



# Η Παγκόσμια Ενεργειακή Πρόκληση και οι Προοπτικές για μία Οικονομία Υδρογόνου

**Α.Κ. Στούμπος**

Εργαστήριο Περιβαλλοντικών Ερευνών  
Ινστιτούτο Πυρηνικής Τεχνολογίας & Ακτινοπροστασίας  
ΕΚΕΦΕ Δημόκριτος



## Η ΠΡΟΚΛΗΣΗ

Τα κρίσιμα προβλήματα του κόσμου:

*Ενέργεια, Νερό, Περιβάλλον, Τρόφιμα, Φτώχεια,  
Πόλεμος, Ασθένειες, Εκπαίδευση, Υπερπληθυσμός*

Μπορούν να αντιμετωπισθούν σχεδόν στο σύνολό τους αν βρεθεί μια οικονομικά βιώσιμη, φιλική προς το περιβάλλον, αειφόρος πηγή ενέργειας

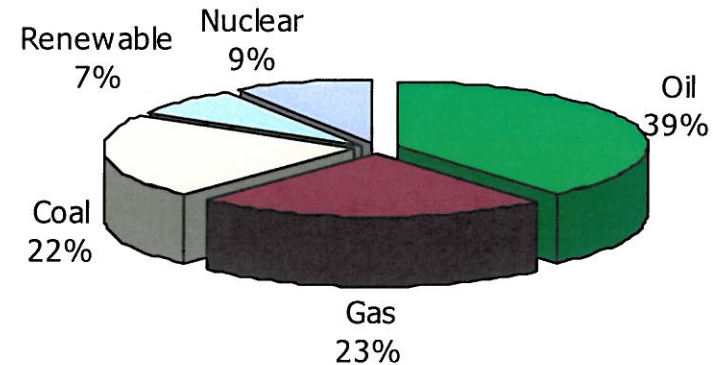


**Βραχυπρόθεσμη Ενεργειακή  
Πρόκληση**



## Συνολική Παραγωγή Ενέργειας

Στοιχεία 2000:



- Πετρέλαιο: 39 % της συνολικής παραγωγής ενέργειας
- Φυσικό Αέριο και Άνθρακας: 23% και 22%, αντίστοιχα (δηλαδή τα ορυκτά καύσιμα παρέχουν 84% της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας)
- Ανανεώσιμες πηγές (ηλιακή, αιολική, βιομάζα, υδρο-, κλπ): ~ 7%
- Πυρηνική ενέργεια: 9%



## Βραχυπρόθεσμη Ενεργειακή Προοπτική

- Ο ρόλος των Ανανεώσιμων Πηγών είναι πολύ σπουδαίος για το μακροπρόθεσμο ενεργειακό μίγμα, στα επόμενα 20-50 έτη όμως η αύξηση της συμβολής τους θα είναι σημαντική μεν αλλά όχι καταλυτική για την επίλυση του προβλήματος (εκτός αν υπάρξουν δραστικές τεχνολογικές καινοτομίες στο χώρο).
- Είναι γνωστές οι επιφυλάξεις για την πυρηνική ενέργεια (αν και τελευταία ο ρόλος της αναβαθμίζεται διεθνώς). Η σύντηξη δεν θεωρείται βραχυπρόθεσμη επιλογή.

