

Αξιοποίηση του Υδρογόνου στον Τομέα των Μεταφορών



Μάνος Σταματάκης
Δρ. Χημικός Μηχανικός
Τομέας Τεχνολογιών ΑΠΕ & Υδρογόνου

A Vision of a Hydrogen Future

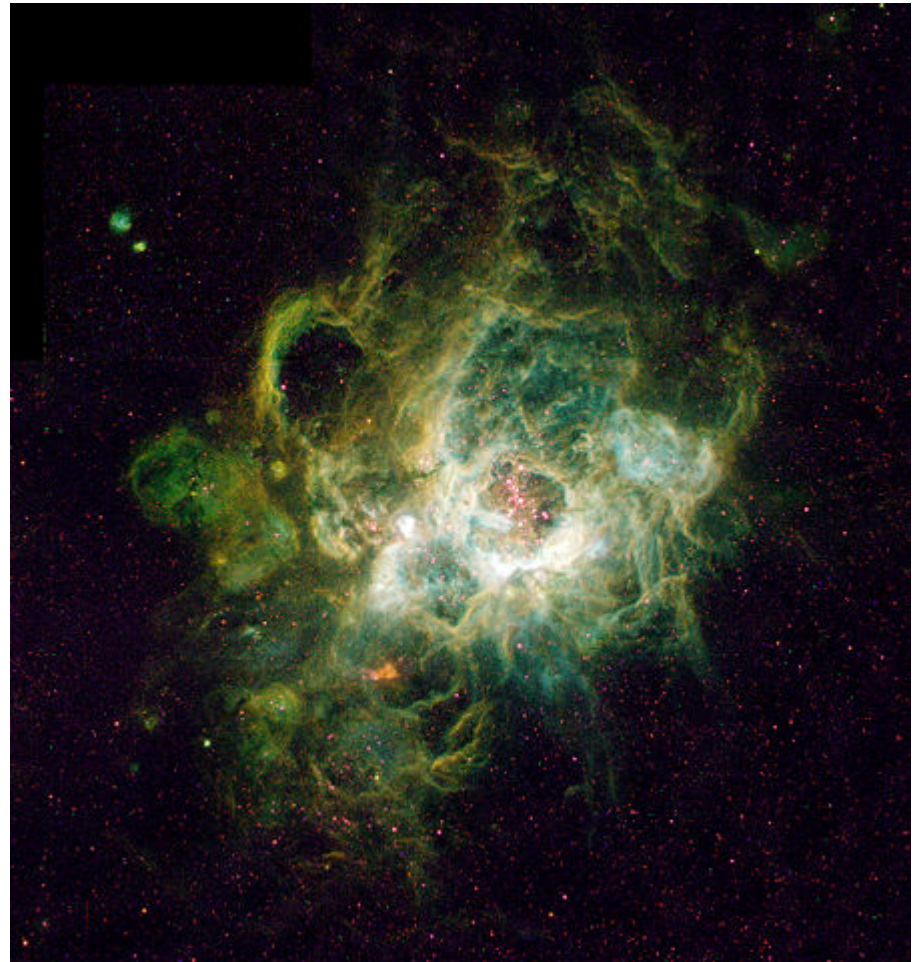
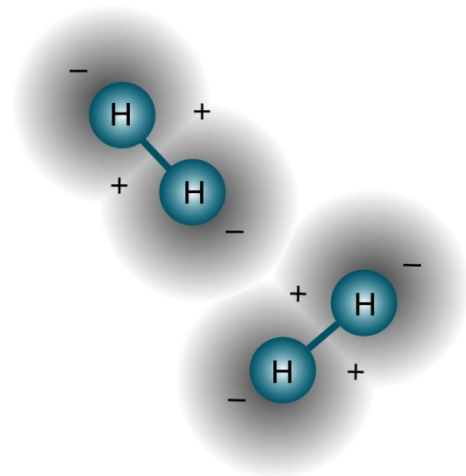
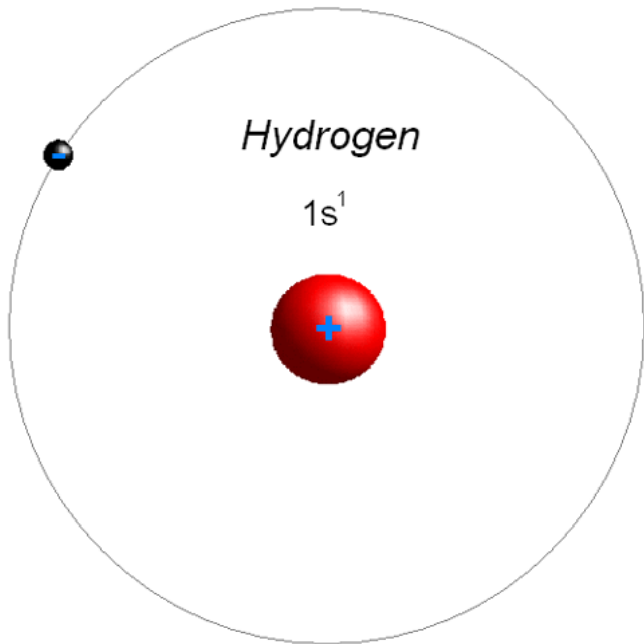


"Πιστεύω ότι το νερό θα είναι, μία μέρα καύσιμη ύλη. Το Υδρογόνο και το Οξυγόνο, από τα οποία συντίθεται το νερό, αν χρησιμοποιηθούν ξεχωριστά ή σε συνδυασμό θα προσφέρουν μία ανεξάντλητη πηγή θερμότητας και φωτός, με ισχύ μεγαλύτερη από εκείνη του άνθρακα... Το νερό είναι ο μελλοντικός άνθρακας!"

Ιούλιος Βερν

Η μυστηριώδης νήσος, 1875

Λίγα λόγια για το υδρογόνο



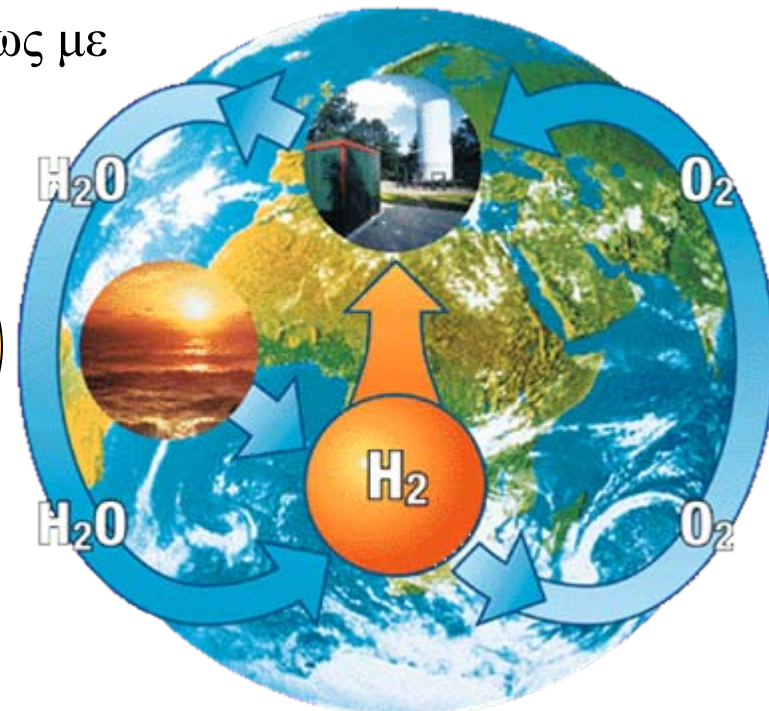
NGC 604, ένα γιγάντιο νέφος ιονισμένου υδρογόνου στον Γαλαξία Triangulum

Γιατί Υδρογόνο ?

- Το υδρογόνο έχει το υψηλότερο ενεργειακό περιεχόμενο ανά μονάδα βάρους από οποιοδήποτε άλλο γνωστό καύσιμο, 120.7 kJ/gr και περίπου τρεις φορές μεγαλύτερο από αυτό της συμβατικής βενζίνης.
- Κάνει "καθαρή" καύση. Όταν καίγεται με οξυγόνο παράγει μόνο νερό και θερμότητα και δε συμβάλλει στη μόλυνση του περιβάλλοντος.
- Με τα κατάλληλα μέτρα ώστε να αποφευχθεί η προανάφλεξη, το υδρογόνο είναι πολύ καλό καύσιμο στους κινητήρες εσωτερικής καύσεως με απόδοση κατά 22% υψηλότερη από τον αντίστοιχο βενζινοκινητήρα.

