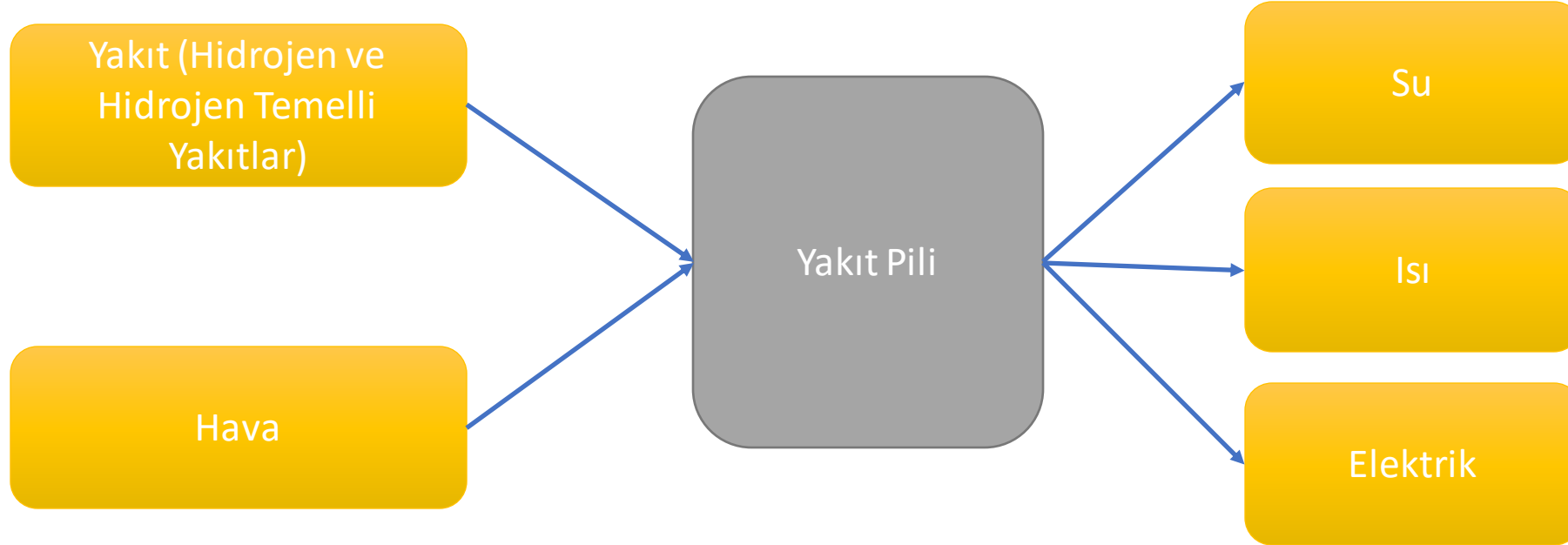


Hidrojen Yakıtının Kullanımı

- Sanayide Kullanımı (Kimyasal Prosesler vb.)
- Yakarak Kullanım
 - Üretilmiş saf hidrojenin içten patlar motorda kullanımı
 - Üretilmiş saf hidrojenin pişirme ve ısınma da kullanımı
- Elektrokimyasal Reaksiyon ile Enerji Üretim İçin Kullanım (Yakıt Pilleri)
 - Doğrudan saf hidrojenin elektrokimyasal olarak kullanımı
 - Hidrojen içerikli yakıtların doğrudan kullanımı (Metan, Metanol, Etanol vb.)
 - Hidrojen içerikli yakıtların ayrıştırılarak hidrojen zengin yakıt olarak kullanımı (dizel, metan, metanol, etanol ve türevleri)

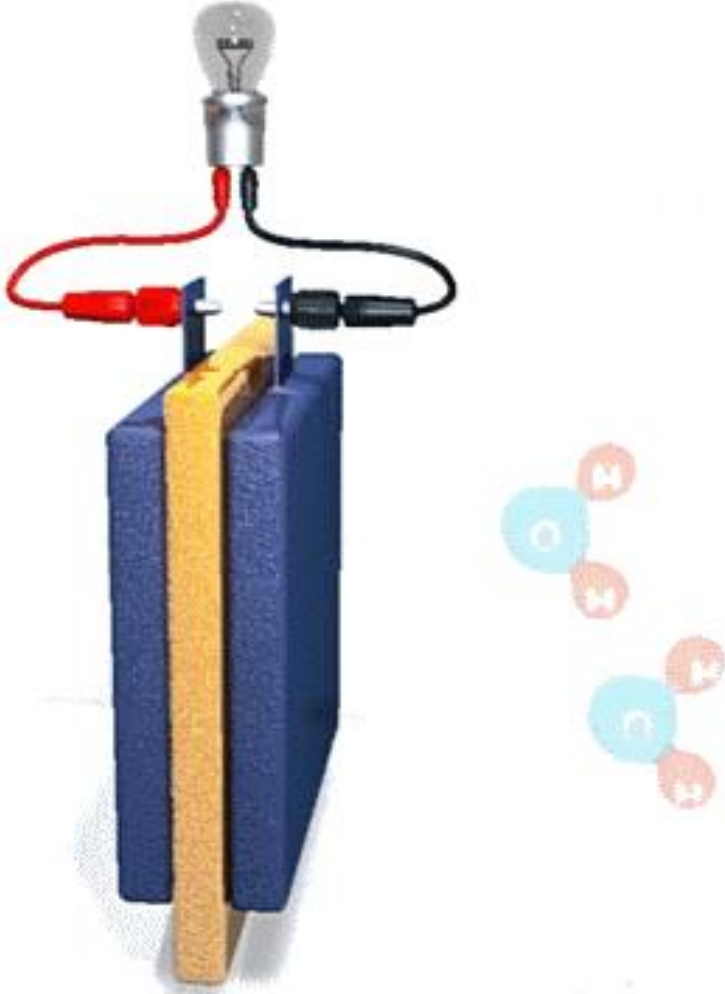


Yakıt Pili Nedir?



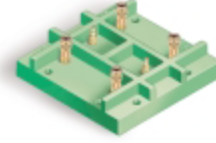
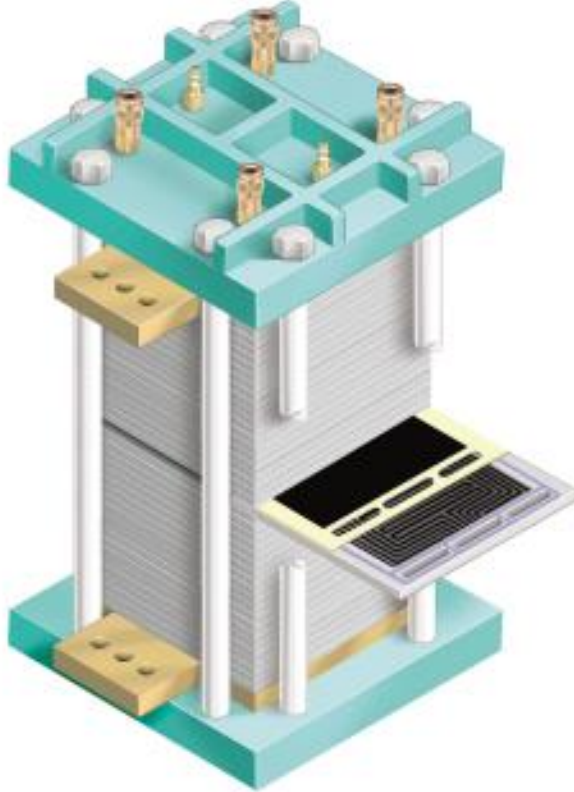
Elektriksel Verim %50'nin üzerinde

Yakıt Pili Nedir?



Emisyon yalnızca **Temiz Su** !

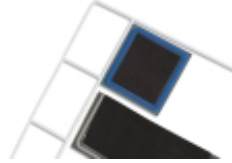
Yakıt Pili Yığını (Stack)



Sıkıştırma Plakası ve Akım Toplama Plakası



Bipolar Plaka



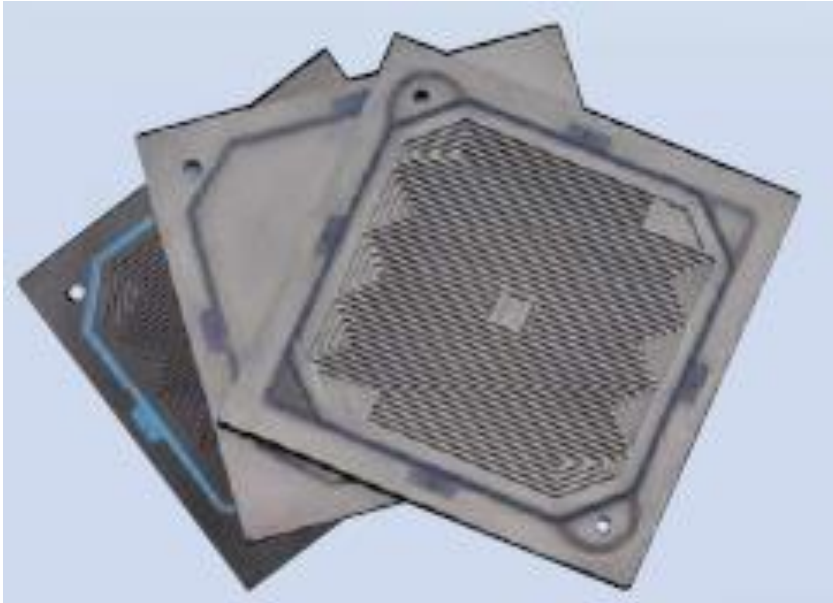
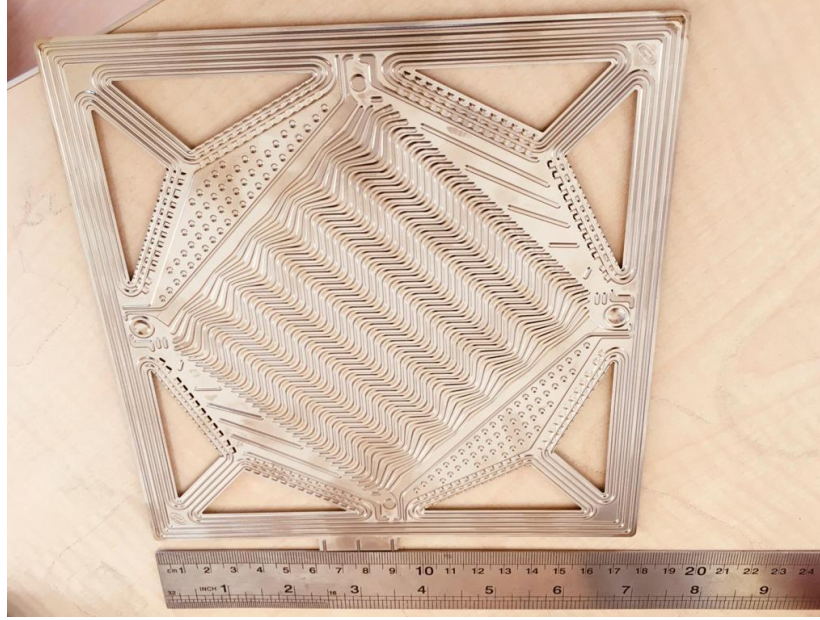
Membran Elektrot Grubu