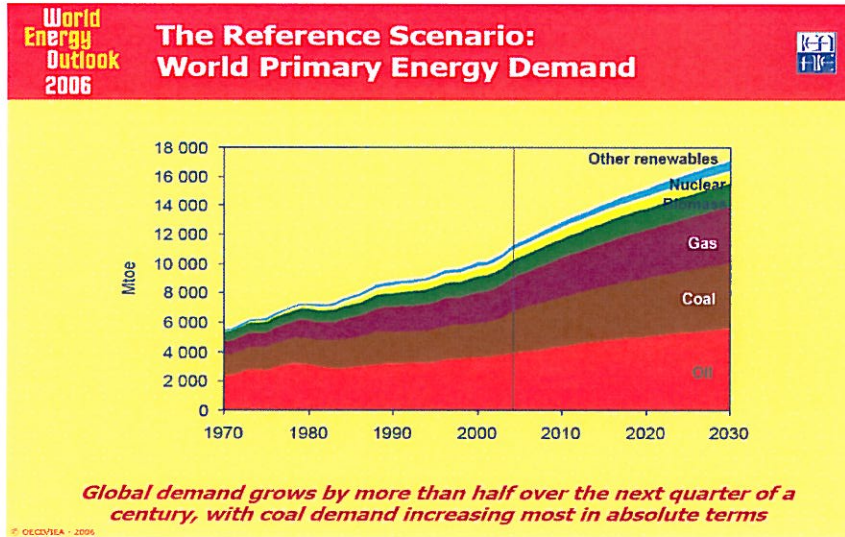


***Οι ενεργειακές ανάγκες των επόμενων 20-50 ετών  
θα καλυφθούν κυρίως από τα ορυκτά καύσιμα  
(πετρέλαιο, φυσικό αέριο και άνθρακα)***

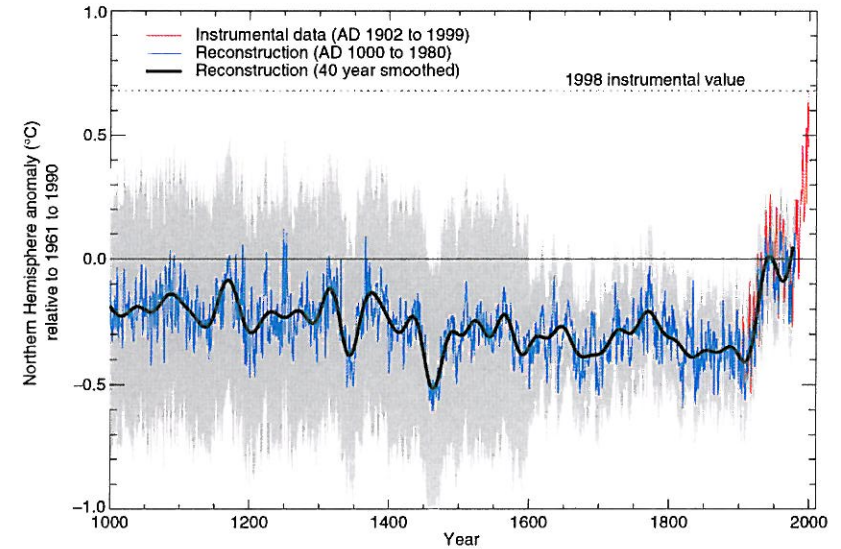


# Η ενεργειακή πρόκληση του 21ου αιώνα

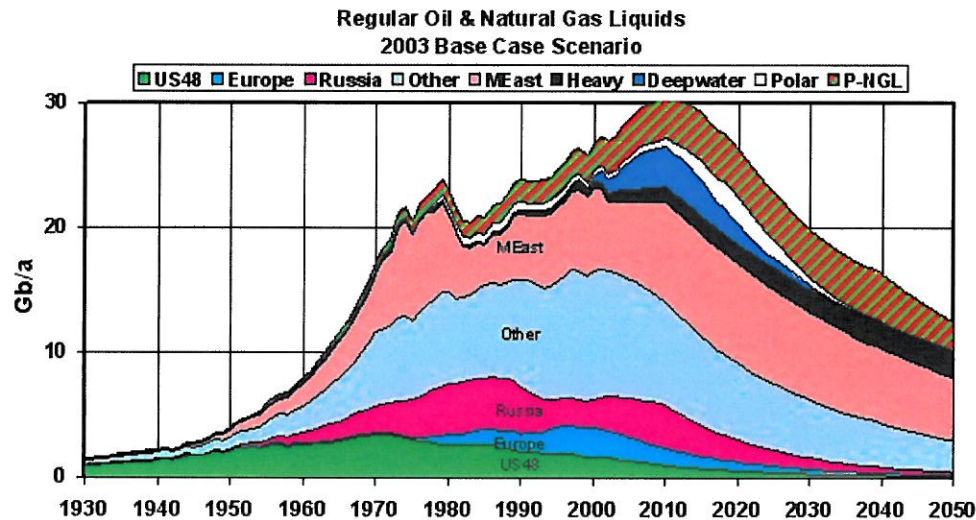
## ΖΗΤΗΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ