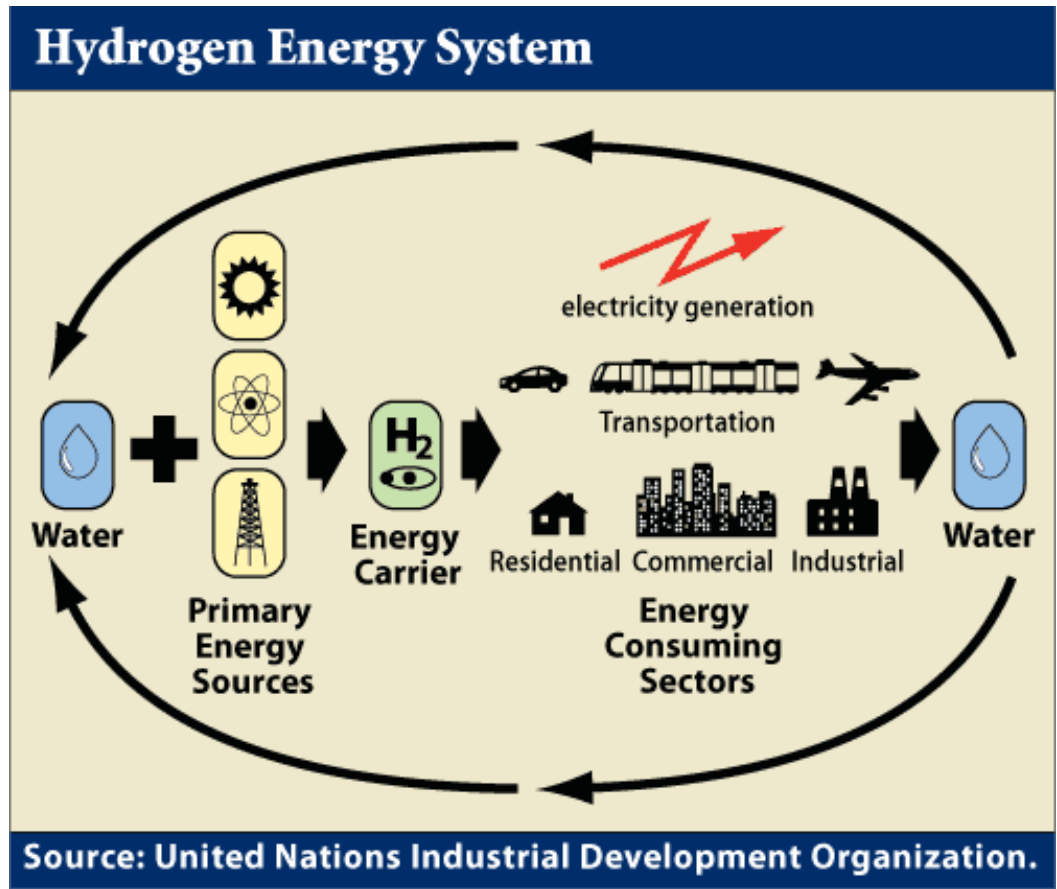


The only
waste
product is
water



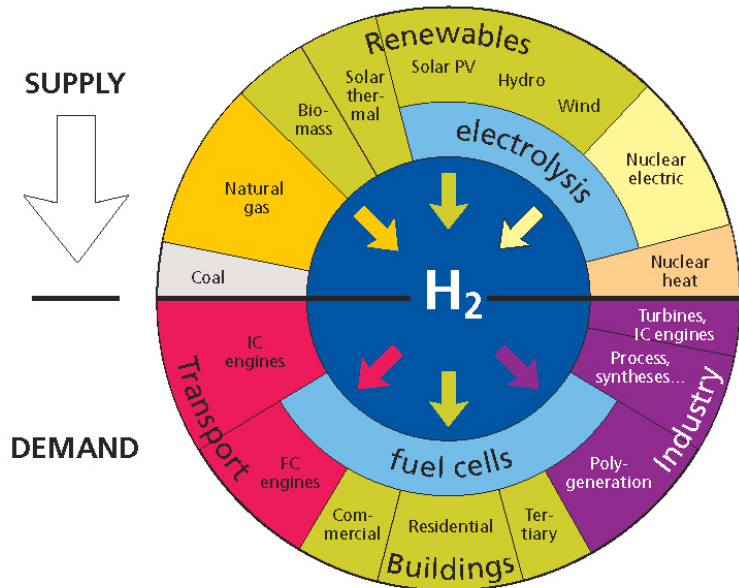
Το υδρογόνο ως φορέας ενέργειας

- Το υδρογόνο μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως φορέας ενέργειας, δηλαδή μια μορφή ενεργειακού νομίσματος.
- Χαρακτηριστικό παράδειγμα για το πώς το υδρογόνο μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να παραχθεί ενέργεια είναι οι λεγόμενες κυψέλες καυσίμου (fuel cells), στοιχεία τα οποία χρησιμοποιούνται για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας με βάση υδρογόνο.



- Το υδρογόνο, απαλλαγμένο από κάθε ποσοστό άνθρακα, μπορεί να προσφέρει αρκετή ενέργεια για καθημερινές χρήσεις, όπως η ηλεκτροδότηση κτιρίων ή η κίνηση μεταφορικών μέσων.

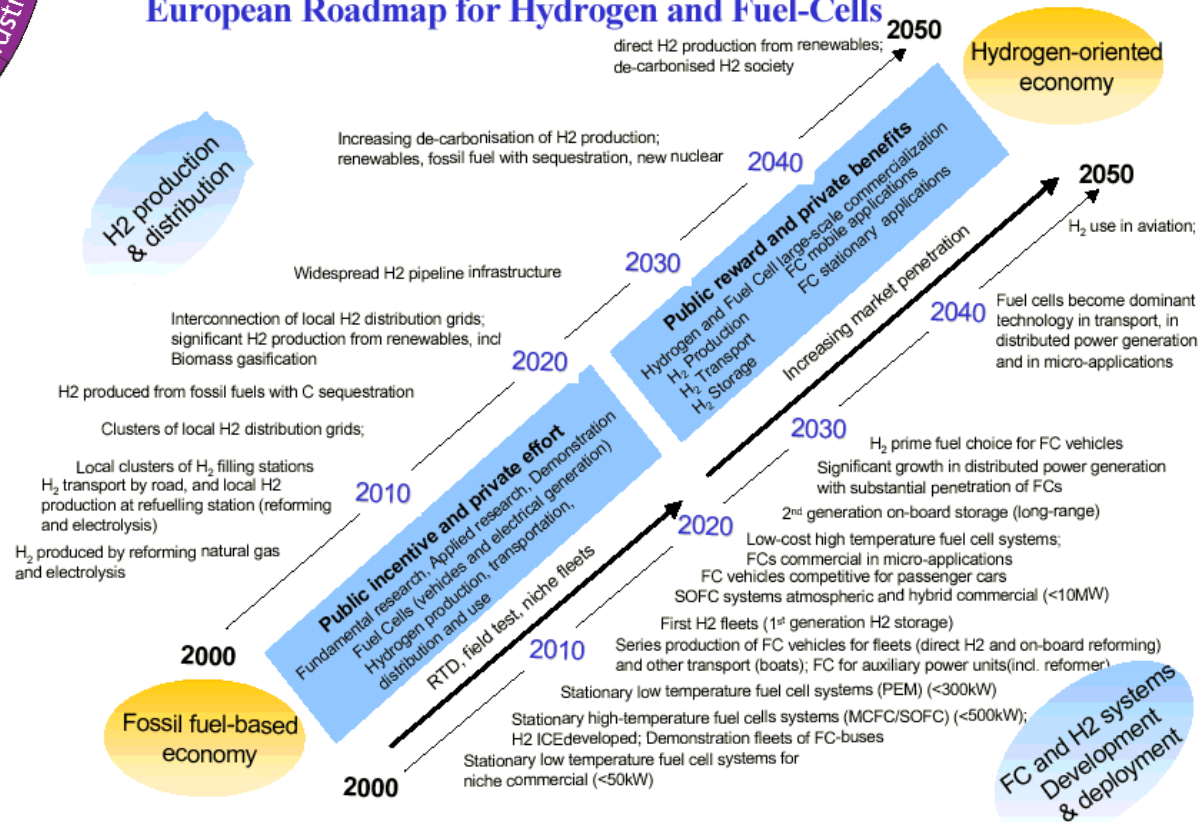
Με κατεύθυνση την «Οικονομία του H₂»



“It is our declared goal of achieving a step-by-step shift towards a fully integrated hydrogen economy, based on renewable energy sources by the middle of the century”

Former EU President Romano Prodi

European Roadmap for Hydrogen and Fuel-Cells

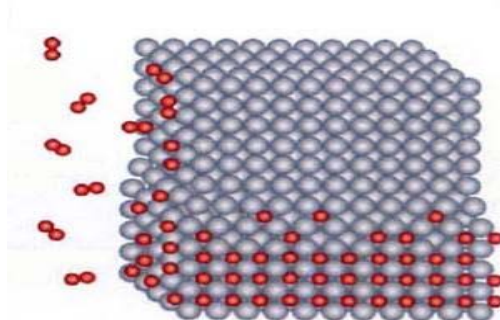


Η «Οικονομία του H₂»