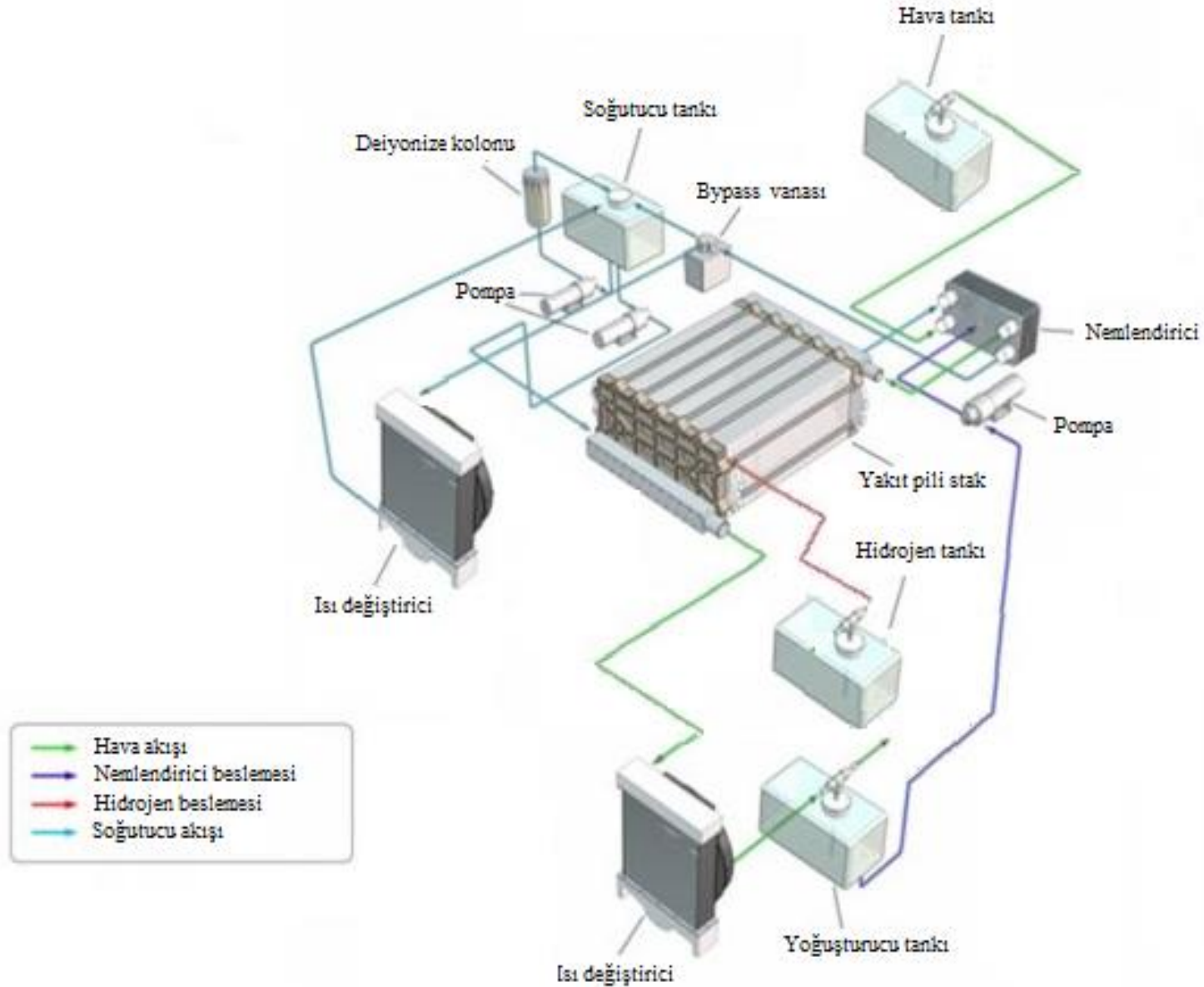
Sızdırmazlık Elemanları

Tek Hücre İçin:
Voltaj Yüksüz= 1-1.2 Volt
Voltaj Yükte=0,45-0,65 Volt

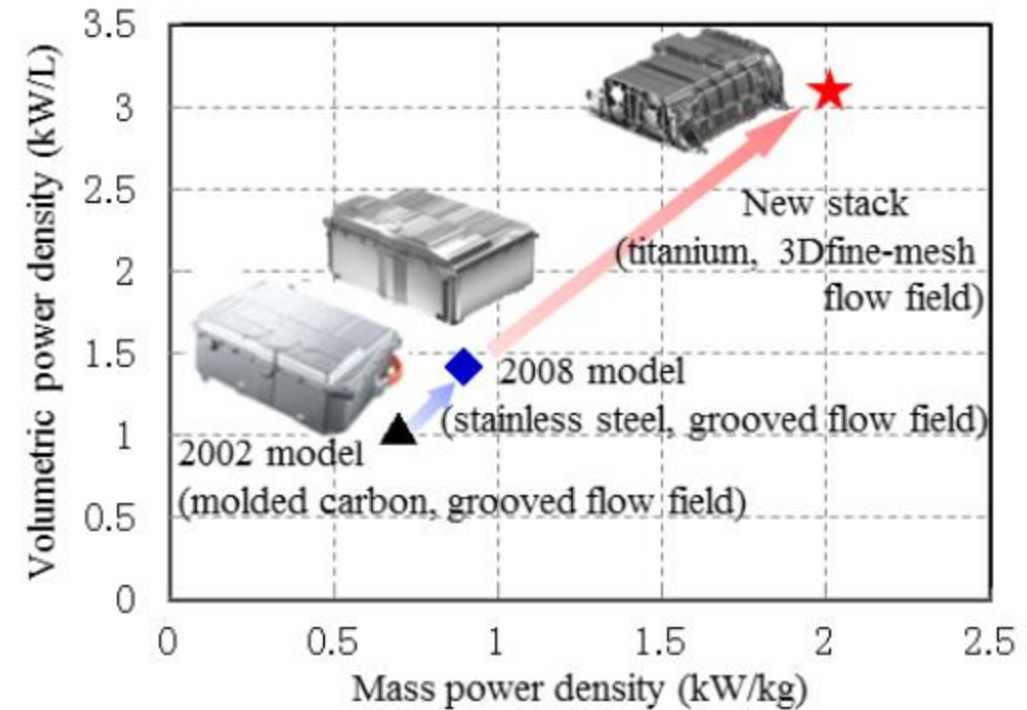
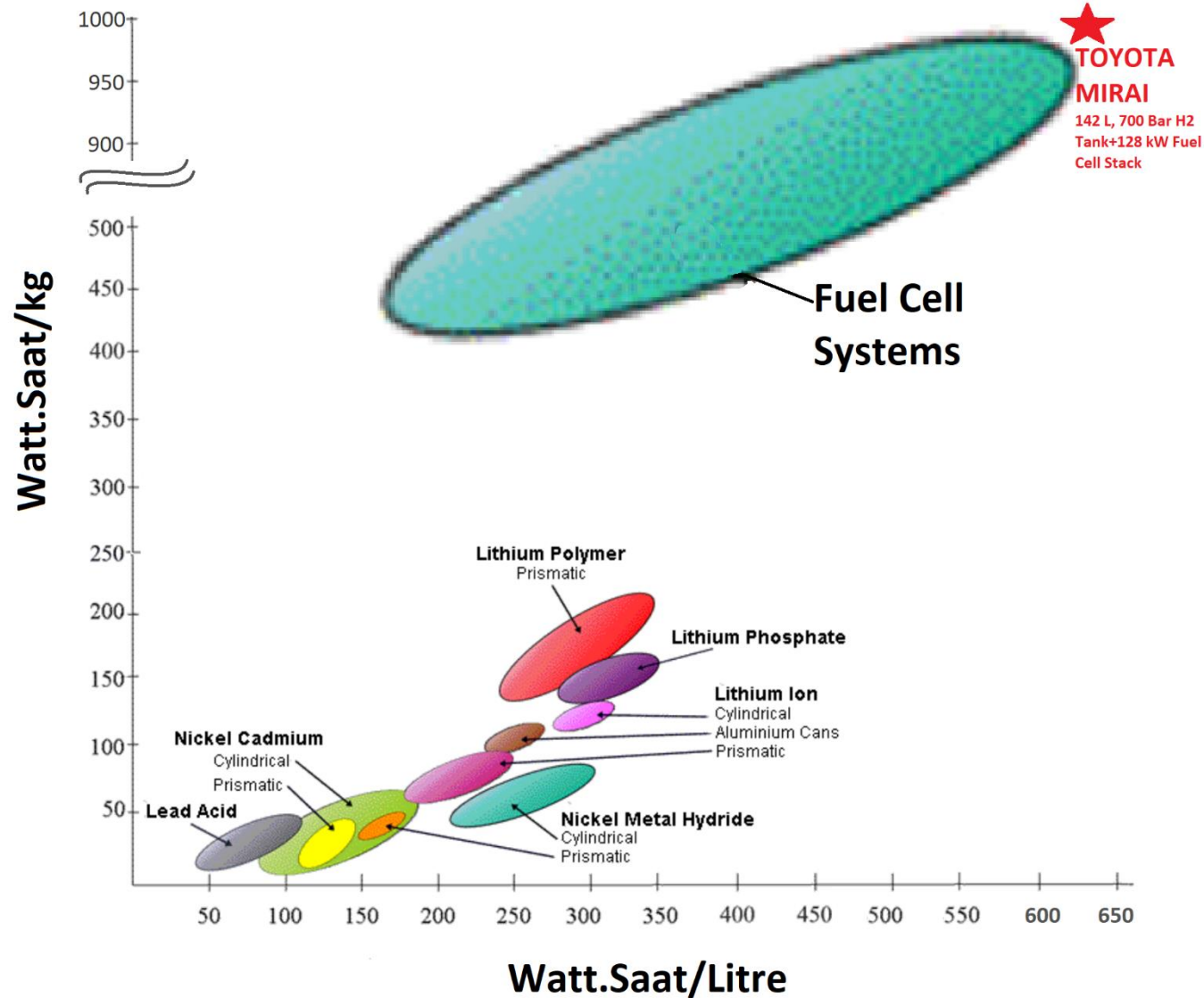
Bipolar Plaka (Akış ve Akım Plakası)



Yakıt Pili Sistemi



Yakıt Pilinin Bataryalar ile Karşılaştırılması



Dünyada Güncel Kullanım Alanları

- Yakıt pilleri güç ihtiyacının olduğu her yerde kullanılabilir. Diğer kaynaklar ile karşılaştırılınca aşağıdaki kullanım alanları ticari olarak ön plana çıkmaktadır.

- Sivil

- Ulaşım araçlarının tümü (Otomobil, Otobüs, Kamyon, Tren vb.)

- Taşınabilir Güç Kaynağı

- Kamp, karavan vb. güç kaynağı

- Telekomünikasyon

- Ev ısı ve güç sistemi (SOFC)

- Drone

- Askeri

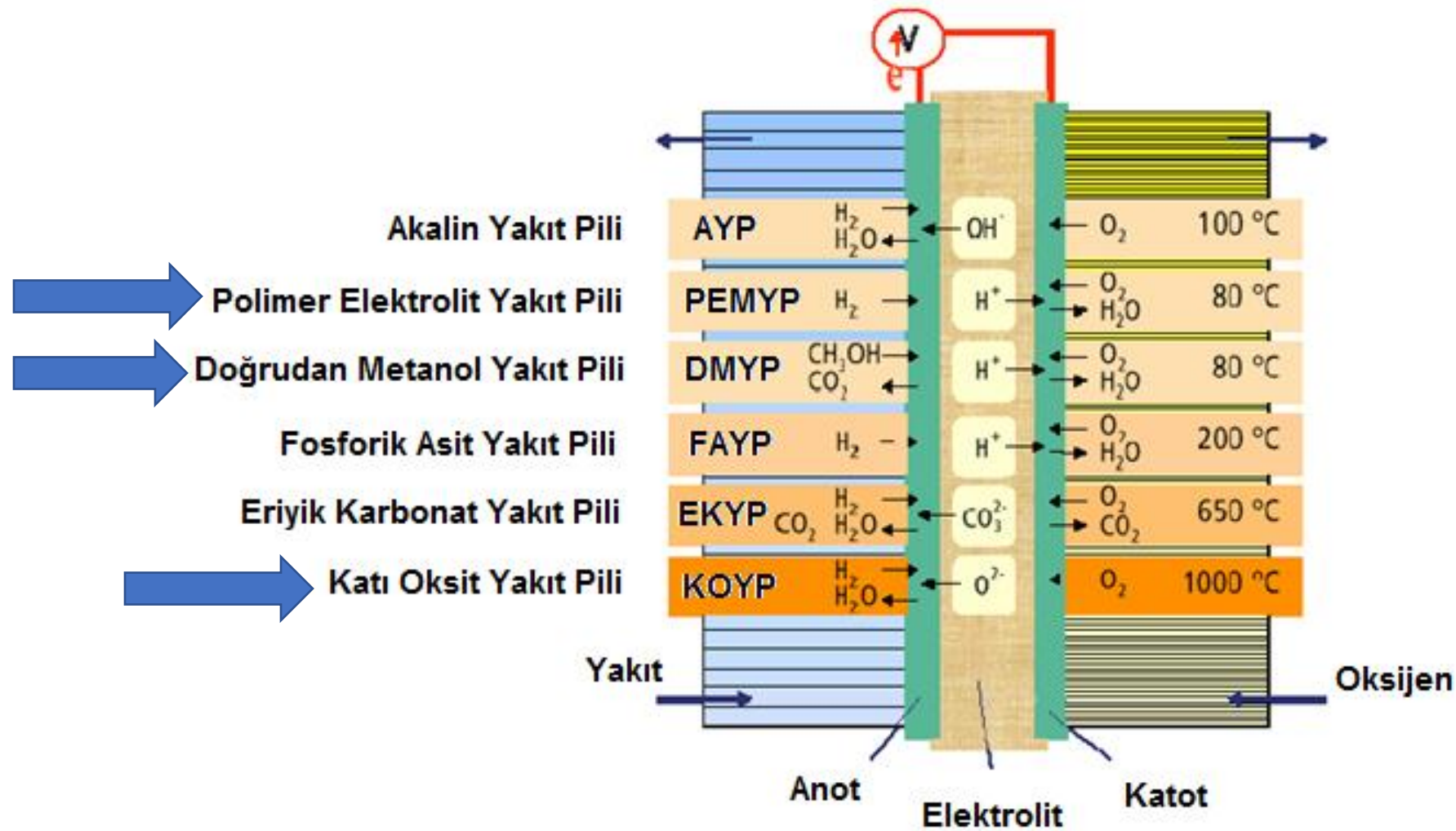
- Denizaltı

- Mini İHA

- Kara Araçları

- Taşınabilir güç kaynağı

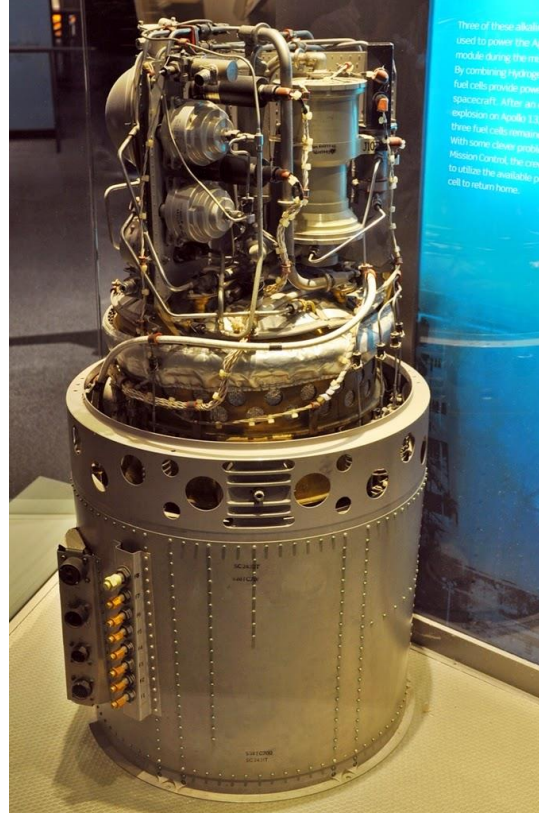
Yakıt Pili Çeşitleri



Alkali Yakıt Pilleri



**Apollo Serisi Uzay
gemilerinde 18 uçuşta
10.000 saatten daha
fazla kullanılmışlardır**



**Apollo Uzay gemisinde
kullanılan 1.5 kW'lık
Alkali yakıt pili**



**Apollo Uzay
Gemisinde 3 adet
yakıt pili paralel
kullanılmıştır**

Erimiş Karbonatlı Yakıt Pili Örnekleri



YALE üniversitesinde bulunan
Fuel Cell Energy şirketine ait 250kW EKYP



Fosforik Asitli Yakıt Pili



UTC Power FAYP sistemi (her biri 200kW gücündeki 7 üniteden oluşan ve New York Garden City’de kurulan 1,4MW’lık FAYP sistemi)



Coca-Cola, çevresel ayak izini azaltmaya kararlıdır. Elmsford, New York tesislerinde tam da bunu yapmak için Doosan PureCell fosforik asit yakıt hücresi sistemi kullanıyorlar.