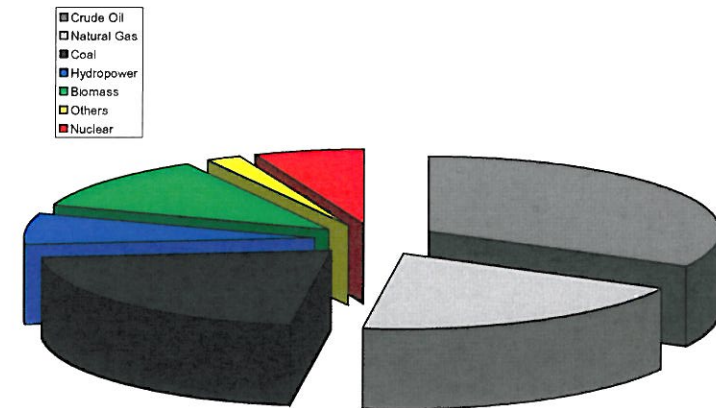
## ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΑΛΛΑΓΗ



## ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΕΝΑ ΑΠΟΘΕΜΑΤΑ



## ΕΞΑΡΤΗΣΗ





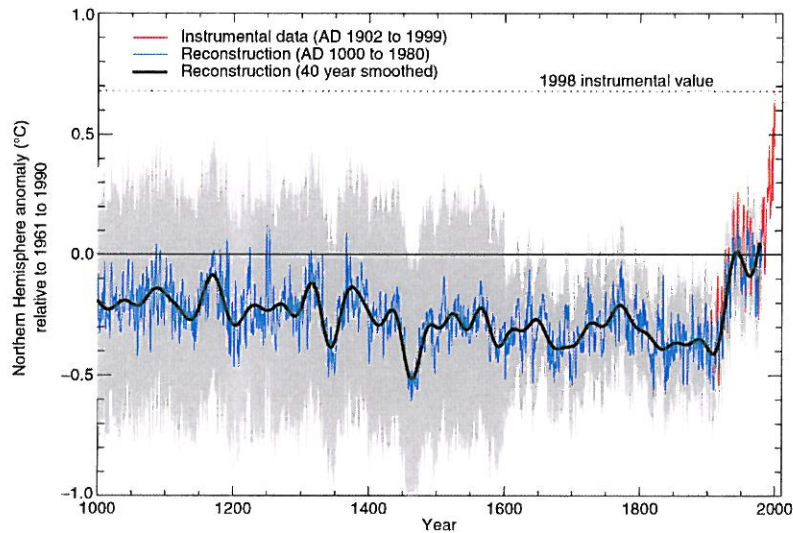
# Περιβαλλοντική Κρίση



“On the Influence of Carbonic Acid in the Air upon the Temperature of the Ground”

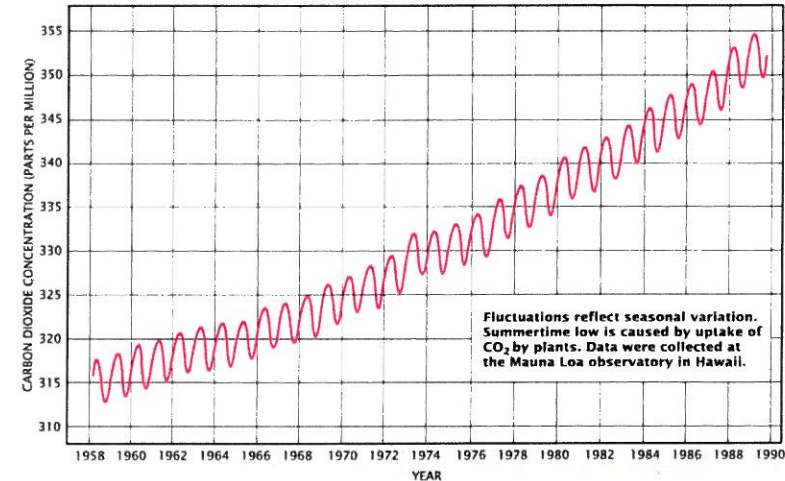
Philosophical Magazine 41, (1896), pp. 237-276

Svante Arrhenius (1859-1927)