• ΠΑΡΑΓΩΓΗ



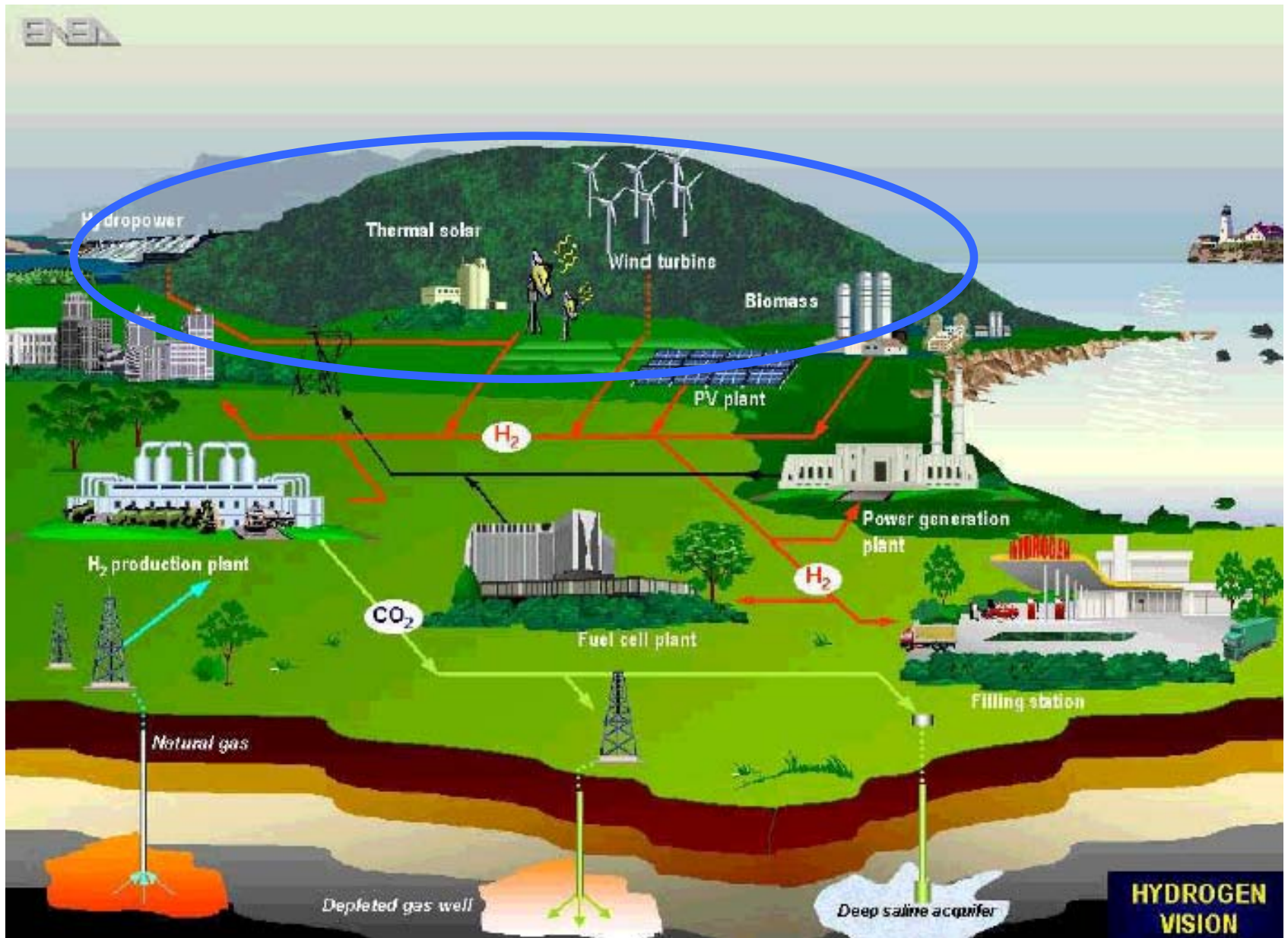
• ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗ



• ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ



Ο ρόλος των ΑΠΕ στην «Οικονομία του Η₂»



Τρόποι Παραγωγής Η₂ από ΑΠΕ

Πρωτογενής Πηγή Ενέργειας

Άνθρακας

Φυσικό Αέριο

Βιομάζα

Αιολική

Υδροηλεκτρική

Γεωθερμία

Ηλιακή

Πυρηνική

Μέθοδοι Παραγωγής

Αεριοποίηση

Αναμόρφωση

Ηλεκτρισμός

Ηλεκτρόλυση

Υδρόλυση

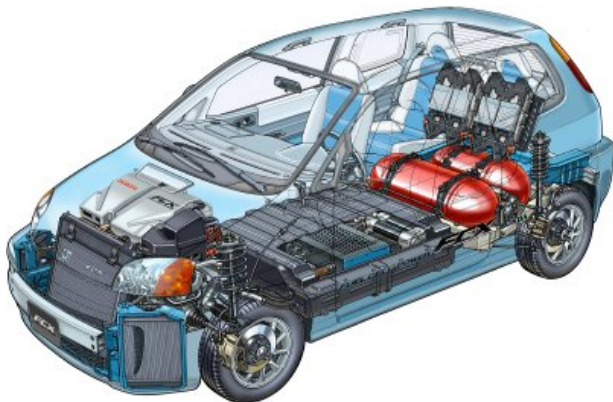
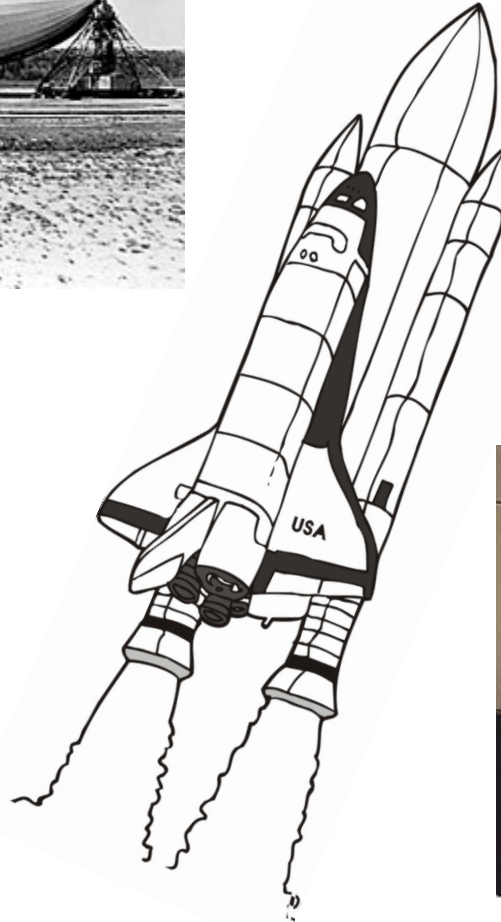
Φωτόλυση