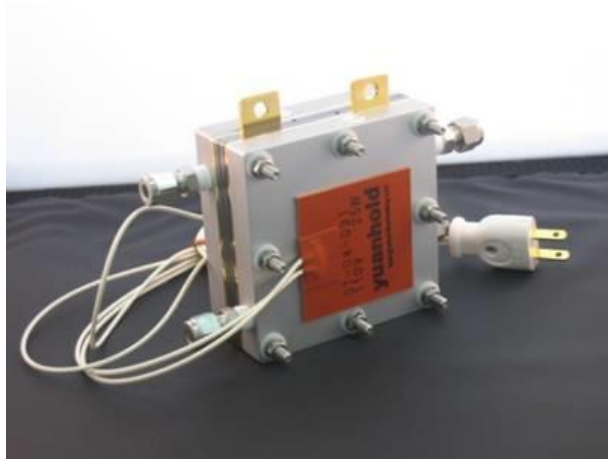
PEM Yakıt Pilleri



PEM membran
elektrot grubu



PEMYP 100kW Stak



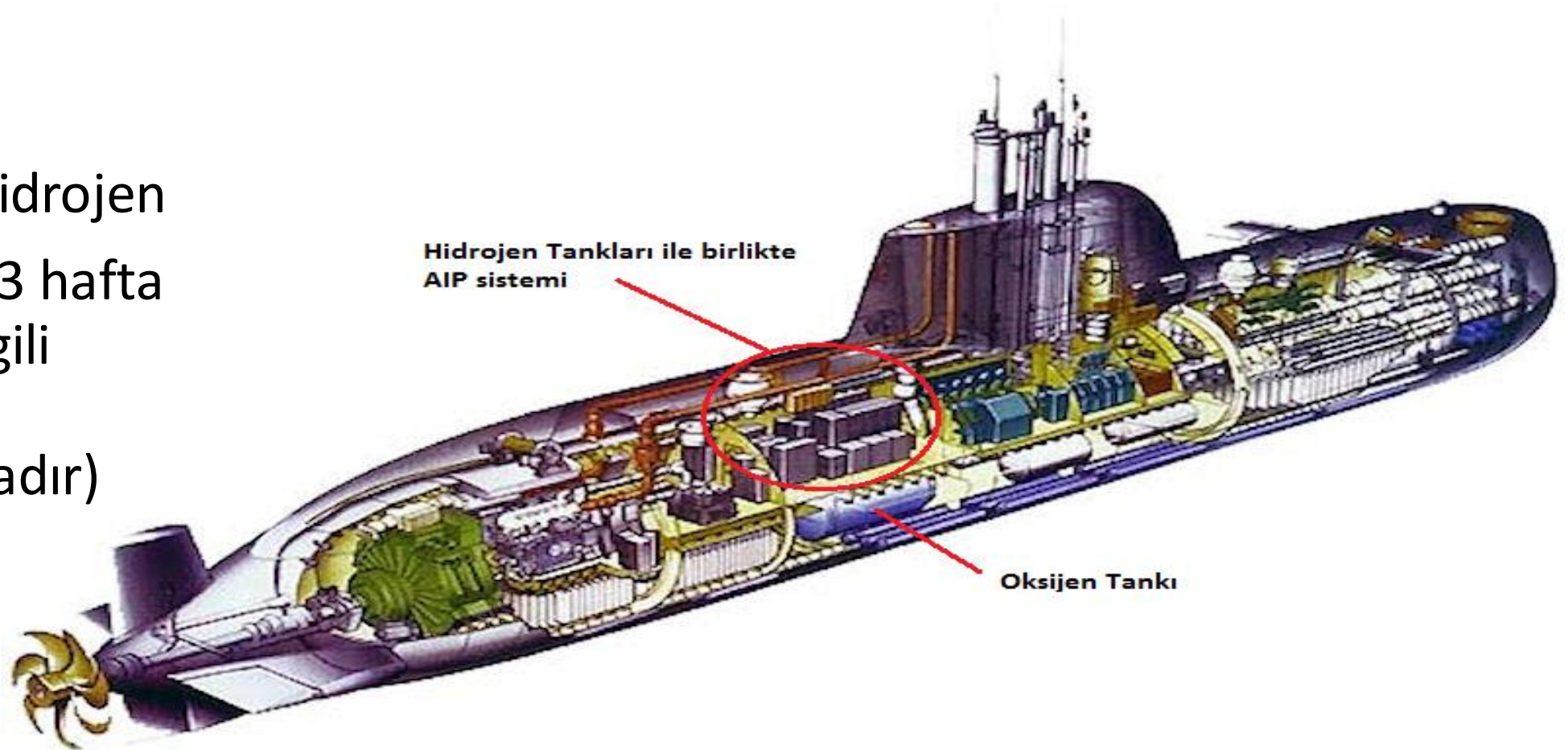
PEMYP tek hücre



PEMYP 1W Sistem

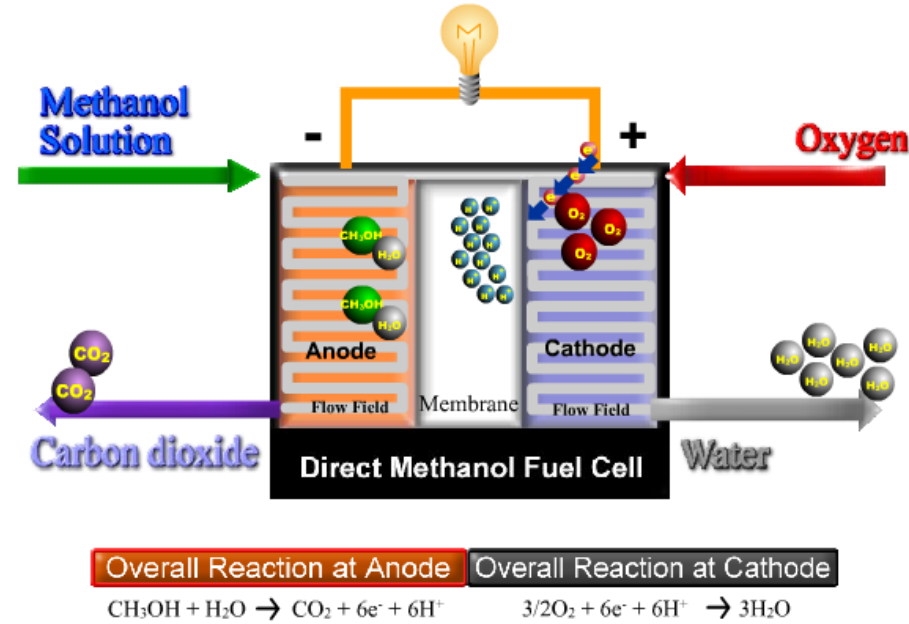
DENİZALTI- TYPE 214

- Sıvı Oksijen
- Metal Hidrit Hidrojen
- Dalma süresi: 3 hafta
(yakıt pili ile ilgili
detay
bulunmamaktadır)



5-Doğrudan Metanol Yakıt Pili (DMYP) (Direct Methanol Fuel Cell)

- Hidrojenin hacimsel enerji yoğunluğunun çok düşük olması PEM yakıt pilini elektronik cihazlarda kullanımını sınırlandırmaktadır
- DMFC direk olarak sıvı metanolu kullanmaktadır
- Metanolun enerji yoğunluğu çok yüksek
- Harici bir ayrıştırıcıya ihtiyaç yok
- Taşınabilir elektronik cihazlar için çok umut verici
- Şu anda birim cm² başına güç yoğunluğu düşük
- Büyük potansiyel



DMYP Sistem Uygulamaları



Motorola DMYP cep telefonu
ve kartuşu



Toshiba DMYP dizüstü
bilgisayar ve kartuşu





SFC-EFOY Seri

SFC Markası Ürünleri



Mobil evler, denizcilik ve eğlence için **EFOY** yakıt hücreleri ve lityum pil



Endüstriyel uygulamalar için **EFOY Pro** yakıt hücreleri



Savunma ve askeri uygulamalar için yakıt hücreleri

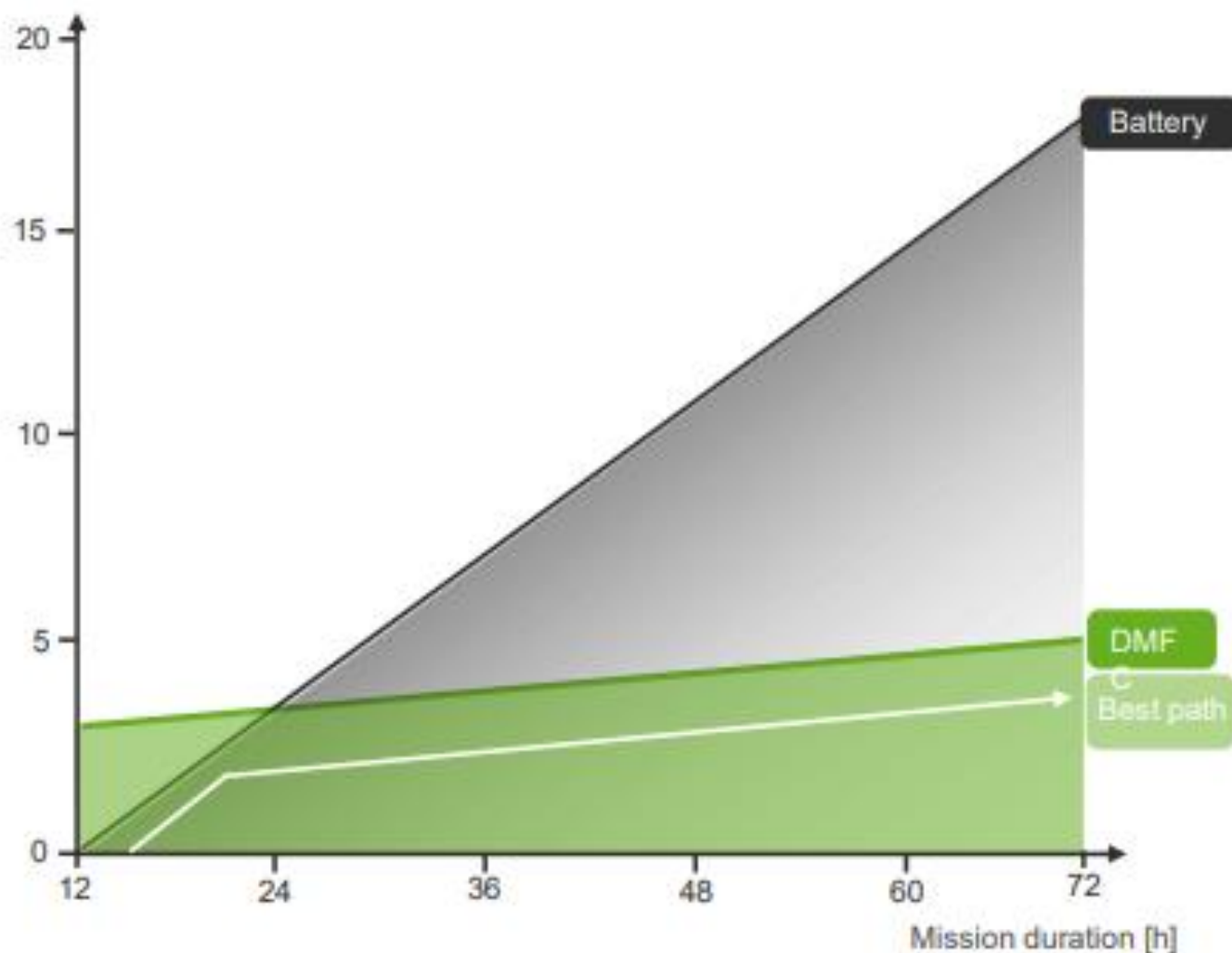
AFSOC: JENNY 600S and Power Manager Solution

SFC
SMART FUEL CELL



- 16 hours operation with 0.7 litre methanol at 50 watts
- over 50% weight reduction in a 72 hours mission compared to BA 5590 batteries
- Harvesting power from all different power sources

Weight of technical
equipment [kg]



Advantages:

- more power, less weight
- elimination of spare batteries

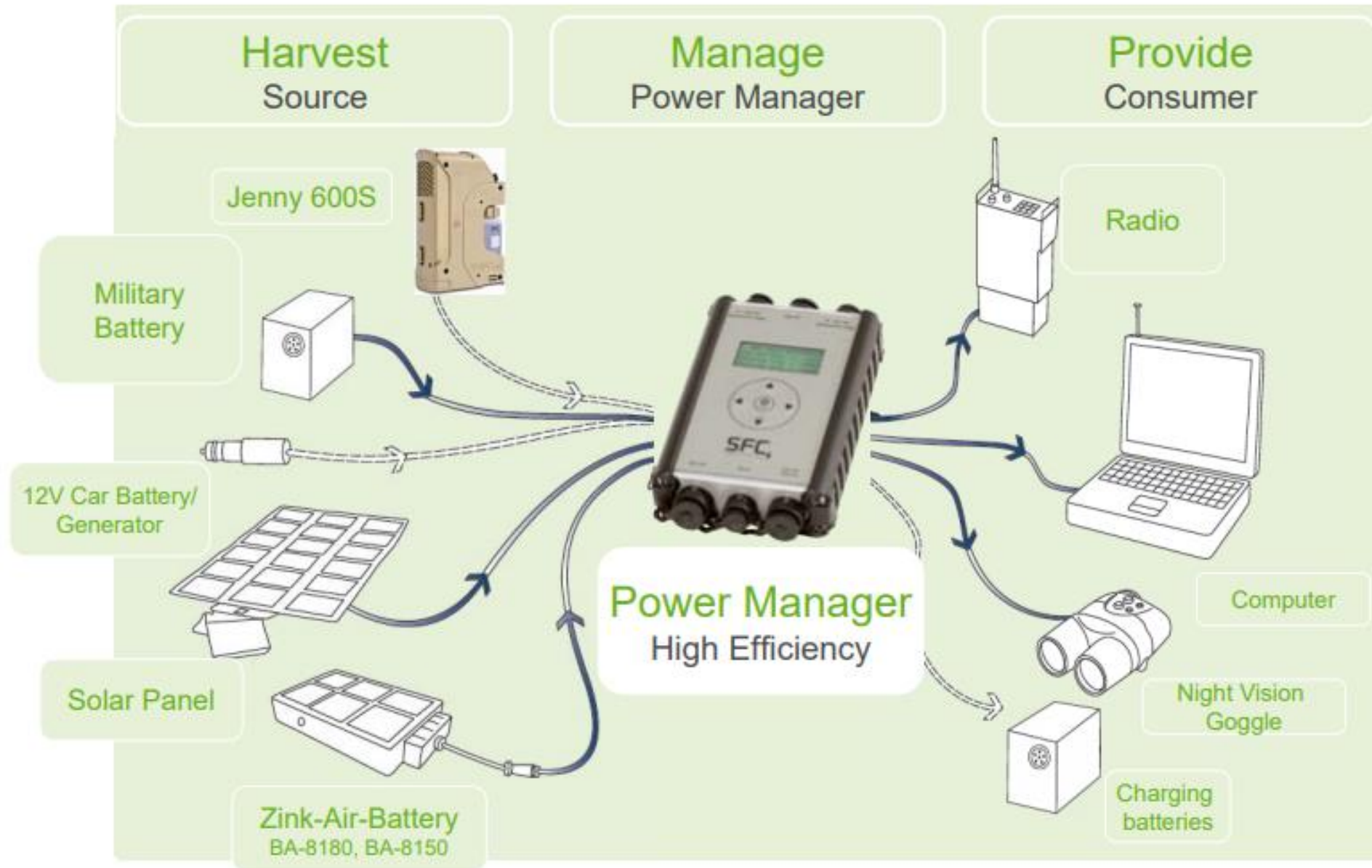
SFC Fuel Cell System
and hybrid battery

up to 80%*

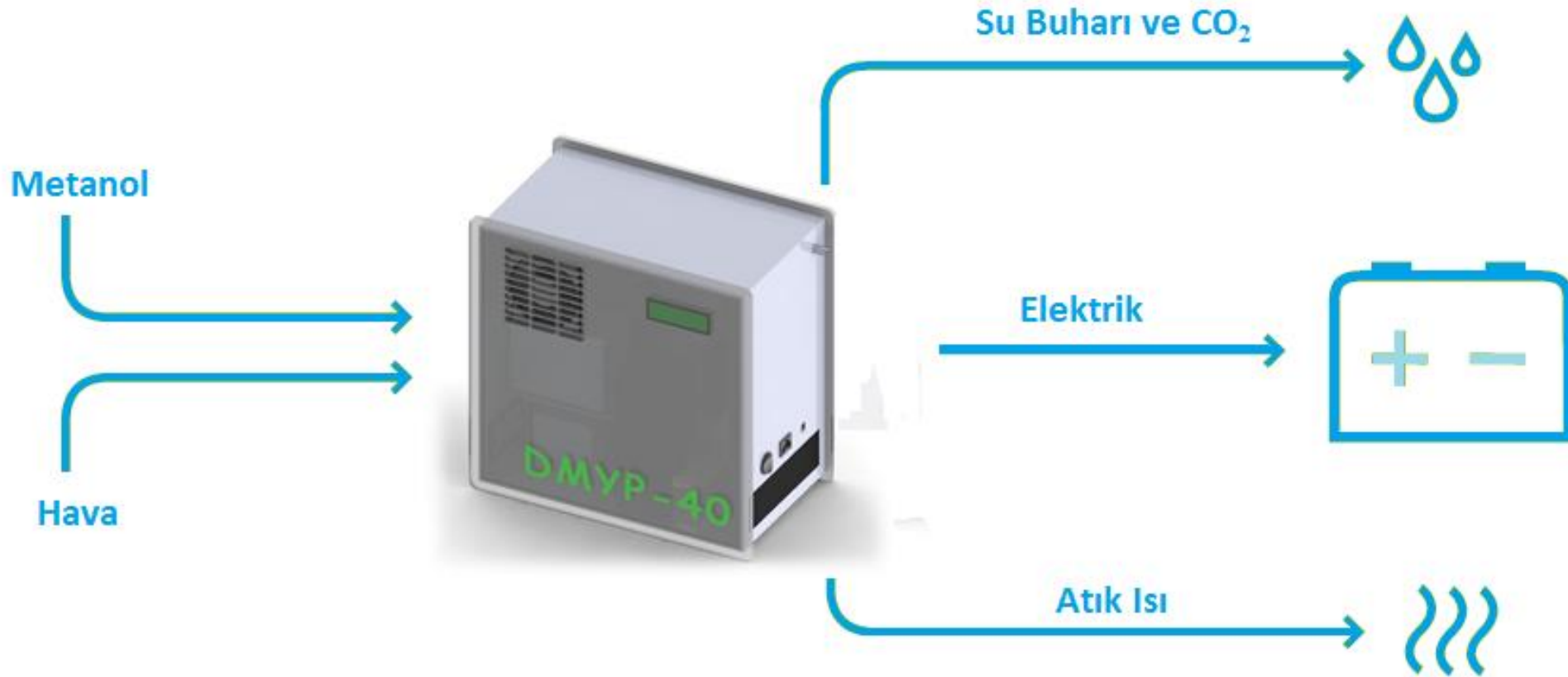
weight reduction
on a 72+ hrs Mission

*compared with conventional
rechargeable battery packs

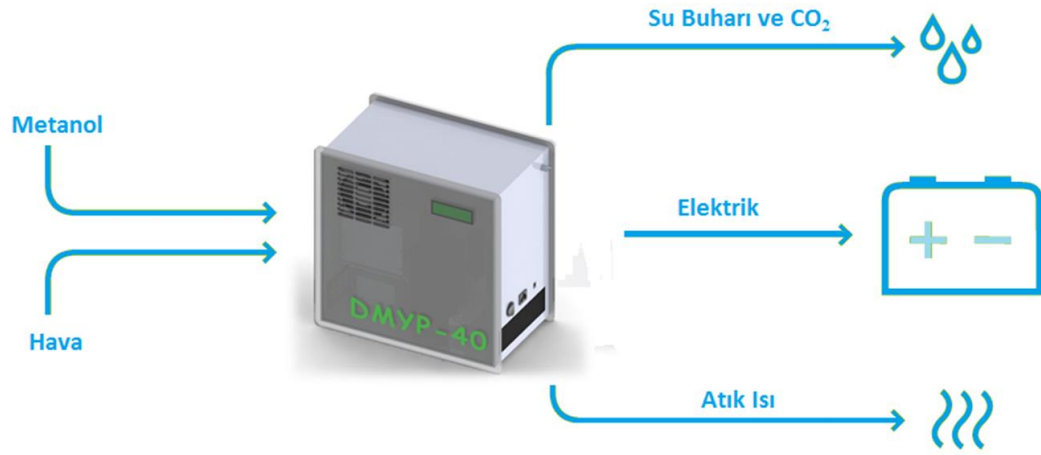
Jenny 600s



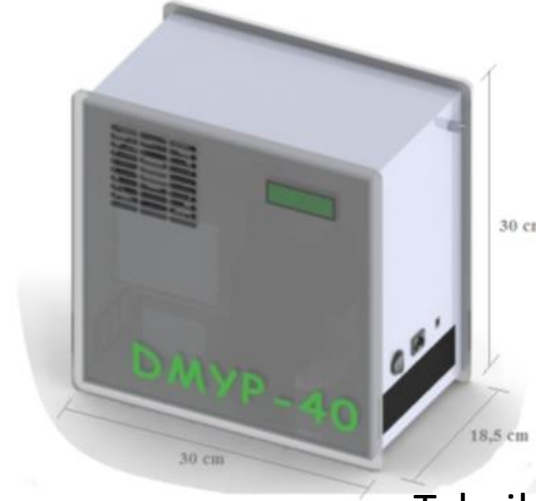
Nasıl Çalışır ?



Taşınabilir Cihazlar için Güç Kaynağı



Çalışma Prensibi



Teknik zellikleri

* Maksimum Güç	40 W
* řarj Kapasitesi / gün	80 Ah
* Nominal voltaj	12 V
* şarj Akımı @ 12 V	3.3 A
* Nominal tkreti / kWh	0.9 l
* Ağırlık	7.0 kg (yakıtsız)
* Boyutlar (L x W x H)	30 x 18.5 x 30 cm
* Çalışma sıcaklığı	-20 to + 40 C



Cihaz Fotoęrafları



rn bařarı dl

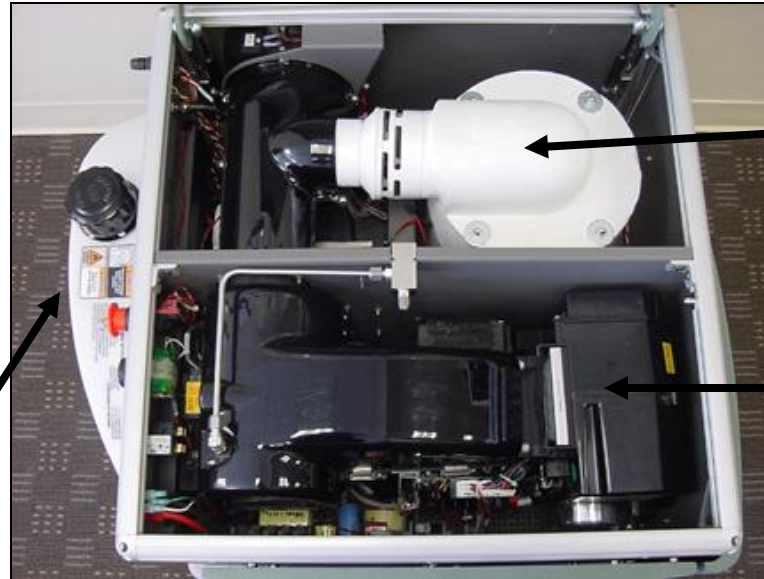
2014 - TET-AR-GE Proje Baharı Enerji Uygulamaları Alanında 3. lük ödülü (16 Mart 2014)



1 kW Kompakt DMYP

FCS 1200 v2.1

- Metanol/su yakıt
- 1 kW net güç
- Ticari konvörterlerle uyum
- Otomatik operasyon
- Uzaktan kontrol ünitesi
- 80kg
- Boyutlar 81x60x50cm



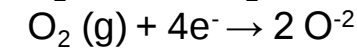
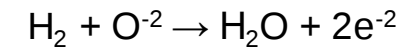
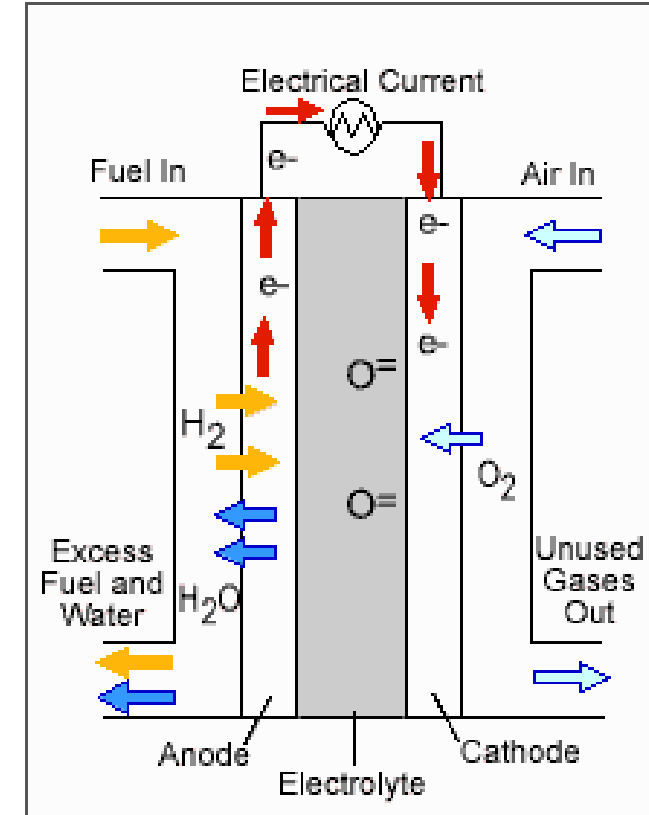
Yakıt
işlemcisi

Yakıt pili

Yakıt Tankı

6-Katı Oksit Yakıt Pili (Solid Oxide Fuel Cells)

- Yüksek sıcaklıklarda (600-1000°C) çalışmaktadır.
- Seramik membran kullanmaktadır.
- Membrandan H^+ yerine O^{2-} geçmektedir.
- Pt gibi pahalı katalizörlere ihtiyaç duymamaktadır.
- Yüksek sıcaklıklarda çalıştığı için verimi yüksektir.
- PEM yakıt pillerinde zehirleyici etki gösteren CO KOYP'de yakıt olarak kullanılmaktadır.
- Yakıtın saf olması gerekmemekte her türlü yakıtı (CO ve H içeren) kullanabilmektedir.







D350XR Katı Oksit Yakıt Hücresi (SOFC) güç sistemi, insansız hava araçları, insansız kara sistemleri (UGS'ler) veya insansız kara araçları (UGV'ler), ve çeşitli robotikler için özel olarak geliştirilmiştir. Hafif ve sağlam güç sistemleri gerektiren uygulamalar için idealdir.