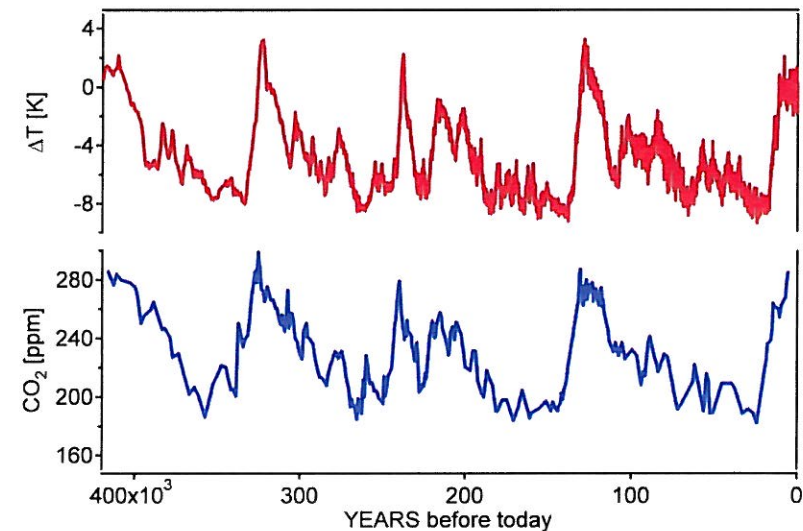


Climate Change 2002, published by the IPCC. Mann et al., Geophys. Res. Letters 26 (1999), pp. 759

THE RISE IN ATMOSPHERIC CARBON DIOXIDE



Climate Change 2002, published by the IPCC.



Petit, J.R. et al., „Climate and atmospheric history of the past 420,000 years from the Vostok ice core, Antarctica.“ *Nature*, 399 (1999), pp. 429-436.



## Προς καθαρότερες τεχνολογίες

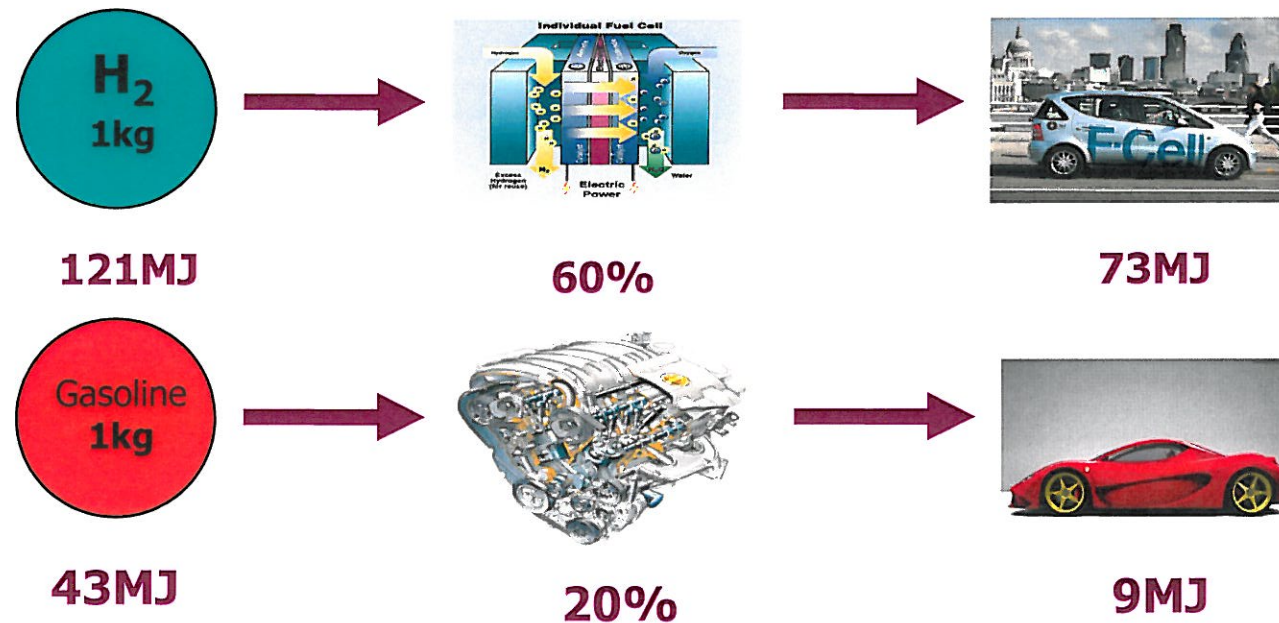
- Οι εκπομπές άνθρακα μπορούν να ελαττωθούν με τη χρήση αποδοτικότερων μηχανών (εξοικονόμηση), καυσίμων χαμηλότερου (C/H) και τεχνολογιών απομάκρυνσης άνθρακα. **Η Ε&Α σε όλους αυτούς τους τομείς είναι ουσιαστική προϋπόθεση επιτυχίας (π.χ. σταθμοί μηδενικών εκπομπών, τεχνολογίες υδρογόνου)**
- Το καύσιμο επιλογής εξελίσσεται προς χαμηλότερα C/H από το ξύλο στον άνθρακα, το πετρέλαιο, το αέριο και ίσως το H<sub>2</sub>. Το αέριο αποτελεί επιλογή για το μεταβατικό στάδιο του 21<sup>ου</sup> αιώνα, όμως για να ικανοποιηθούν οι προβλεπόμενες ενεργειακές ανάγκες με παράλληλη διατήρηση του ατμοσφαιρικού CO<sub>2</sub> κάτω από 560 ppm (δύο φορές το προ-βιομηχανικό επίπεδο) ένα **πολύ σημαντικό μέρος της ενέργειας πρέπει να προέρχεται από ελεύθερη άνθρακα πηγή** (π.χ. ανανεώσιμες, πυρηνική ή άλλη)