Υδρογόνο

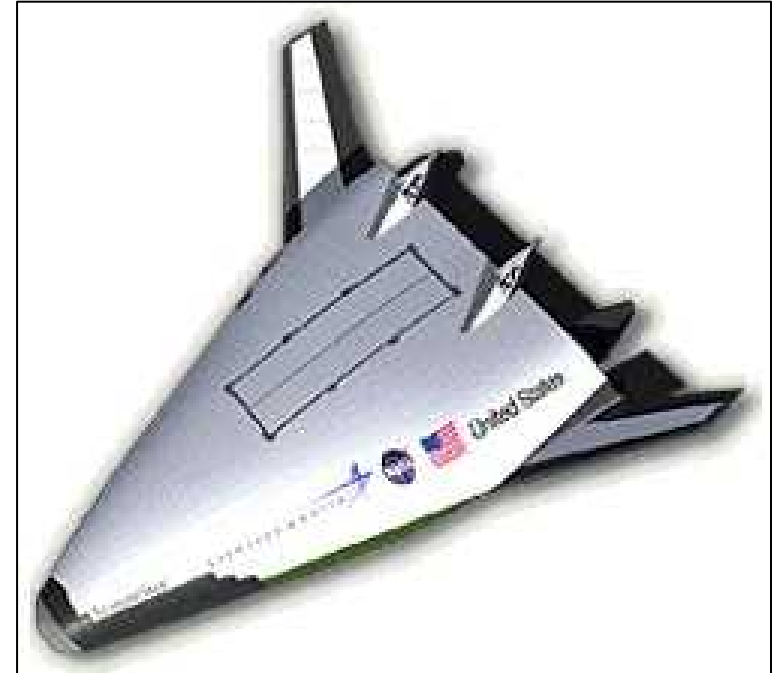
Εφαρμογές



Το υδρογόνο στις μεταφορές



Υδρογονοκίνητα αεροσκάφη

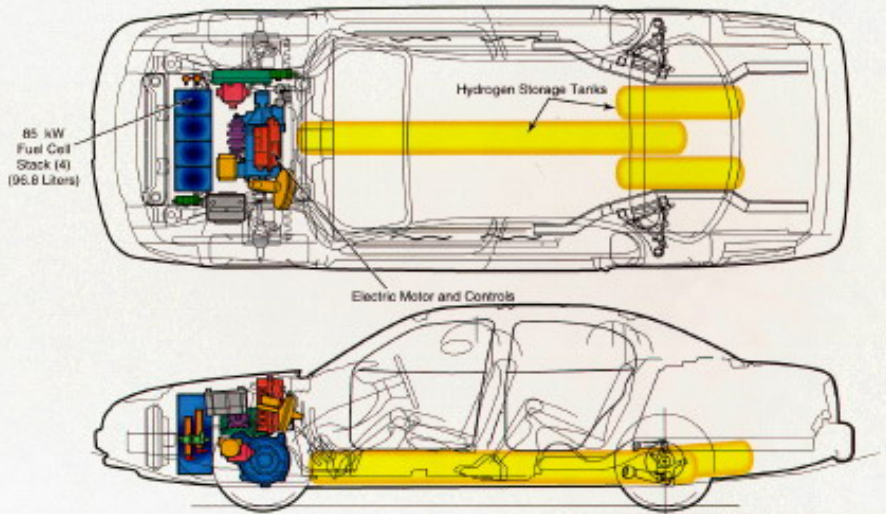


Υδρογονοκίνητα επιβατικά αεροσκάφη (αριστερά) με κρυογονικές δεξαμενές κατά μήκος της ραχοκοκαλιάς της ατράκτου. Το καύσιμο H_2 απαιτεί περίπου των 4-πλασιο όγκο από ότι το συμβατικό αεριωθούμενο καύσιμο (κεροζίνη).

<http://planetforlife.com/h2/h2vehicle.html>

Υδρογονοκίνητα οχήματα

**GROUND UP ZEV FUEL CELL VEHICLE
(Gaseous H₂ Tanks)**



TANK VOLUME in lbs. H ₂		
	Per	Total
9.0" x 105" Long	5.0	5.0
9.0" x 35" Long	1.5	3.0
		8.0

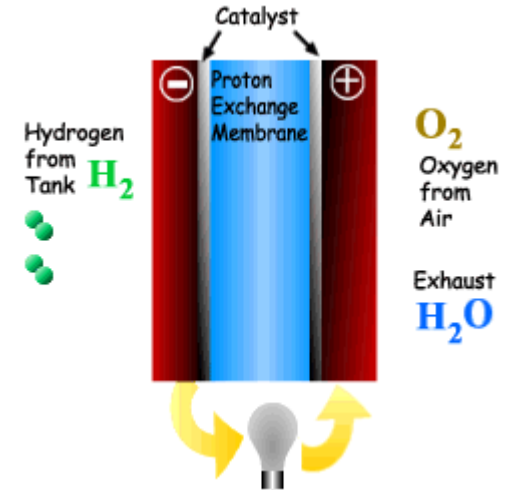
Ford FUEL CELL PROGRAM

Figure 1. A conceptual fuel cell vehicle fueled with 5,000 psi hydrogen stored in carbon fiber-wrapped tanks



Κυψέλες Καυσίμου (Fuel Cells)

- Ηλεκτροχημικός εξοπλισμός που λειτουργεί όπως οι συσσωρευτές
- Καταναλώνουν Υδρογόνο και Οξυγόνο και παράγουν:
 - Ηλεκτρική ενέργεια
 - Θερμότητα
 - Νερό
- Δεν είναι ΑΠΕ, είναι εξοπλισμός μετατροπής ενέργειας αποθηκευμένης υπό την μορφή καυσίμου (υδρογόνο, μεθάνιο, Φ.Α, μεθανόλη)
- Κόστος από € 5.000 – € 20.000 / kW\
- Όταν το καύσιμο είναι καθαρό Υδρογόνο οι εκπομπές είναι μόνο νερό
- Όταν το καύσιμο είναι κάποιος υδρογονάνθρακας, τότε εκλύεται CO₂ αλλά σε μικρότερες ποσότητες από ΚΕΚ (περίπου 1kg CO₂ ανά m³ H₂)



Ο ηλεκτρολύτης : ειδικευμένο πολυμερές ή άλλο υλικό, που επιτρέπει την διέλευση ιόντων αλλά δεν είναι περατό από ηλεκτρόνια. Τα ηλεκτρόδια είναι συνήθως από πλατίνα.



Τύποι Κυψελών Καυσίμου

Ηλεκτρο-λύτης	Μεμβράνη ανταλλαγής πρωτονίων (PEMFC)	Αλκάλια (AFC)	Φωσφορικό Οξύ (PAFC)	Τηγμένα ανθρακικά άλατα (MCFC)	Σταθεροποιη-μένα οξειδία (SOFC)
Θερμοκρασία Λειτουργίας	80-150 °C	60-150 °C	200 °C	650 °C	800-1000 °C
Ηλεκτρικός φορέας	Ιόν υδρογόνου	Ιόν υδρογόνου	Ιόν υδρογόνου	Ανθρακικό ιόν	Ιόν οξυγόνου
Καταλύτης	Πλατίνα	Πλατίνα	Πλατίνα	Νικέλιο	Τιτανικό Ασβέστιο
Απόδοση (%)	40-60	70	40-60	>60	>60
Κυριότερες εφαρμογές	Μεταφορές, ηλεκτρο-παραγωγή, φορητές ηλεκτρονικές συσκευές	Διάστημα	Ηλεκτρο-παραγωγή και συμπαραγωγή σε κτιριακές εγκαταστάσεις	Κεντρικές μονάδες ηλεκτρο-παραγωγής, συμπαραγωγής	Μεταφορές Κεντρικές μονάδες ηλεκτρο-παραγωγής, συμπαραγωγής

Ένα συμβατικό αυτοκίνητο για την κάλυψη 400 km καίει καταναλώνει περίπου 24 kg πετρελαίου. Για την κάλυψη της ίδιας απόστασης χρειάζονται μόλις 4 kg υδρογόνου σε FC car. Ωστόσο, το υγρό H₂ απαιτεί τον 4-πλασιο όγκο από ότι η ισοδύναμη ενεργειακά ποσότητα βενζίνης.

4kg H₂ δίνουν αυτονομία σε ένα όχημα για 500km και απαιτούν ορισμένο όγκο για την αποθήκευσή τους



What Consumers Want

With transparency an acknowledged target, it is important to understand consumers' expectations for fuel storage on a vehicle. Simply put, consumers do not think about fuel storage. They do not see the fuel tank. They expect maximum passenger and trunk space. They expect 300 to 400 miles range on "a tank of gas" before having to fill-up. They expect to fill up their "tank" in less than 3-5 minutes. They are used to self-serve "gas stations" that are virtually foolproof, with a simple trigger-type nozzle that starts with a push of a button or flick of a lever. They expect to be able to refuel at the corner gas station, although refueling at home would be a nicety. Probably the only time most consumers in the United States think about fuel, let alone fuel storage, is when fuel prices rise to \$2.00 per gallon of gasoline.

>300 miles range

<5' self service refilling

<\$2/gallon eq. gasoline

Προδιαγραφές συστήματος αποθήκευσης

- Αποθηκευτική δυνατότητα: αυτονομία οχήματος για τουλάχιστον 500km με ένα γέμισμα
- Ασφάλεια: κίνδυνος από τη μεγάλη αναφλεξιμότητα
- Συνθήκες λειτουργίας: κοντά στις ατμοσφαιρικές (για λόγους ασφάλειας και κόστους)
- Όγκος: συμβατός με τις διαστάσεις ενός κοινού οχήματος
- Βάρος: επιπλέον κατανάλωση καυσίμου
- Ταχύτητα γεμίσματος: συγκρίσιμη με συμβατικό όχημα
- Χαμηλό κόστος

Αποθήκευση Υδρογόνου

ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ
ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΟ-
ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑΣ

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ
ΕΡΕΥΝΑΣ

ΠΟΣΟΤΙΚΑ ΚΡΙΤΗΡΙΑ

Παράμετρος (κατά DOE)	2005	2010	2015
Περιεκτικότητα σε H ₂ (% κ.β.)	4,5	6,0	9,0
Συγκ/ση ενέργειας κατά βάρος (kWh/kg)	1,5	2,0	3,0
Συγκ/ση ενέργειας κατ' όγκο (kWh/L)	1,2	1,5	2,7
Κόστος (\$/kWh)	6	4	2
Κύκλος ζωής (αριθμός γεμισμάτων)	500	1000	1500
Ρυθμός πληρώσεως (kg H ₂ /min)	0,5	1,5	2
Απώλειες [(g H ₂ lost /h)/kg H ₂ stored]	1	0,1	0,05

Φιάλες Υψηλής Πίεσης

- Πιέσεις: 200, 350 και 700bar (2000bar στο μέλλον)
- Κατασκευή από σύνθετα υλικά (composites) πάνω σε χαλύβδινα καλούπια
- Προδιαγραφές υλικού:
 - Μηχανική αντοχή (κρούση, διάτρηση κ.λ.π.)
 - Χαμηλό βάρος
 - Μηδενική διαπερατότητα H_2
 - Καλή θερμική συμπεριφορά
- Χρήση συστοιχίας φιαλών παράλληλα συνδεδεμένων
- Πιλοτική εφαρμογή σε μέσα συγκοινωνίας