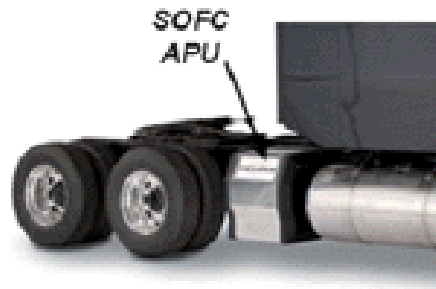


Lockheed Martin

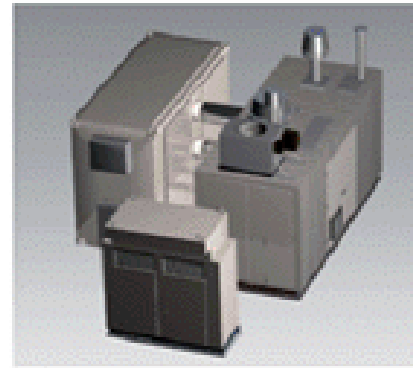
Katı Oksit Yakıt Pili Sistemi



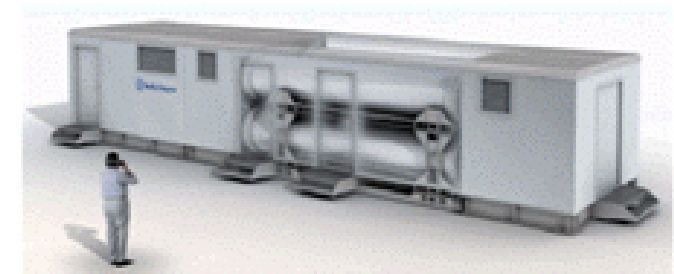
Adaptive Materials
(propane) **~250 W**



Delphi SOFC APU
(diesel) **~5 kW**



FuelCell Energy
VersaPower
(NG/Coal) **~250 kW**



Rolls Royce SOFC system
(NG/Coal) **~MW**

100W

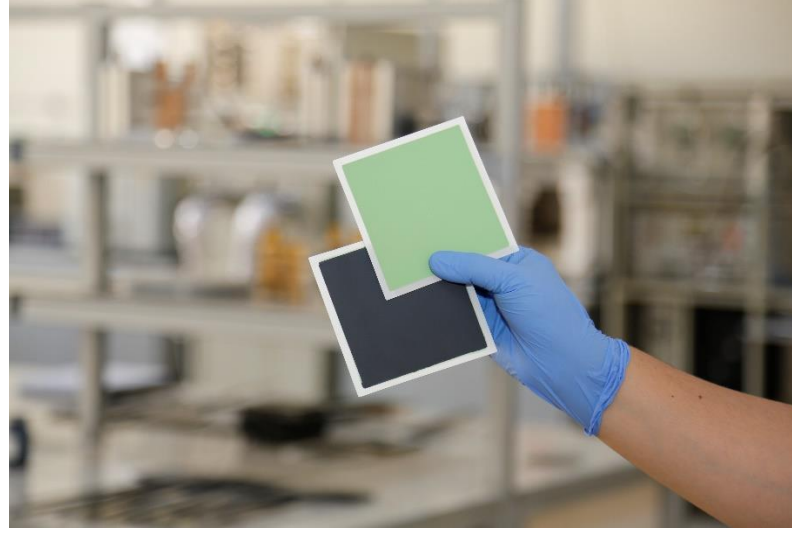
1 kW

10 kW

100 kW

1 MW

SOFC Üretim ve Test Laboratuvarı



Mikrotüp katı oksit yakıt pili



Ekstrüzyon ve
sinterleme ile üretim



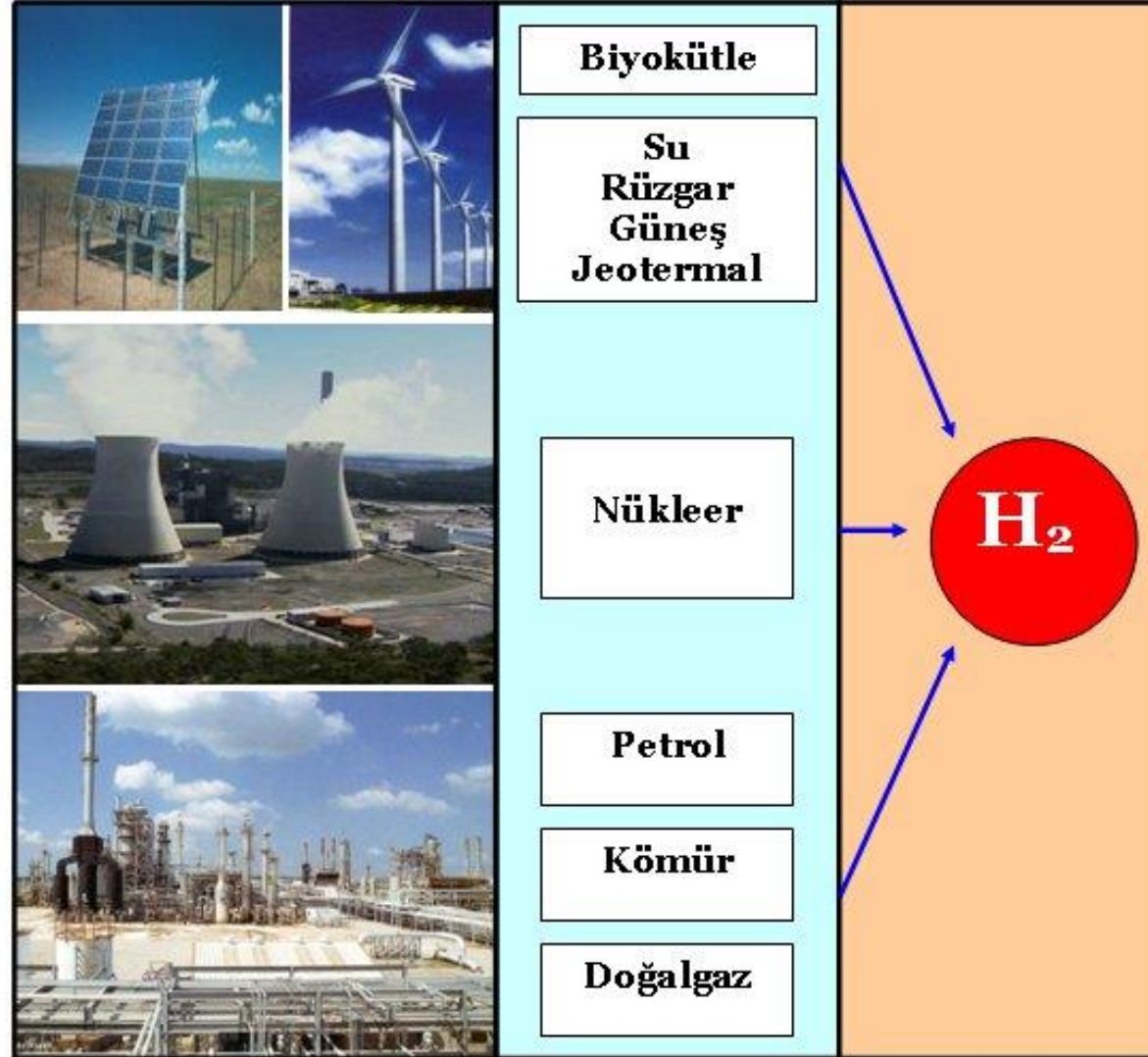
Akım toplama
optimizasyonu



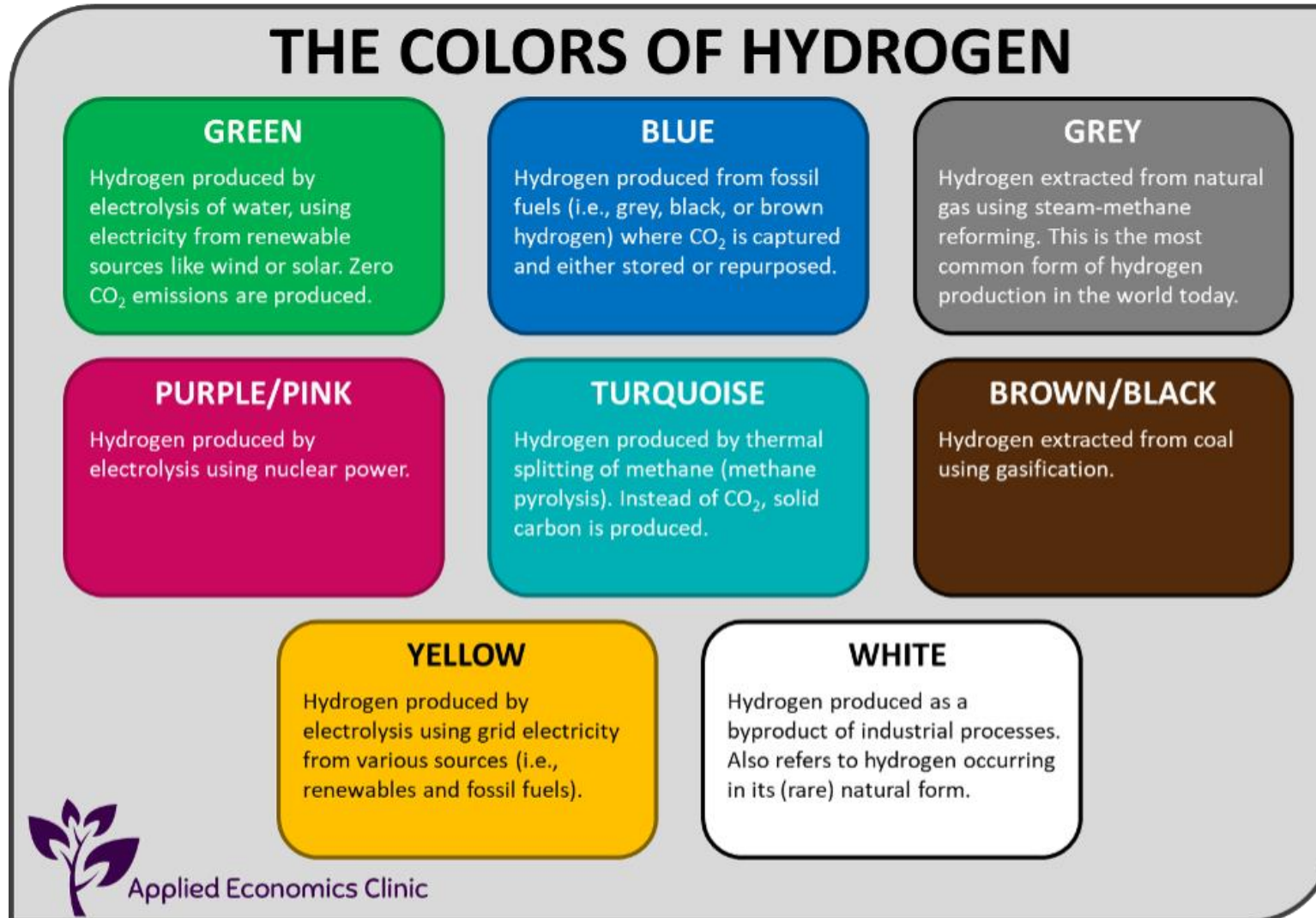
Sızdırmazlık
optimizasyonu

HİDROJEN ÜRETİMİ

Hidrojen Üretim Kaynakları



The "Colors" of Hydrogen



Hidrojen Üretim Aşamaları

- Hidrojen üretimi için enerjiye ihtiyaç vardır. Bu enerji yenilenebilir sistemlerden sağlanırsa anlamlı olur. Veya kullanılmayan atıl enerji santralleri yakıt üretimi için kullanılabilir:
 - Yedekli kullanılan hidroelektrik santralleri
 - Kapatılması zor olan Nükleer santraller
 - Jeotermal
 - Güneş,
 - Rüzgar vb.

Hidrojen Üretim Aşamaları

- SU'dan üretim (Elektrolizör ile Üretim)

- En temiz fakat şuan için doğalgaza göre pahalı
- Yatırım maliyeti var fakat yenilenebilir ile kullanılırsa uzun ömürlü
- Gelecek bu yöntemi kullanacak
- Maliyetler 2030'larda doğalgaz ile benzer olacak
- En yaygın elektrolizör PEM ve Alkali Elektrolizördür.
- KAMAG projesi kapsamında Ankara'da Hasatanede Örnek proje yapılmıştır.

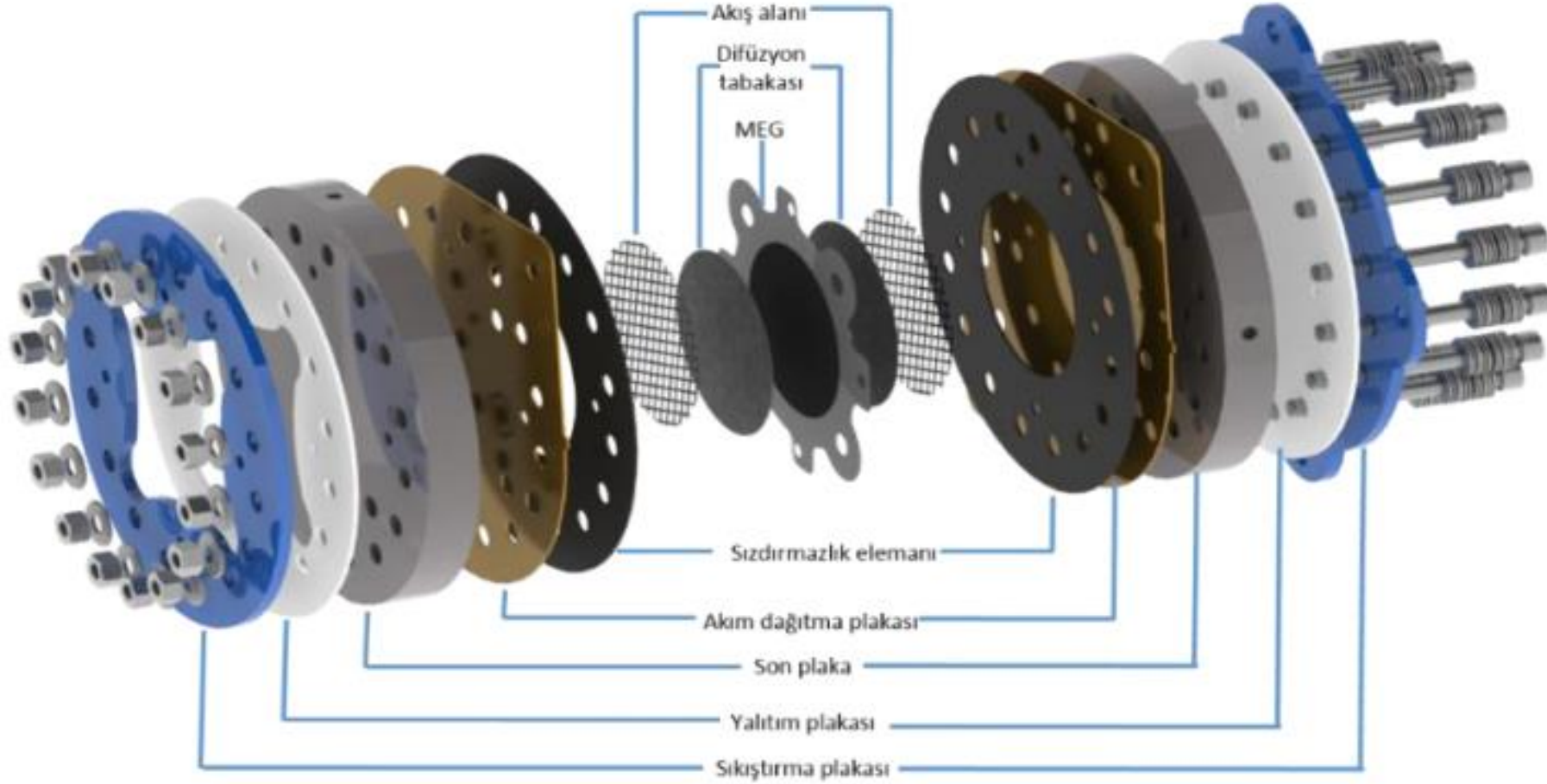
- DOĞALGAZDAN üretim

- Şuan kullanılan en yaygın ve ucuz yöntem
- Hidrojen genellikle sanayide kullanıldığı için ucuz olan bu yöntem kullanılıyor
- Hidrojene geçişte bu yöntemin yerini yeşil hidrojen üretimi alacaktır
- Fakat doğalgaz dışa bağımlılık demek, AB'nin tercihi Suyun Elektrolizi

- Diğer Hidrokarbonlardan üretim

- Dizel vb.

Kritik Eleman: PEM ELEKTROLİZÖR



TÜRKİYE'DE YAPILMIŞ ÇALIŞMAMIZ

- Yüksek basınçlı elektrolizör geliştirilmesi (KAMAK Projesi)
- Ömer Halisdemir Üniversitesi
- Hidronerji AŞ (Ankara)
- ODTU



Proje Uygulaması



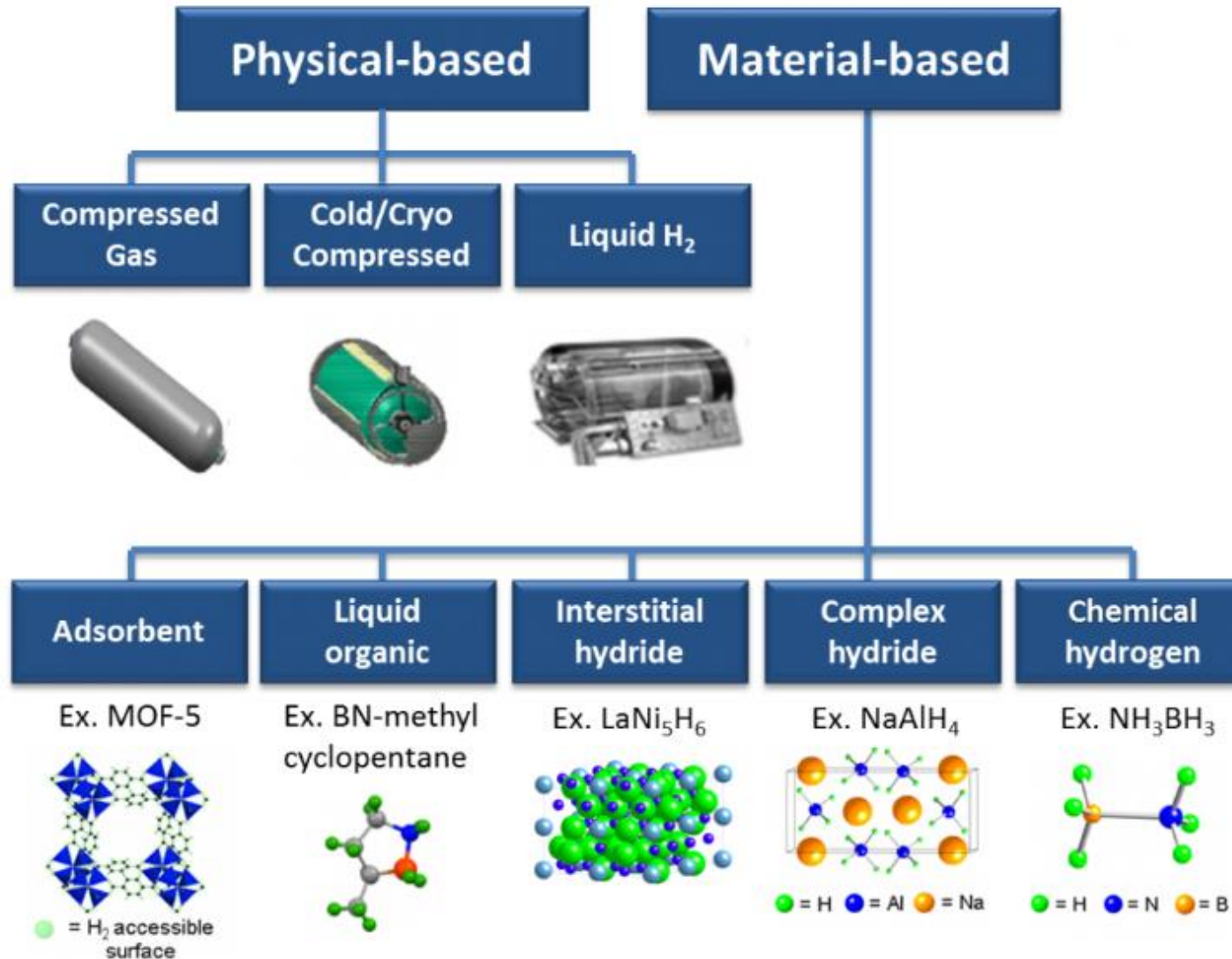
Uygulamadan fotoğraflar



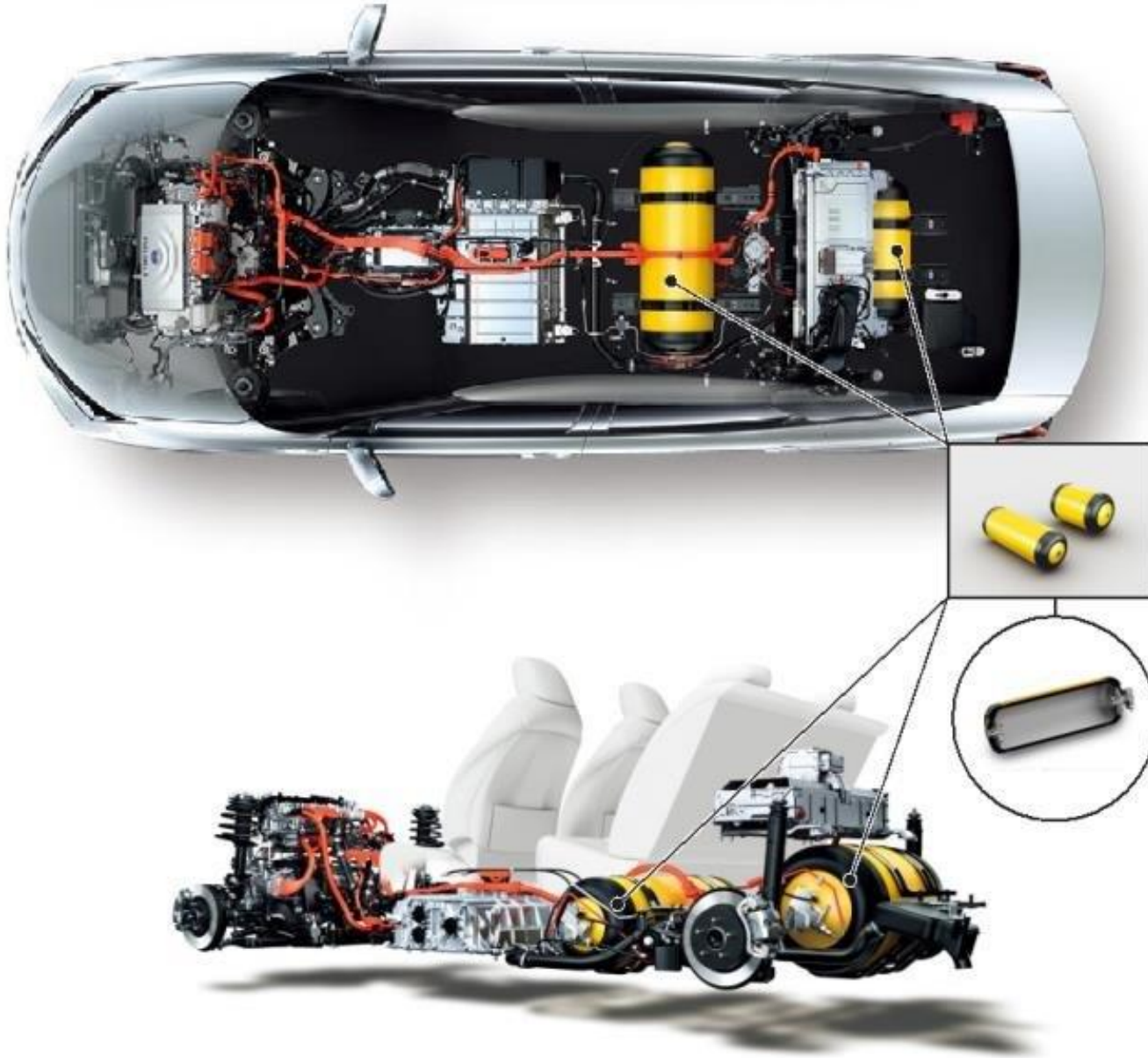
HİDROJEN DEPOLAMA

U.S. Department of energy (doe)

How is hydrogen stored?