# Υδρογόνο: το καύσιμο του μέλλοντος

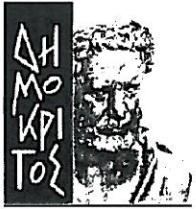


- ✓ Το υψηλότερο ενεργειακό περιεχόμενο ανά μονάδα βάρους (120.7 kJ/g, περίπου τρεις φορές μεγαλύτερο από αυτό της βενζίνης)



- ✓ Καθαρή καύση. Όταν καίγεται με O<sub>2</sub> παράγει μόνο νερό & θερμότητα
  - ✓ Ακίνδυνο όσο η βενζίνη, το πετρέλαιο diesel ή το φυσικό αέριο
- ✓ Αποκεντρωμένα συστήματα παραγωγής ενέργειας (δυνατότητα παραγωγής με πολλές μεθόδους, οπουδήποτε)





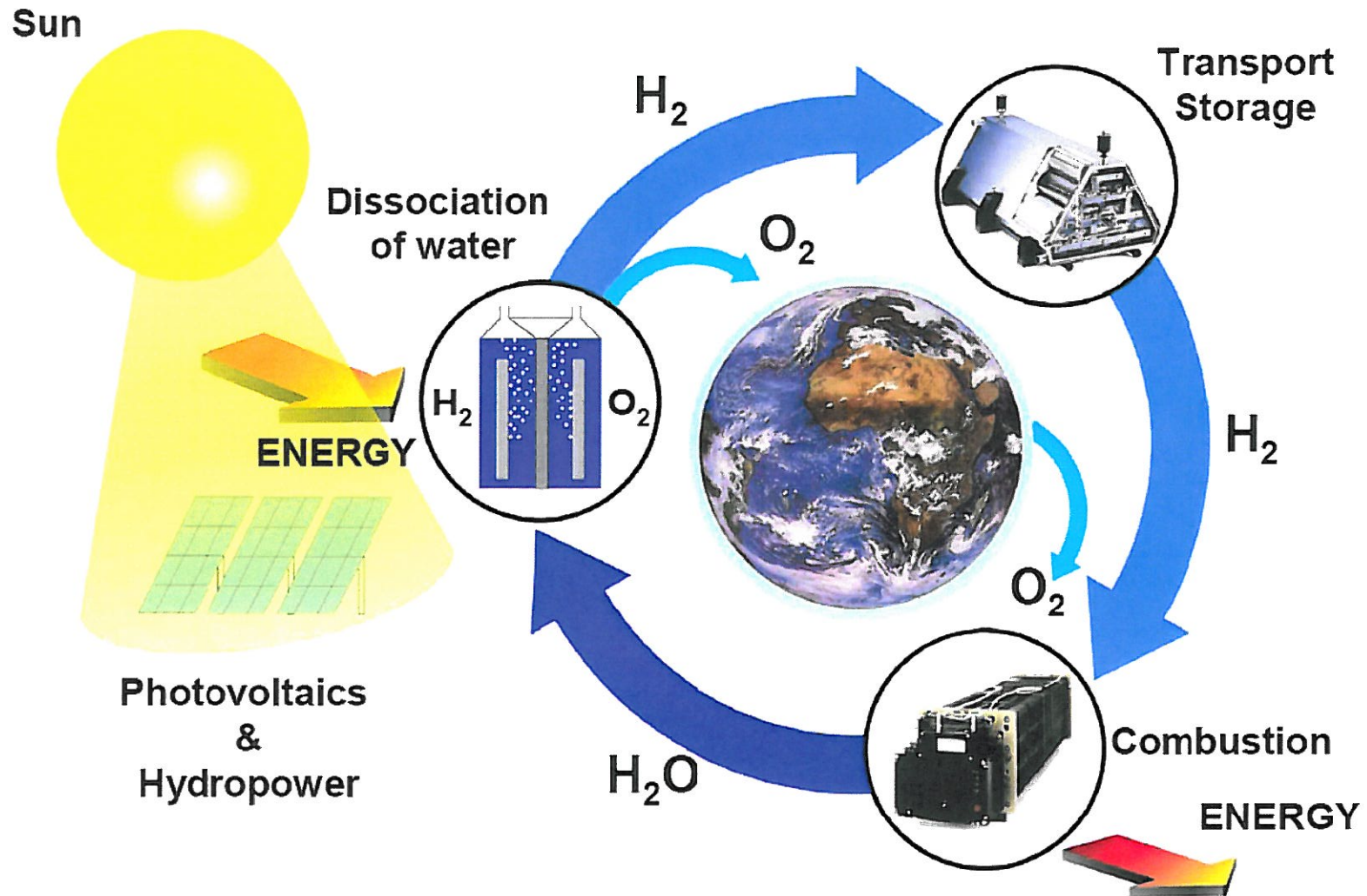
## Αλλά...

- Το Υδρογόνο θεωρείται ως το **περιβαλλοντικά φιλικό καύσιμο του μέλλοντος**, αλλά ο ενθουσιασμός πρέπει να μετριασθεί από την πραγματικότητα. Υπάρχουν ακόμη πολλά ζητήματα προς επίλυση σχετικά με την παραγωγή, αποθήκευση, ασφάλεια και διανομή του  $H_2$