Πλεονεκτήματα

- Μεγάλη αποθηκευτική δυνατότητα
- Σχετικά χαμηλό κόστος

Προβλήματα

- Ασφάλεια, ειδικά για εφαρμογή στις μεταφορές
- Αδυναμία λειτουργίας υπό σταθερή πίεση
- Υποχρεωτική κυλινδρική διαμόρφωση φιάλης

Υγροποιημένο Υδρογόνο

- Κρυογενή συστήματα
- Αποδεκτή πίεση λειτουργίας (<8bar)
Εξαιρετικά χαμηλές θερμοκρασίες (<-240°C)
- Ειδική τεχνολογία μόνωσης (super-insulation): εναλλασσόμενα στρώματα από σύνθετα υλικά μέσα σε υψηλό κενό

Πλεονεκτήματα

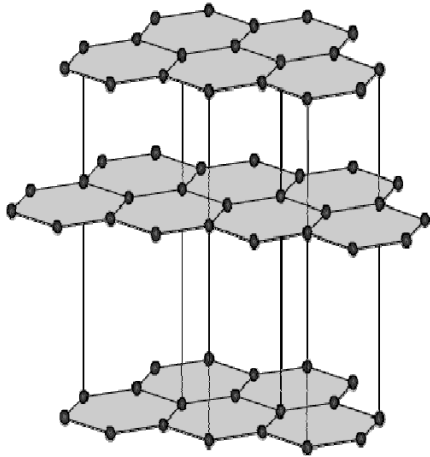
- Λειτουργία σε σταθερή και χαμηλή πίεση
- Ευκολία στη μεταφορά-διανομή με μεγάλα βυτιοφόρα

Προβλήματα

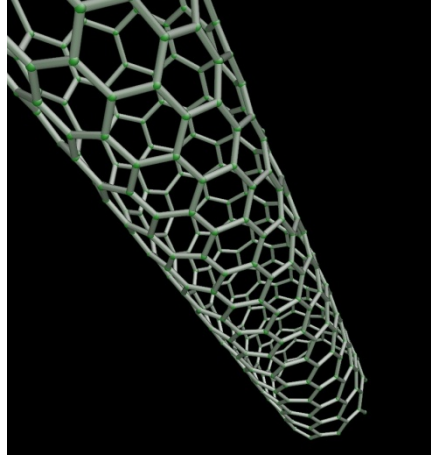
- Συνεχής εξάτμιση H₂ (boil-off)
- Εξαιρετικά ενεργοβόρα υγροποίηση (30-40% της HLV)
- Πολύ εξειδικευμένη τεχνολογία ⇒ μεγάλο κόστος
- Συσσώρευση ατμών H₂ σε κλειστούς χώρους στάθμευσης



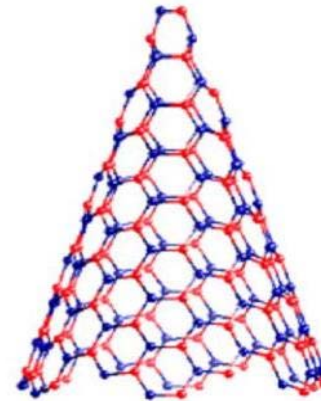
Πορώδη Υλικά



graphite



nanotube



nanocone

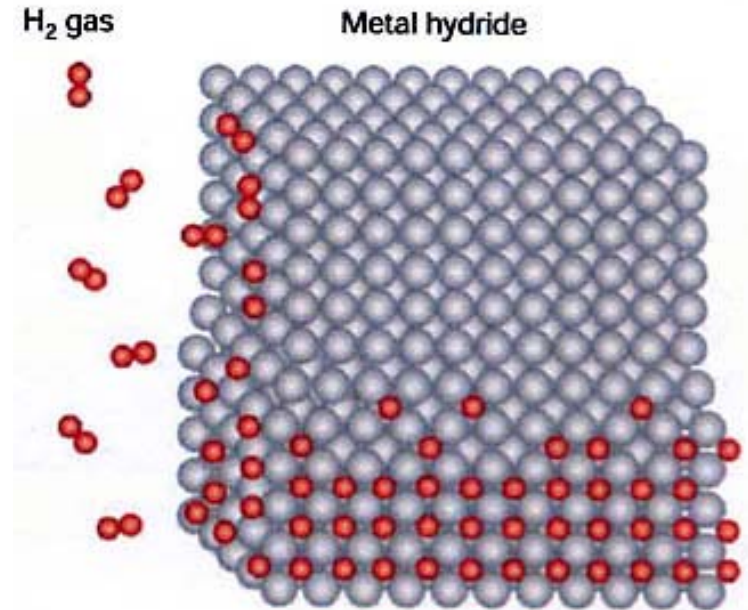


zeolites

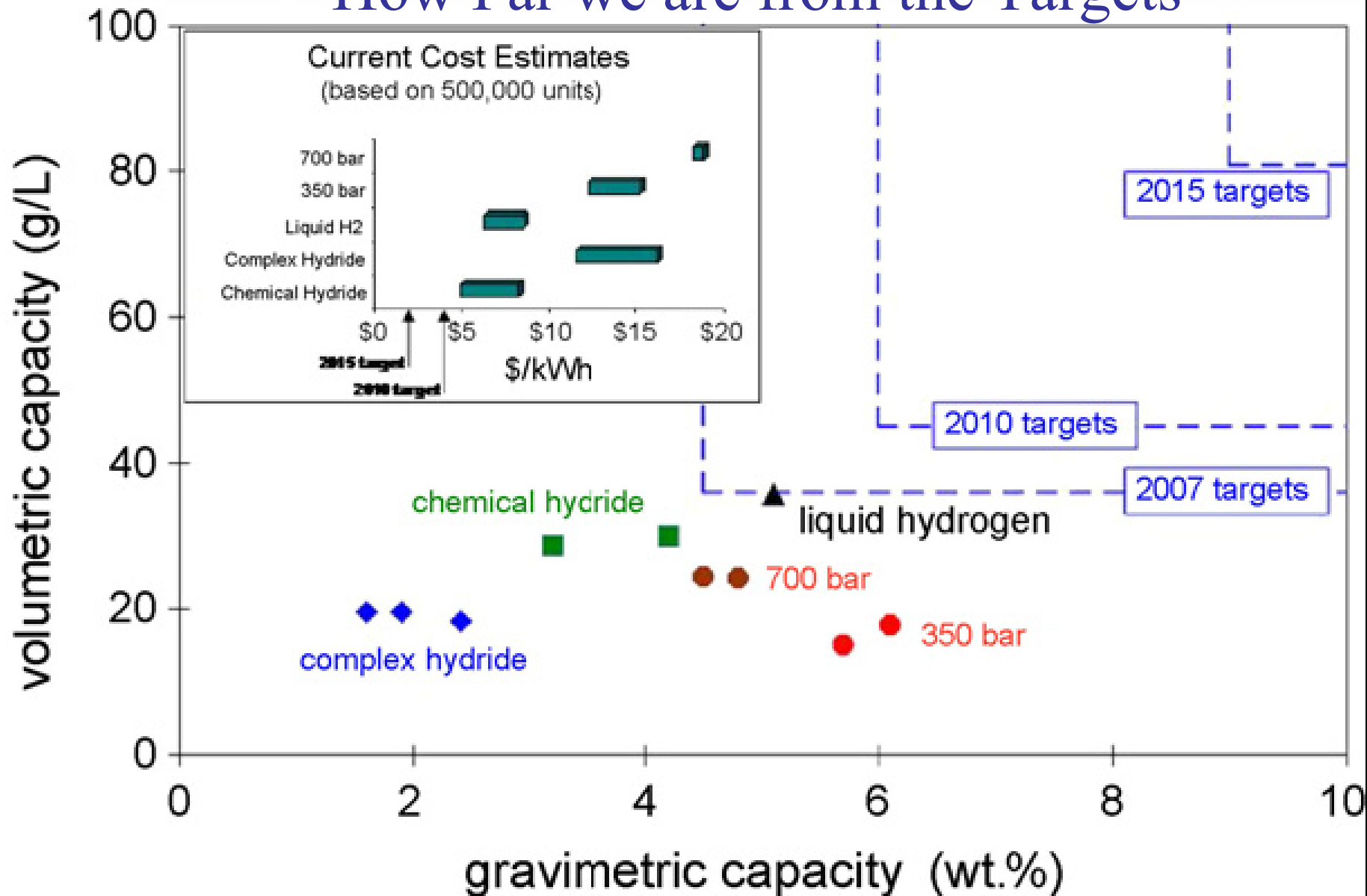
- Φυσική ρόφηση (συνήθως μονομοριακή), ασθενείς αλληλεπιδράσεις H_2 -υποστρώματος
- Αντιστρεπτή αποθήκευση (εύκολη ανάκτηση H_2)
- Εξαιρετική επίδοση σε χαμηλές θερμοκρασίες (77K) αλλά όχι σε θερμοκρασία περιβάλλοντος (< 1% κ.β. H_2)
- Προοπτικές βελτίωσης με αριστοποίηση της γεωμετρίας και εισαγωγή προσμίξεων (π.χ. alkali-doped nanotubes)
- Χαμηλό κόστος