SATILAN TİCARİ ARAÇ



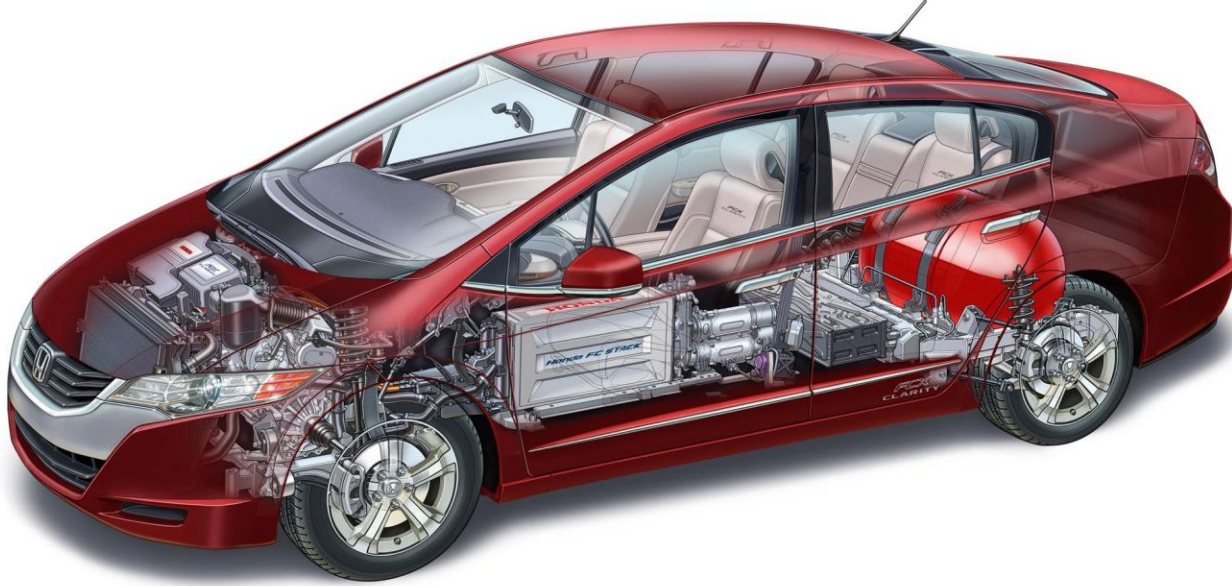
2015 Toyota Mirai Hidrojenli araçların geliştirildiği bu noktada, Toyota en büyük ilerlemeyi 2014 sonunda yakıt hücreleri ile çalışan ilk ticari aracı sunarak gerçekleştirdi. Toyota Mirai (Şekil 4) PEM yakıt hücrelerini kullanıyor - bunlardan 370 tanesi seri halinde düzenlenmiş paket. Bir yakıt hücresi 1.34 mm genişliğinde ve 102 g ağırlığındadır ve paketteki tüm hücrelerin toplam ağırlığı 56 kg'dır. Aracın boş ağırlığı 1.850 kg'dır. Artan yakıt hücresi çıkış voltajı, elektrik motorunun boyutunun yanı sıra yakıt hücrelerinin sayısının da azalmasını sağlar. Hidrojen deposunun doldurulması 3 ila 5 dakika sürer ve deposu dolu olan araç yaklaşık 500 km yol alabilir. **Bu araçta, 88 kg ağırlığındaki karbon elyaflarla güçlendirilmiş iki tank bulunur.** Yakıt hücreleri, Oksijenin daha iyi dağılması için üç boyutlu bir ızgarada düzenlenmiş olup, 114 kW [1] toplam maksimum güç çıkışı üretebilir.

OTOMOBİL-Toyota Mirai



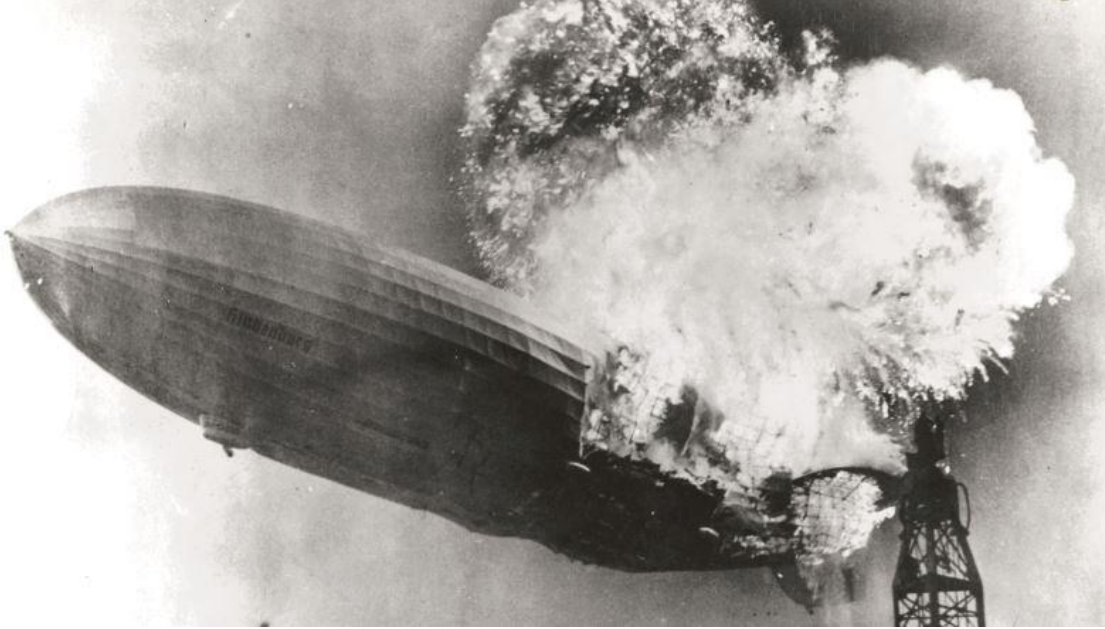
- 70 Mpa (10.000 psi)
- 87,5 kg ağırlığında
- 5 kg Hidrojen depolamaktadır
- Menzil 500 km

OTOMOBİL- HONDA FCX Clarity

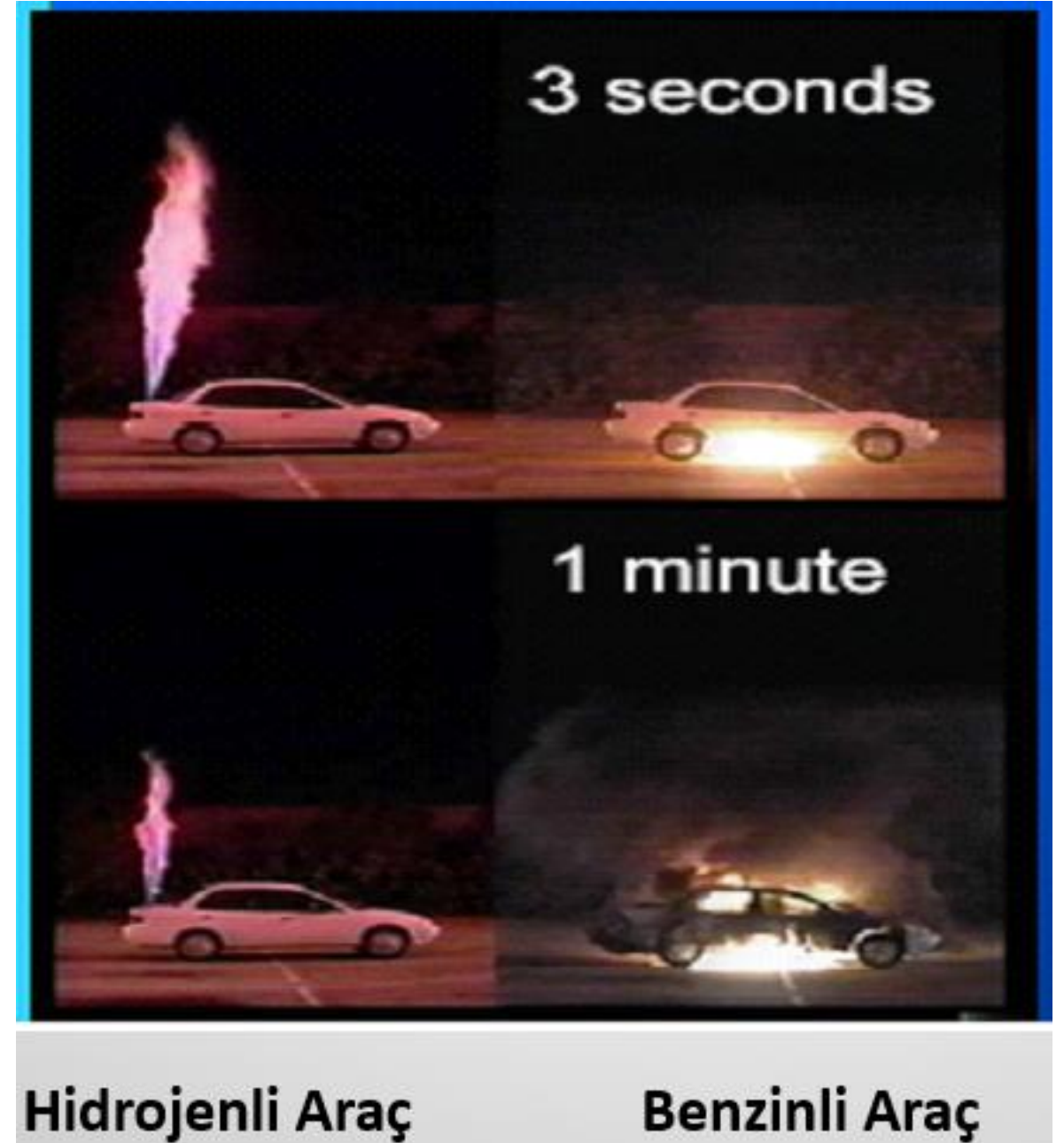


- 70 Mpa (10.000 psi)
- 87,5 kg ağırlığında
- 5 kg Hidrojen depolamaktadır
- Menzil 589 km

Kompozit Tank Güvenliđi



1937'de Hidrojenle Uçmaya Çalışırken Patlayarak 35 Kişiyi Mezar Olan Zeplin: **Hindenburg**



Antares DLR H2-insanlı

- 30 kW PEM+Li-ion
Hava Kalış Süresi: (?) Yaklaşık 4.5 saat
Kanat Genişliği: 20 m
Ağırlık (Boş):460 kg
Ağırlık (Maks):850 kg
Yükseklik: 8400 ft
Tüp: 350 bar, 4.9 kg H2 (~180 litre)



Boeing-İnsanlı

20 kW PEM+Li-ion

Hava Kalış Süresi:20 dk

Kanat Genişliği: 16,3 m

Ağırlık:850 kg

Yükseklik: 3300 ft

Tüp: ?



Enfica FC-İnsanlı

20 kW PEM+Li-ion

Hava Kalış Süresi: 45 dk

Kanat Genişliği: 10 m

Ağırlık:550 kg

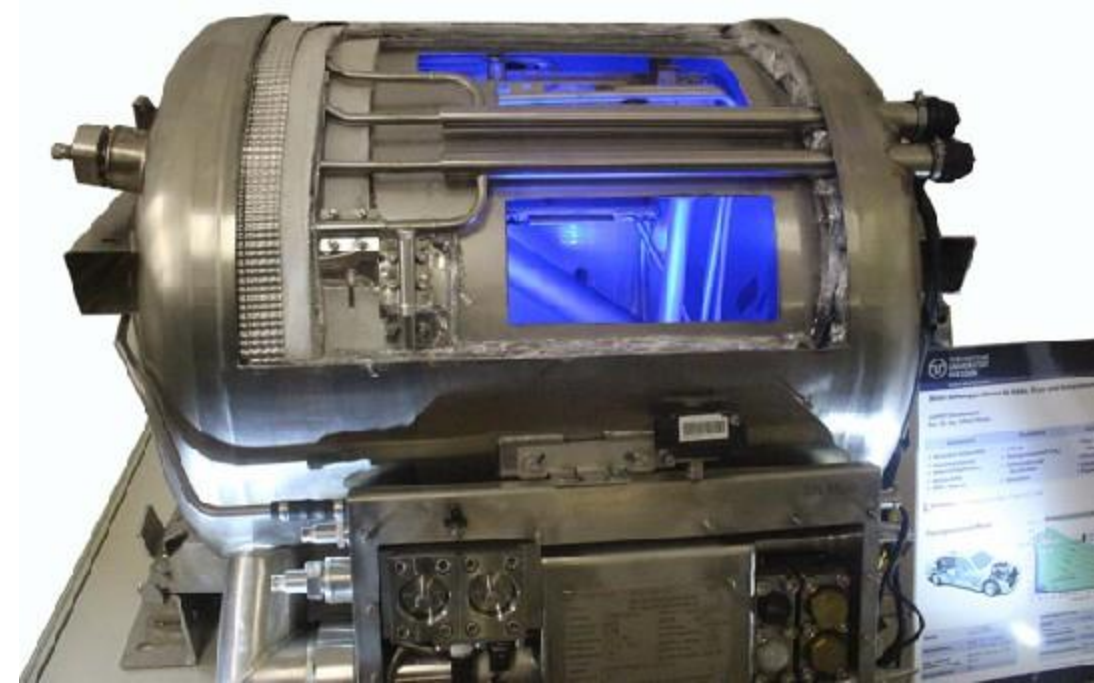
Yükseklik: ?

Tüp: 350 bar -30 litre

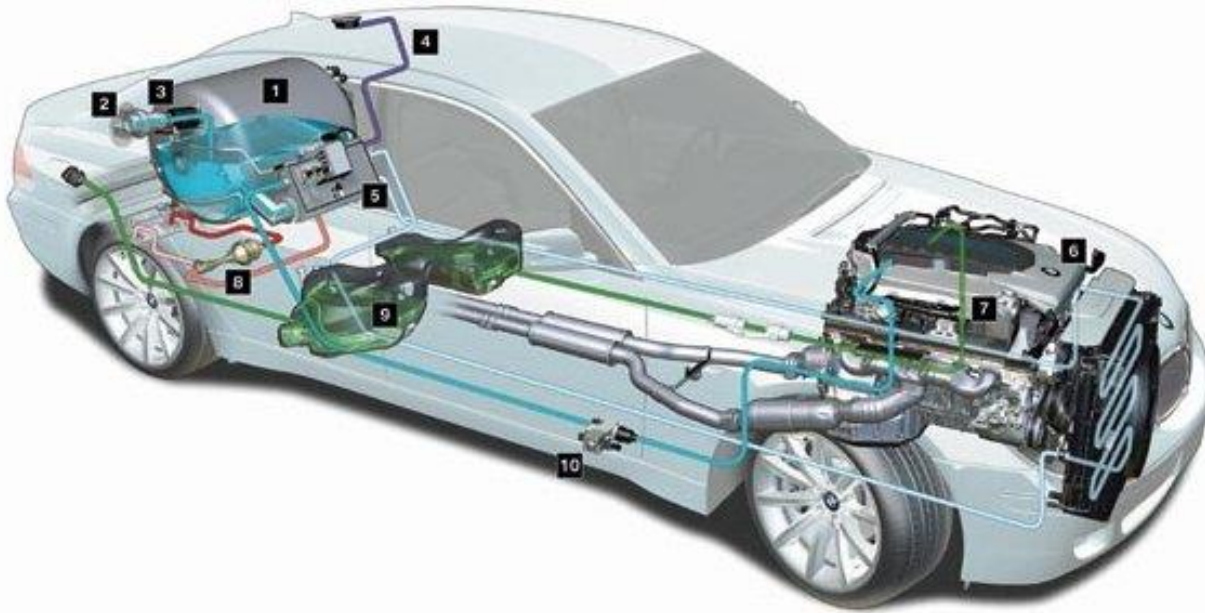


Sıvılaştırılmış hidrojen

- 20 K (-253 C) sıvı formda depolama sıcaklığı
- Cryogenic soğutma gerekliliği
- Enerjinin %30'u soğutmaya gitmekte
- 900 barda sıkıştırılmış hidrojen ile aynı yoğunluğa sahip
- En önemli avantajı düşük basınçta yüksek enerji yoğunluğunda olması



BMW Sıvı Hidrojen TANK TASARIMI



- Yalıtımı o kadar etkili ki BMW, tankın içindeki bir kardan adamın 13 yıl dayanacağını söylüyor.
- Tankta sıvı fazının üzerinde her zaman bir gaz halinde H_2 yastığı vardır. Araba çalıştırıldığında, bu “kaynama” kullanılır.
- Kullanılmazsa, yaklaşık 17 saat sonra, hidrojeni atmosfere tahliye ederek basınç tahliye edilir. Araba 10-12 gün kullanılmadan bırakılırsa, yakıt deposunun erişilebilir hidrojeni tükenir.