Μεταλλοϋδρίδια

- Η πιο μελετημένη κατηγορία υλικών αποθήκευσης H_2
- Χημική ρόφηση ατομικού H: ισχυρή συγκράτηση του H_2
- Διάφοροι τύποι χημικού δεσμού: μεταλλικός – ομοιοπολικός - ιοντικός
- Υψηλή συγκέντρωση H_2 κατ' όγκο, μέτρια κατά βάρος (3% σε θερμοκρασία περιβάλλοντος)
- Αυξημένο βάρος λόγω του μετάλλου
- Εξώθερμη αντίδραση σχηματισμού, έκλυση θερμότητας κατά τη ρόφηση H_2
- Αμφισβητούμενη αντιστρεπτότητα
- Σύνθετα υδρίδια ελαφρών μετάλλων (π.χ. $LiBH_4$, $Al(BH_4)_3$): υλικά με εξαιρετικές δυνατότητες αποθήκευσης H_2 (ως 18% κ.β. ?)



How Far we are from the Targets



ΝΑΙ...η ασφάλεια είναι σημαντική αλλά περισσότερο ο φόβος της αλλαγής...

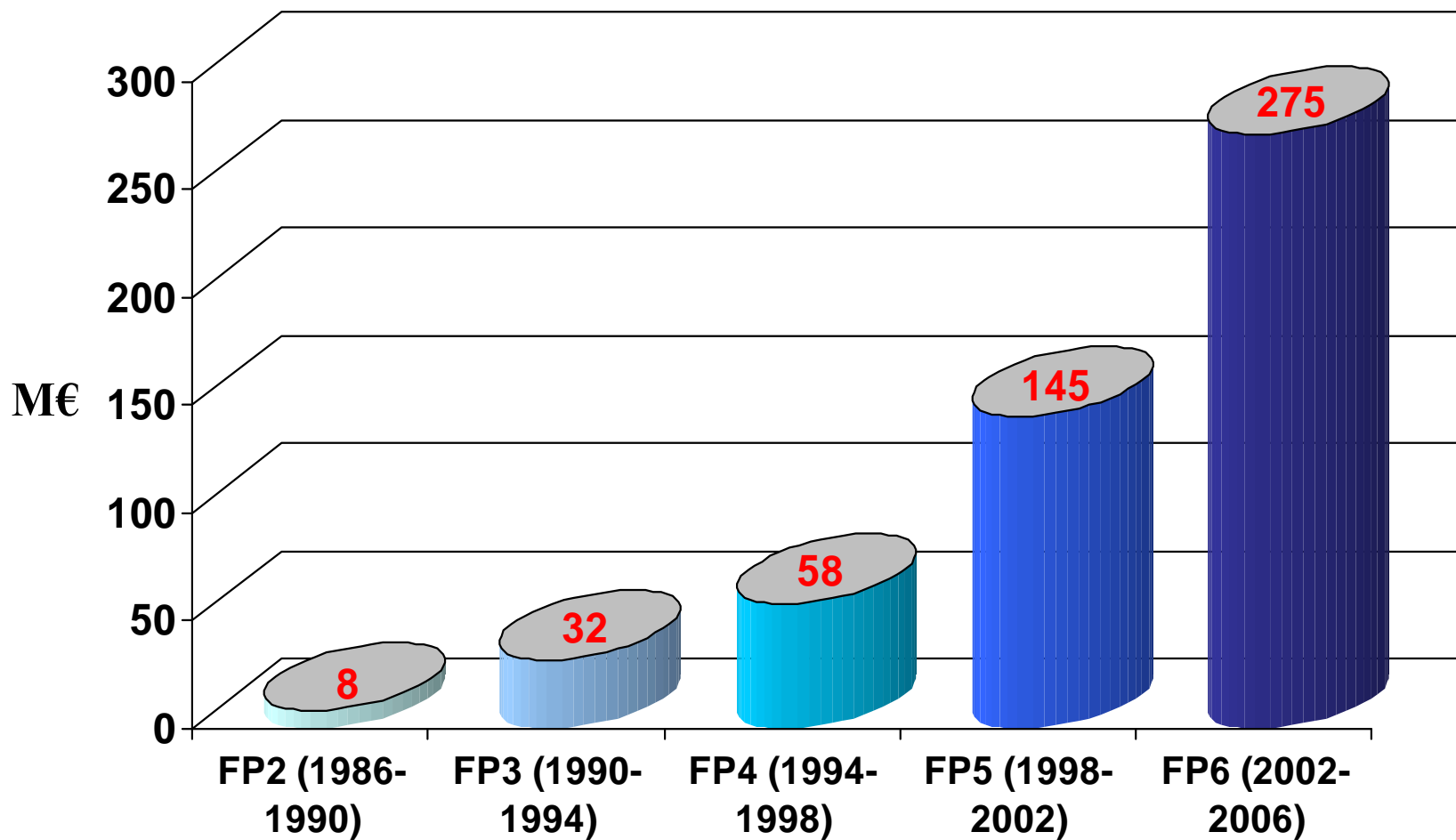
“Μια νέα πηγή ενέργειας που ονομάζεται ... βενζίνη έχει παραχθεί από έναν μηχανικό της Βοστώνης. Αντί το καύσιμο να καίγεται σε λέβητα, εκρήγνυται στο εσωτερικό του κυλίνδρου ενός κινητήρα ...

Οι κίνδυνοι είναι προφανείς. Καταστήματα βενζίνης στα χέρια των ανθρώπων που ενδιαφέρονται πρωτίστως για το κέρδος θα αποτελούσαν εκρηκτικά σημεία υψηλής επικινδυνότητας. Άμαξες δίχως άλογα που κινούνται με βενζίνη θα μπορούν να επιτύχουν σε ταχύτητες των 14, ή ακόμα και 20 μιλίων την ώρα. Η απειλή για τους ανθρώπους μας αυτού του τύπου που ξεχύνονται μέσα στους δρόμους μας και να δηλητηριάζουν την ατμόσφαιρα θα απαιτήσει την άμεση νομοθετική δράση και, ακόμη και αν οι στρατιωτικές και οικονομικές επιπτώσεις δεν ήταν τόσο συγκλονιστικές ... το κόστος παραγωγής της βενζίνης είναι πολύ πέρα από τη χρηματοδοτική ικανότητα του ιδιωτικού τομέα ... Επιπλέον, η ανάπτυξη αυτής της νέας μορφής ενέργειας μπορεί να εκτοπίσει τη χρήση των αλόγων, η οποία θα καταστρέψει τη γεωργία μας”

US Congressional Record, 1875

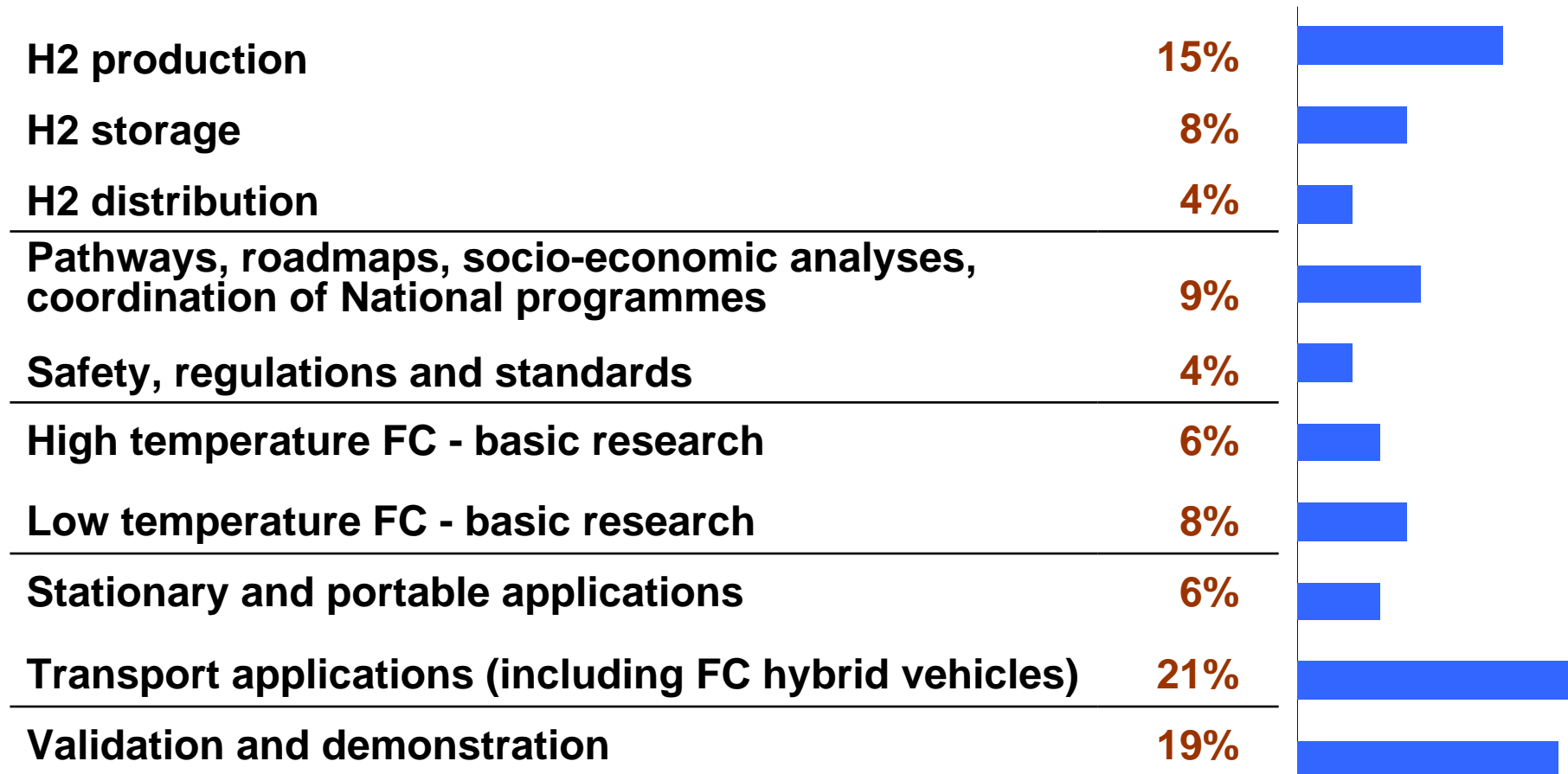
**RTD on Hydrogen and Fuel Cells
στην Ευρώπη**

EC Support to Fuel Cell and Hydrogen RTD in Framework Programmes



FP6 Budget Breakdown for H2/FCs

Total EC Contribution ~275 M€



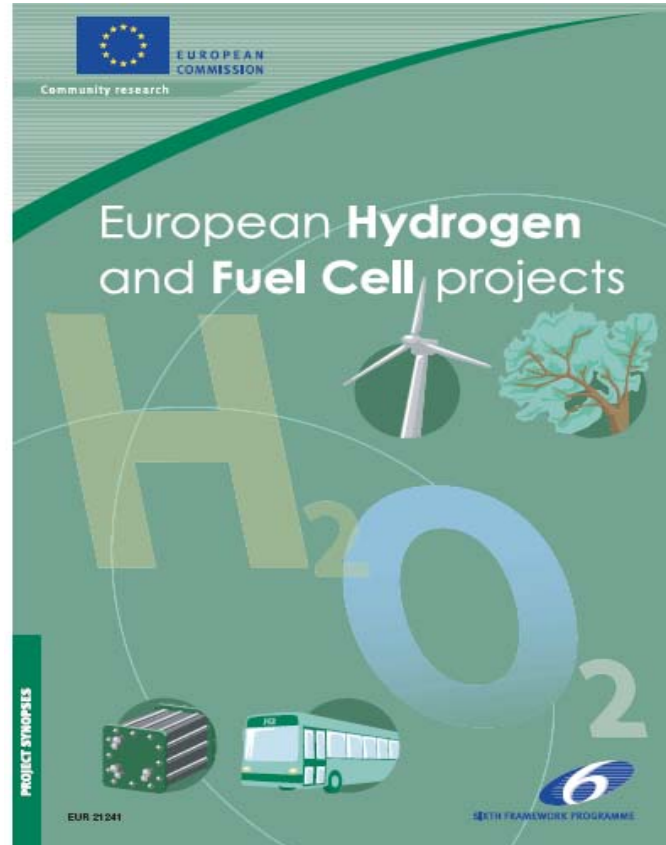
Important RTD&D FP6 Projects

CHRISGAS» fuels from biomass



FURIM

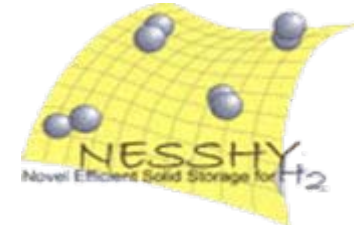
HyICE



HyWays
Hydrogen Energy in Europe



Roads2HyCom
www.roads2hy.com



"HYDROGEN FOR TRANSPORT" (Demonstration Projects in FP6)

Buses

HyFLEET:CUTE



Cars

ZERO REGIO



Zero Regio
H2-MotorFuel



Mini:Transport

HyCHAIN



PREMIA

HyLights

Monitoring and Preparation of « Lighthouse projects »

Coordination action

WHAT'S NEW in FP7

- Annual budget doubled (EUR 5 billion ► 10 billion)
- Emphasis on RTD themes rather than on “instruments” – Continuity.
- Significant simplification of its operation
- Focus on developing research that meets the needs of European industry, through the work of Technology Platforms and the new *Joint Technology Initiatives*
- Basic research - Establishment of a *European Research Council*
- Other new topics: Research Infrastructures, Regions of Knowledge, Risk-Sharing Facility (EIB).
- Programme length: 7 years

The JTI is a new management structure that allows a more efficient organisation of the R&DD resources in Europe in fields of major European public interest and has the necessary critical mass

ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΗ ΠΛΑΤΦΟΡΜΑ ΥΔΡΟΓΟΝΟΥ ΚΑΙ ΚΥΨΕΛΩΝ ΚΑΥΣΙΜΟΥ

Βασικός σκοπός: προώθηση της Οικονομίας Υδρογόνου στη χώρα, έτσι ώστε να συνεισφέρει στη βιώσιμη ανάπτυξη της Ελλάδας μέσω των παρακάτω ενεργειών:

- **Καθορισμό Οδικού Χάρτη** (roadmap) για την ανάπτυξη και χρήση τεχνολογιών Υδρογόνου και των Κυψελών Καυσίμου στην Ελλάδα με χρονικό ορίζοντα το 2050
- **Λεπτομερή καθορισμό των θεμάτων Έρευνας και Ανάπτυξης** που πρέπει να υλοποιηθούν σε εθνικό επίπεδο προκειμένου να υποστηριχθούν οι δράσεις που περιγράφονται στον οδικό χάρτη
- **Εξασφάλιση της υποστήριξης της Πολιτείας** σε θέματα στρατηγικής για την ανάπτυξη της σχετικής αγοράς
- **Συντονισμό των προσπαθειών**, διασφαλίζοντας τη συνέργια και συμπληρωματικότητα των ερευνητικών φορέων και των δυνάμεων της αγοράς

Δραστηριότητες ΚΑΠΕ στο H₂

Το ΚΑΠΕ δραστηριοποιείται στην ανάπτυξη και επίδειξη πραγματικής κλίμακας συστημάτων ΑΠΕ – Υδρογόνου:

- Παραγωγή Υδρογόνου
 - Αποθήκευση Υδρογόνου
 - Χρήση Υδρογόνου σε Κυψέλες Καυσίμου
-
- Σχεδιασμός και ανάλυση ολοκληρωμένων συστημάτων
 - Έλεγχος και αξιολόγηση τμημάτων εξοπλισμού
 - Αξιολόγηση πραγματικών συστημάτων
 - Τεχνο-οικονομικές μελέτες
 - Μοντελοποίηση και προσομοιώσεις

Πάρκο Ενεργειακής Αγωγής (ΠΕΝΑ)

Ένα νέο Πάρκο για την ενημέρωση και την ευαισθητοποίηση του κοινού σε θέματα ΑΠΕ και ΕΞΕ, κατασκευάστηκε από το ΚΑΠΕ στο χώρο του επιδεικτικού Αιολικού Πάρκου συνολικής εγκατεστημένης ισχύος 3,01 MW, στην περιοχή της Κερατέας Αττικής.

Το ΠΕΝΑ κατασκευάστηκε έτσι ώστε να βρίσκεται σε αρμονία με το φυσικό περιβάλλον της περιοχής και οριοθετείται από ένα ξύλινο μονοπάτι φωτιζόμενο με αυτόνομα φωτοβολταϊκά φωτιστικά, όπου στη διαδρομή συναντά εκπαιδευτικές περιοχές και ενεργειακούς εκθεσιακούς κόμβους.