Hylum Industries Inc.



ION TIGER

- **Ion Tiger UAV** , sıvı hidrojen yakıt hücresi versiyonu ABD Deniz Araştırma Laboratuvarı (NRL), sıkıştırılmış gaz beslemesine paralel olarak drone'ların sıvı hidrojen yakıtla beslenmesi konusunda araştırmalara liderlik ediyor. 2013 yılında sıvı hidrojen ile beslenen bir İHA test edildi. Hafif bir kriyojenik tankta depolanan hidrojen ve Protonex'in 550W yakıt hücresi, Ion Tiger'ın Nisan 2013'te **48 saat** 1 dakika uçuşmasını sağladı. Sıvı hidrojenin (LH2) yoğunluğu üç kat daha fazla. sıkıştırılmış olandan daha fazlası, uçuş dayanıklılığının artmasına izin verir. Ion Tiger, benzer ağırlıktaki Li-Po pillerle (yalnızca) 4 saat uçabilecekti.



PHANTOM EYE

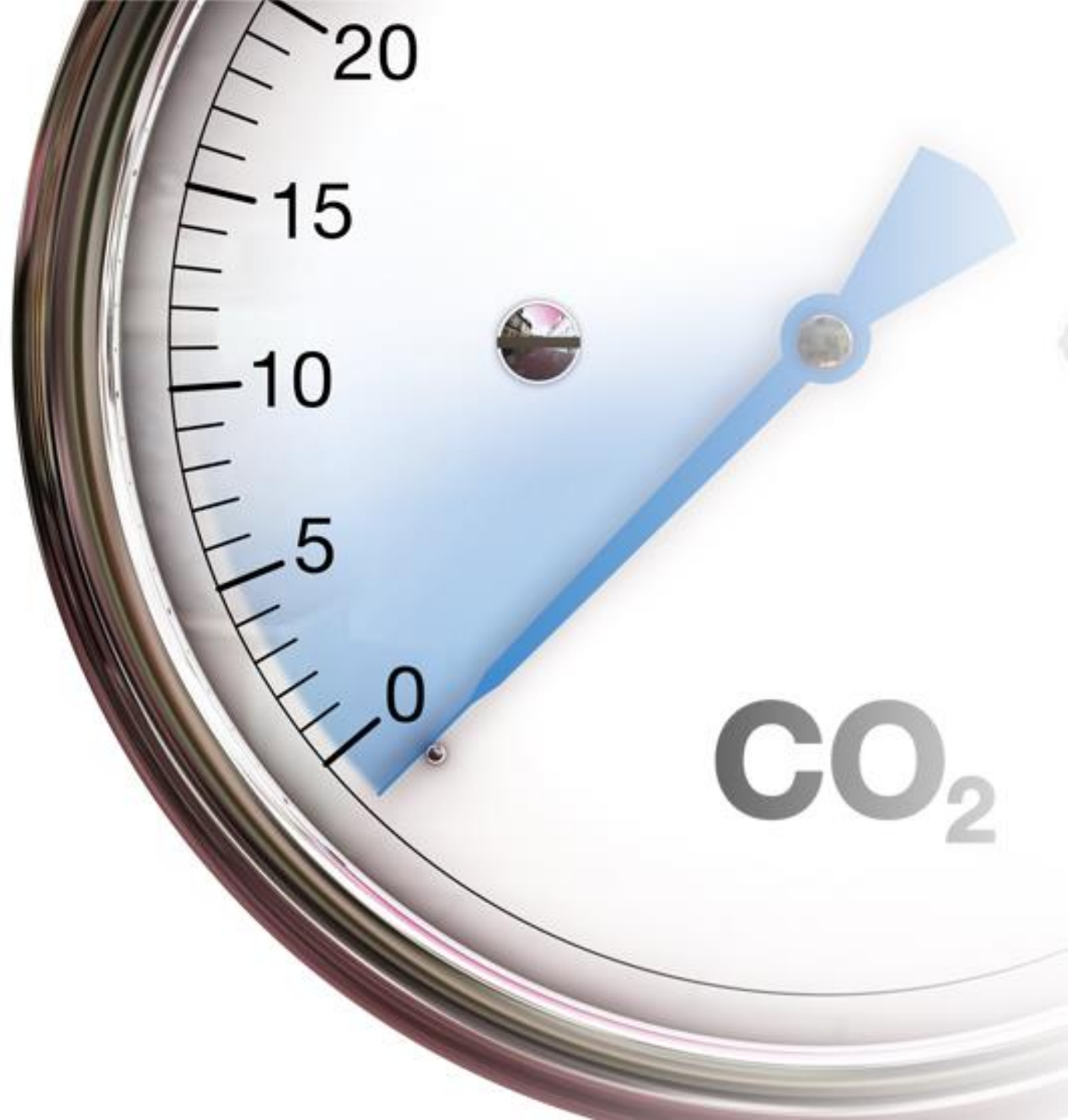
- İstihbarat ve gözetleme için
- Sıvı hidrojen kullanmakta
- Motorlar ford tarafından hidrojen dönüştürülmüş
- Deneme uçağı
 - 4 gün havada kalma
 - 450 pound payload
- Gerçek boyut hedefi
 - 10 gün havada kalma
 - 2000 pound payload



EMİSYON

Yakıt hücresi elektrik otobüslerinin sıfır egzoz emisyonu vardır.

- Yakıt hücreli elektrik otobüsleri, ultra düşük emisyon bölgeleri için gerekli emisyon azaltma hedeflerinde önemli bir rol oynamaktadır.
- Nitrojen oksit, sülfür dioksit veya partikül madde üretmezler. Yenilenebilir enerji kaynaklarından gelen hidrojen üretimi, kuyudan tekerlek perspektifine kadar tam karbon nötrlüğü sağlar ve şehirlerdeki karbondioksit emisyonlarını önemli ölçüde azaltır.



Otomobil platformunda yakıt pili entegrasyonu

Yakıt hücreli otomobiller aslında her iki teknolojinin en iyisine sahip performans sağlayan bataryalı-yakıt hücresi hibrit elektrik otomobilleridir.

Yakıt hücreli elektrik araçların, bataryalı elektrik araçların parçalarının

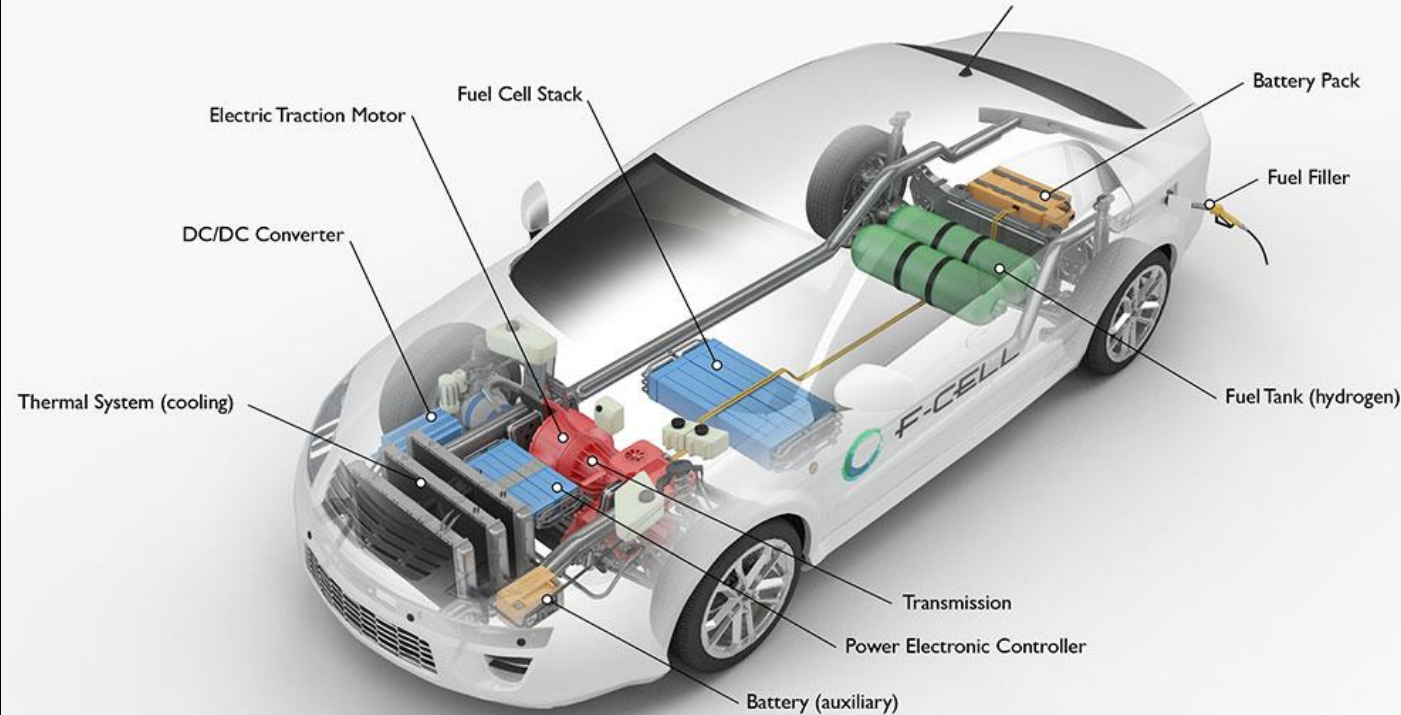
% 90 'ını paylaşır.



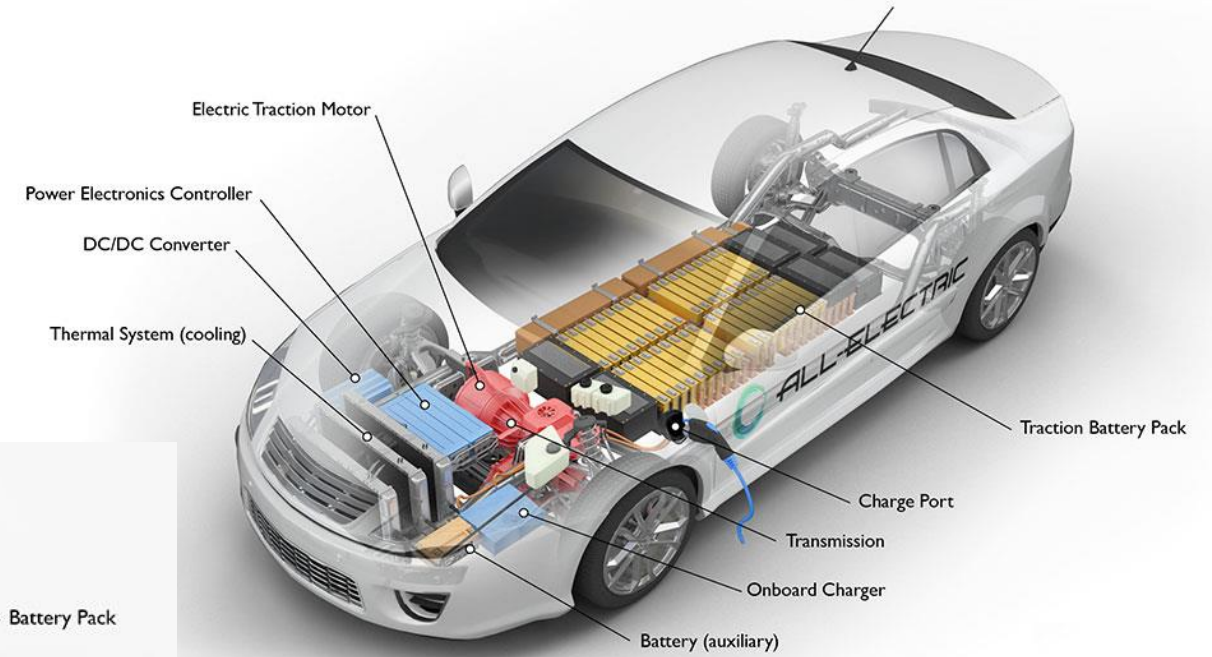
Tek fark, bir yakıt hücresi güç modülü ve hidrojen depolama tanklarıdır.

Yakıt Pili Elektrikli Otomobil

Hydrogen Fuel Cell Vehicle



All-Electric Vehicle



afdc.energy.gov

Bataryalı Elektrikli Otomobil

Son 20 yılda aşılan problemler neler?

- Hidrojen Depolama Sorunları Aşılmıştır (700 bar kompozit tank- 1,5 kg H₂/kg)
- Üretici sayısı ve Ar-Ge çalışmalarının artması
- Yakıt Hücresi Ömür Problemleri (10.000 saat ve üzeri)
- Yakıt Hücresi birim hacim ve ağırlıkta (3 kW/L ve 2kW/kg)
- Soğuk Çalışma Testleri
- Seri Üretim Maliyetleri
- Kiralama ile araçların gerçek şartlarda kullanım verileri

Satış Rakamları (ABD için)

* Eylül 2020 itibari ile...