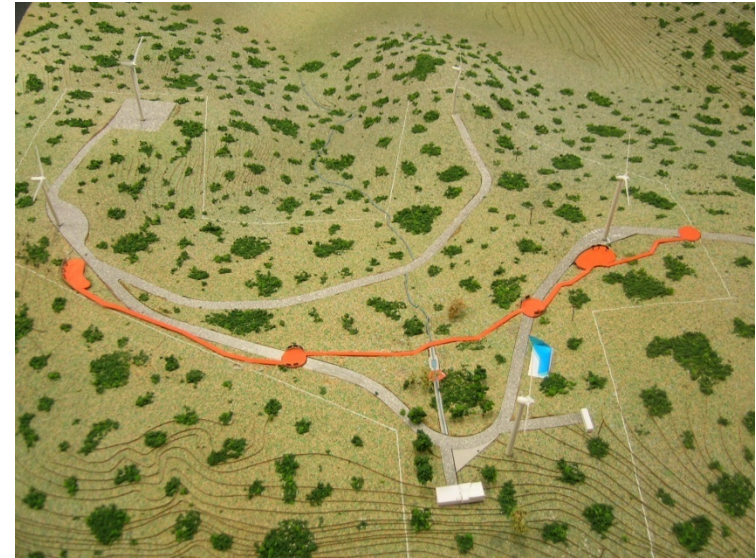
Το ΠΕΝΑ αποτελείται από:

➤ **4 εκπαιδευτικές περιοχές:**

- Π1 - Το Μέτωπο του Ανέμου
- **Π2 - Το Υδρογόνο**
- Π3 - Τη Ροή του Νερού
- Π4 - Το Μέτωπο του Ήλιου

➤ **3 κόμβους:**

- Κ1 - Κόμβος της Ιστορίας των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας
- Κ2 - Κόμβος της Γεωθερμίας
- Κ3 - Κόμβος Άλλων Μορφών ΑΠΕ



➤ **8 επιδεικτικές μονάδες:**

- Μονάδα Βιομάζας για θέρμανση και ζεστό νερό χρήσης
- Επιδεικτική Γεωθερμική αντλία θερμότητας για κλιματισμό χώρου
- Αντλητική Μονάδα με Φωτοβολταϊκό Σύστημα
- Αυτόνομη Υβριδική Μονάδα Αφαλάτωσης Θαλασσινού Νερού
- **Μονάδα Παραγωγής, Εμφιάλωσης & Αποθήκευσης Υδρογόνου με χρήση Αιολικής Ενέργειας**
- Μονάδα Ηλιακού Κλιματισμού με τη τεχνολογία αφύγρανσης –εξάτμισης
- Μικρό Επιδεικτικό Υδροηλεκτρικό Σύστημα
- Φωτοβολταϊκό Διαξονικό Σύστημα Παρακολούθησης του Ήλιου

Κόμβος H₂ - ΠΕΝΑ

Τμήματα εξοπλισμού	Χαρακτηριστικά
Θέση σε λειτουργία	Οκτώβριος 2005
Ανεμογεννήτρια	500 kW
Αλκαλική Ηλεκτρόλυση	25 kW, 5 Nm ³ /h H ₂ 20 bar καθαρότητα 99.98 %v
Δεξαμενές μεταλλικών υδριδίων	LaNi ₅ type 40 Nm ³
Συμπιεστής υδρογόνου	Μονοβάθμιος 10 - 220 bar
Σταθμός πλήρωσης	100 Nm ³ σε κυλίνδρους

- Βελτιστοποίηση μεγεθών των τμημάτων εξοπλισμού σε σχέση με τις ροές υδρογόνου, ηλεκτρισμού και πληροφοριών
- Ανάλυση απόδοσης/κόστους της αλκαλικής ηλεκτρόλυσης
- Ανάλυση απόδοσης/κόστους των δεξαμενών μεταλλικών υδριδίων



Γενική άποψη της μονάδας

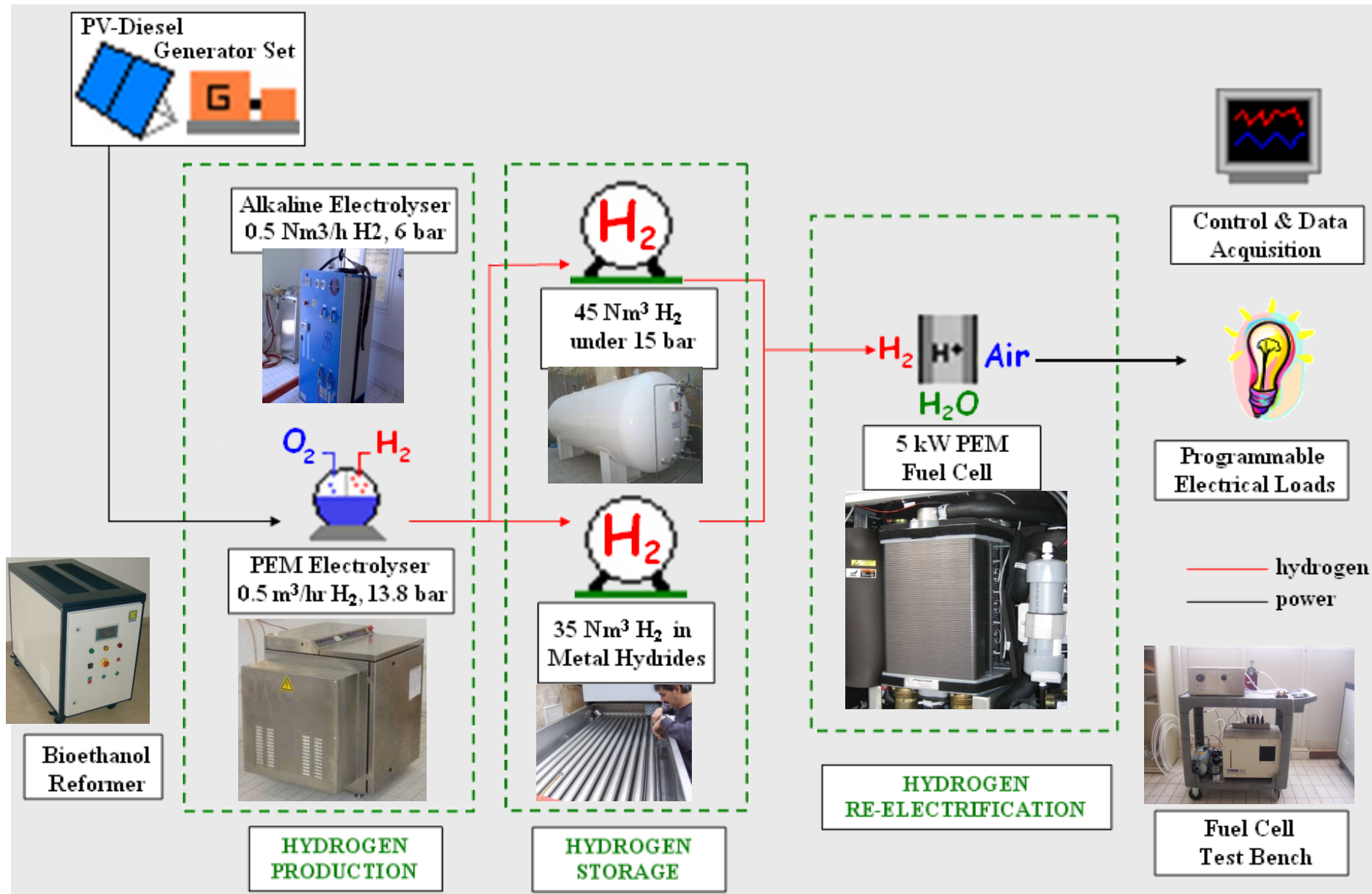
Κόμβος Η2 - ΠΕΝΑ



Εργαστήριο Ενσωμάτωσης Τεχνολογιών ΑΠΕ – H₂

- **Αντικειμενικός Σκοπός:** Η ενσωμάτωση
 - i) τεχνολογιών παραγωγής υδρογόνου (αλκαλική και PEM ηλεκτρόλυση – αναμόρφωση βιοαιθανόλης),
 - ii) τεχνολογιών αποθήκευσης υδρογόνου (υπό πίεση και σε δεξαμενές μεταλλικών υδριδίων)
 - iii) τεχνολογιών επαναχρησιμοποίησης υδρογόνου για παραγωγή ηλεκτρισμού (PEM fuel cells και Αλκαλικά Fuel Cells) σε υπάρχον υβριδικό σύστημα Φ/Β-Ντίζελ
- **Συνολικός προϋπολογισμός:** 440.000 Euro

Εργαστήριο Ενσωμάτωσης Τεχνολογιών ΑΠΕ – H₂



Οχήματα Υδρογόνου



➤ Στο όχημα έχει ενσωματωθεί κατάλληλη συστοιχία μπαταριών, ως ενδιάμεσο στάδιο αποθήκευσης της ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται από την κυψέλη καυσίμου (1.8 kW) προκειμένου να τροφοδοτήσει τον ηλεκτροκινητήρα. Το υδρογόνο που τροφοδοτεί την αλκαλική κυψέλη καυσίμου αποθηκεύεται σε δεξαμενή μεταλλικών υδριδίων τύπου LaNi₅.



**ΕΥΧΑΡΙΣΤΩ
ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΡΟΣΟΧΗ ΣΑΣ !**