Toyota Mirai=8434

Yıl	2015	2016	2017	2018	2019
TOPLAM	72	1034	1838	1700	1249
GENEL TOPLAM				5893	

Honda Clarity=37496

Ay/Yıl	2016	2017	2018	2019
TOPLAM	8	2455	20174	9359
GENEL TOPLAM			31996	

Hyundai NEXO=413

Ay/Yıl	2018	2019	2020
TOPLAM	8	197	
GENEL TOPLAM			205



Kaynaklar:

<https://carsalesbase.com/us-toyota-mirai/>

<https://carsalesbase.com/us-honda-clarity/>

<https://carsalesbase.com/us-hyundai-nexo/>

Elektrikli Araç İle Fiyat Karşılaştırması

TOYOTA MİRAI- YAKIT HÜCRELİ ARAÇ

ABD Satış Fiyatı : **59.000 Dolar**
Dolum Süresi : 3- 5 DAKİKA
Mesafe : 450 km
Ağırlık :1800 kg



<https://www.caranddriver.com/toyota/mirai>

TESLA MODEL S – ELEKTRİKLİ ARAÇ

ABD Satış Fiyatı : **75.000 Dolar**
Dolum Süresi : 4 – 9 Saat
Mesafe : 400 – 530 km
Ağırlık :2250 kg



<https://www.caranddriver.com/tesla/model-s>

Yeni Mirai – 2021 Model – Menzil=650 km

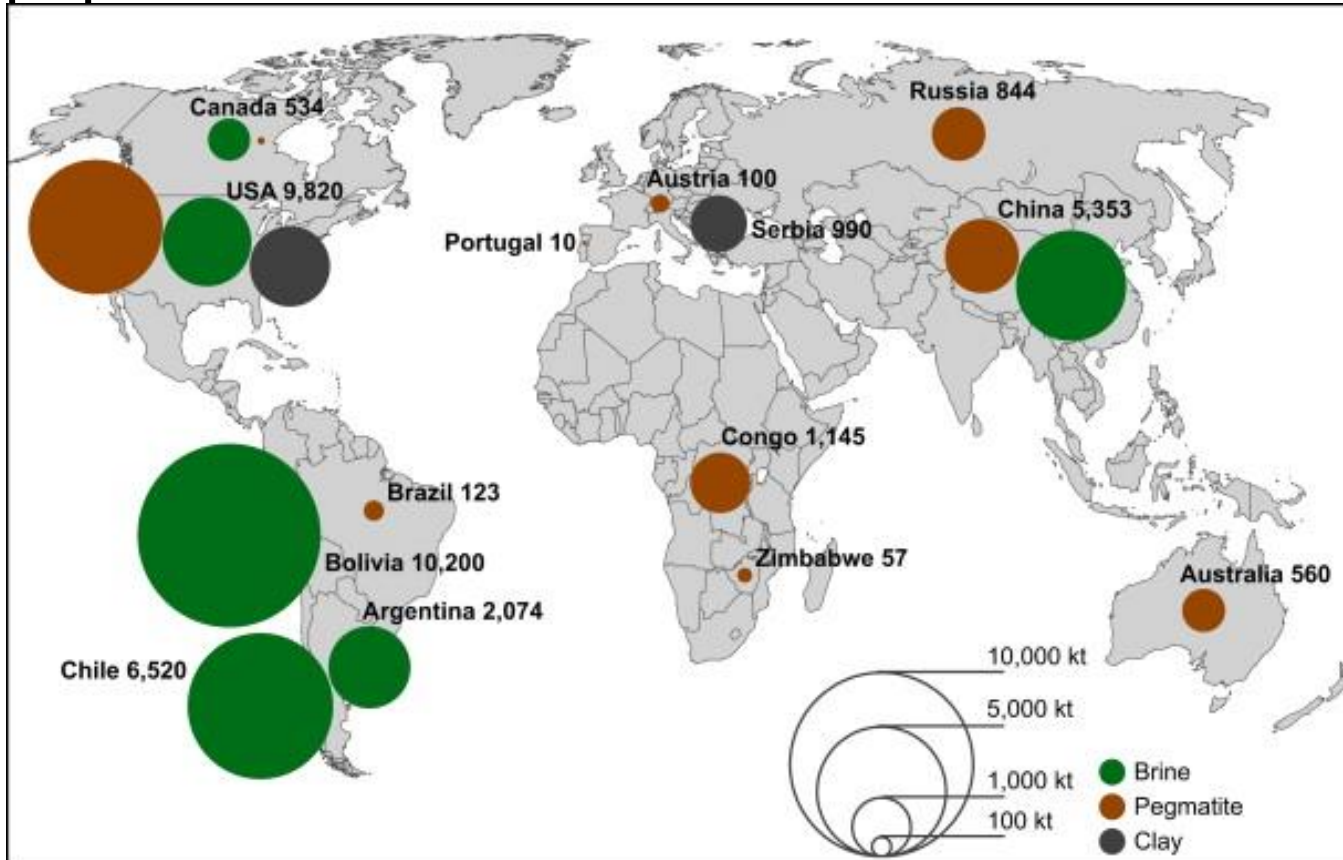


Yerli Elektrikli Otomobil Hidrojenli Versiyonu Çıkar mı? Çıkmalı mı?

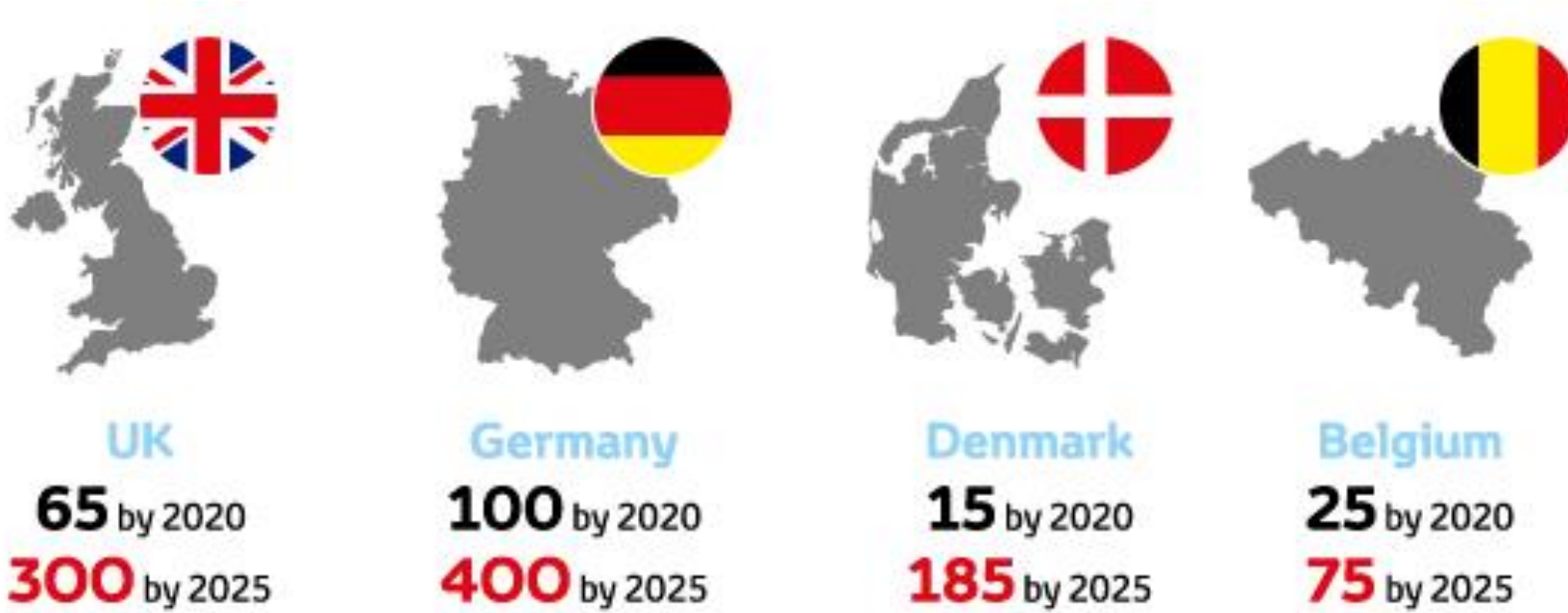


Lityum

- Dünya çapındaki lityum rezervlerinin yüzde 60'ından fazlası Latin Amerika'da (Şili ve Arjantin'de), diğer kaynaklar ise Çin (yüzde 22) ve Avustralya'da (yüzde 17)



Avrupada Hidrojen Dolu İstasyon Planları



2030 yılından sonra Avrupa İçten Patlar Otomobil üretiminin yanı sıra dizel araç kullanımı YASAKLANACAK!



DÜNYANIN FOSİL YAKIT KULLANIM PLANI

Fosil yakıtlı araçlar, büyük şehirlerde yaşanan hava kirliliğinde önemli bir yer tutuyor. Dünyanın dört bir yanında fosil yakıt kullanılan araçların yasaklanması için planlamalar yapılıyor.



İklim Değişikliğiyle Mücadelenin Önemi

- İklim değişikliği, sınır tanımayan ve gelişmişlik düzeyinden bağımsız olarak tüm ülkeleri etkileyen niteliğiyle günümüzün en önemli küresel sınamaları arasında yer almaktadır.
- BM tarafından Ekim 2015'te yayımlanan, "İklim Bağlantılı Doğal Afetlerin İnsani Maliyeti" isimli raporda, 20 yılda kayıtlara geçen küresel olarak toplam 6,457 doğal afetin %90'ı sel, fırtına, sıcak hava dalgası, kuraklık ve diğer aşırı iklim hareketlerinden kaynaklandığı; 1995 yılından bu yana aşırı iklim hareketleri kaynaklı afetler nedeniyle 606 bin kişinin yaşamını yitirdiği, 4,1 milyar insanın ise etkilendiği belirtilmektedir.
- İklim değişikliğiyle mücadele kapsamında, düşük karbonlu ekonomiye küresel düzeyde geçilmesi hususu, insanların yaşam biçimlerini, üretim ve imalat yöntemlerini değiştirecek köklü bir dönüşüm öngörmektedir.

BM İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi-1992

- BMİDÇS; taraf ülkeleri, sera gazı emisyonlarını azaltmaya, araştırma ve teknoloji üzerinde işbirliği yapmaya ve sera gazı yutaklarını (örneğin ormanlar, okyanuslar, göller) korumaya teşvik etmektedir. Sözleşme, sera gazı emisyonlarının azaltılması için, ülkelerin kalkınma önceliklerini ve özel koşullarını göz önüne alarak “ortak fakat farklılaştırılmış sorumluluklar ve göreceli kabiliyetler” ilkesine dayanmaktadır.
- Ülkemiz Sözleşme’ye 24 Mayıs 2004 tarihinde katılmıştır.

Kyoto Protokolü-1997

- BMİDÇS, iklim değişikliğiyle mücadelede ileriye dönük temel bir adım teşkil etmiştir. Bununla birlikte, sera gazı emisyonlarının küresel ölçekte artmaya devam etmesi ve iklim değişikliğinin olumsuz etkilerinin giderek daha fazla hissedilir hale gelmesi üzerine, gelişmiş ülkelerin bağlayıcı yükümlülükler üstlenmeleri için BMİDÇS'ye taraf ülkeler mevcut Sözleşme'nin niteliğini güçlendirmek amacıyla, Kyoto Protokolü'nü (KP) müzakere etmeye başlamışlardır.
- Ülkemiz Protokol'e 2009 yılında taraf olmuştur.

Paris Anlaşması-2016

- 2020 sonrası iklim değişikliği rejiminin çerçevesini oluşturan Paris Anlaşması, 2015 yılında Paris'te düzenlenen BMİDÇS 21. Taraflar Konferansı'nda kabul edilmiştir. Anlaşma, 5 Ekim 2016 itibariyle, küresel sera gazı emisyonlarının %55'ini oluşturan en az 55 tarafın anlaşmayı onaylaması koşulunun karşılanması sonucunda, 4 Kasım 2016 itibariyle yürürlüğe girmiştir.
- Hedef küresel sıcaklık artışının 2°C'nin olabildiğince altında tutulmasıdır.
- Türkiye 2021'de girmiştir.
- Hedef 2053 Net Sıfır Emisyon...

YATIRIM YAPILMASI GEREKEN KONULAR

- YAKIT PİLİ
 - YERLİ VE UCUZ MEMBRAN ELEKTROT GRUBU ÜRETİMİ
 - YÜKSEK GÜÇLERDE (50 KW VE ÜZERİ) YAKIT PİLİ STACK ÜRETİMİ
 - YAKIT PİLİ KOMPLE SİSTEM ÜRETİMİ (OTOMOTİV VEYA TAŞINABİLİR SİSTEMLER)
 - HAVA ARAÇLARI İÇİN YAKIT PİLİ SİSTEMİ ÜRETİMİ
 - DENİZ SİSTEMLERİ İÇİN YAKIT PİLİ STACK ÜRETİMİ
 - SERİ ÜRETİM AKIŞ PLAKASI ÜRETİMİ (METALİK VEYA GRAFİT)
- HİDROJEN ÜRETECİ
 - KOMPLE ELEKTROLİZÖR SİSTEMİ ÜRETİMİ
 - EV TİPİ
 - SANAYİ TİPİ
 - ELEKTROLİZÖR İÇİN MEMBRAN ELEKTROT GRUBU ÜRETİMİ

İNANÇ-AZİM-ÇALIŞKANLIK



Dr-V (Hidrojen Baba)

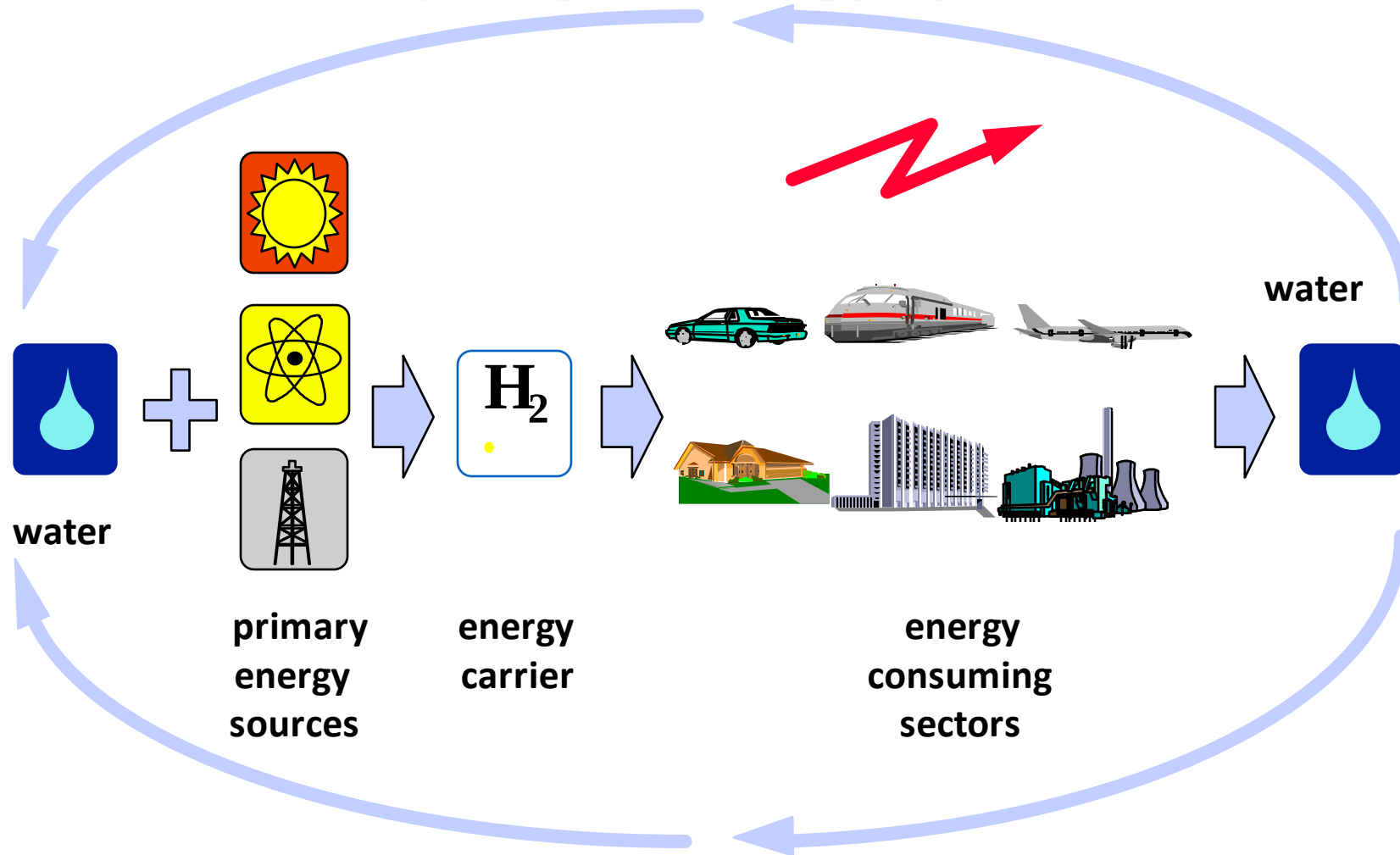


Prof. Dr.
Nejat Veziroğlu uyardı:

Gelecek hidrojende

‘Dünyanın en temiz ve
en etkili yakıt türü olan
hidrojen enerjisine bir
an önce geçmeliyiz’

Hydrogen Economy or Hydrogen Energy System



Dinlediğiniz İçin Teşekkürler