- Το  $H_2$  είναι **δευτερογενές καύσιμο** και μπορεί να παραχθεί σε μεγάλη κλίμακα στο ορατό μέλλον από ορυκτά καύσιμα (εκπομπές  $CO_2$ !!) εκτός αν υπάρξουν breakthroughs στην ηλιακή ή πυρηνική τεχνολογία.
- Σχεδόν η μισή κατανάλωση ενέργειας οφείλεται σε **καταναεμημένους χρήστες** (π.χ. οχήματα, κατοικίες, μικρές βιοτεχνίες). Το  $H_2$  μπορεί να συναγωνισθεί τους υδρογονάνθρακες, επειδή οι εκπομπές μετακινούνται από αυτά τα “δύσκολα διαχειρίσιμα” καταναεμημένα σημεία χρήσης σε σχετικά λίγους κεντρικούς σταθμούς παραγωγής  $H_2$





# Ο Κύκλος του Υδρογόνου





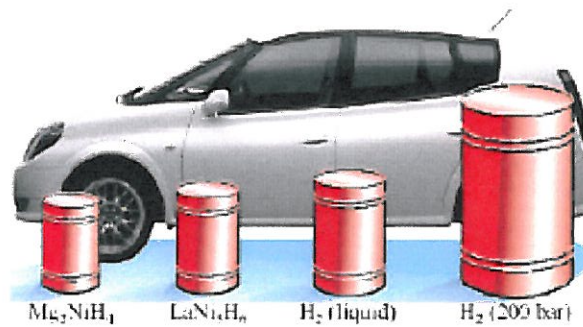
# Εφαρμογές

## Σταθερά συστήματα



## Κινητά συστήματα

*Volume of 4 kg of hydrogen compacted in different ways, with size relative to the size of a car.*

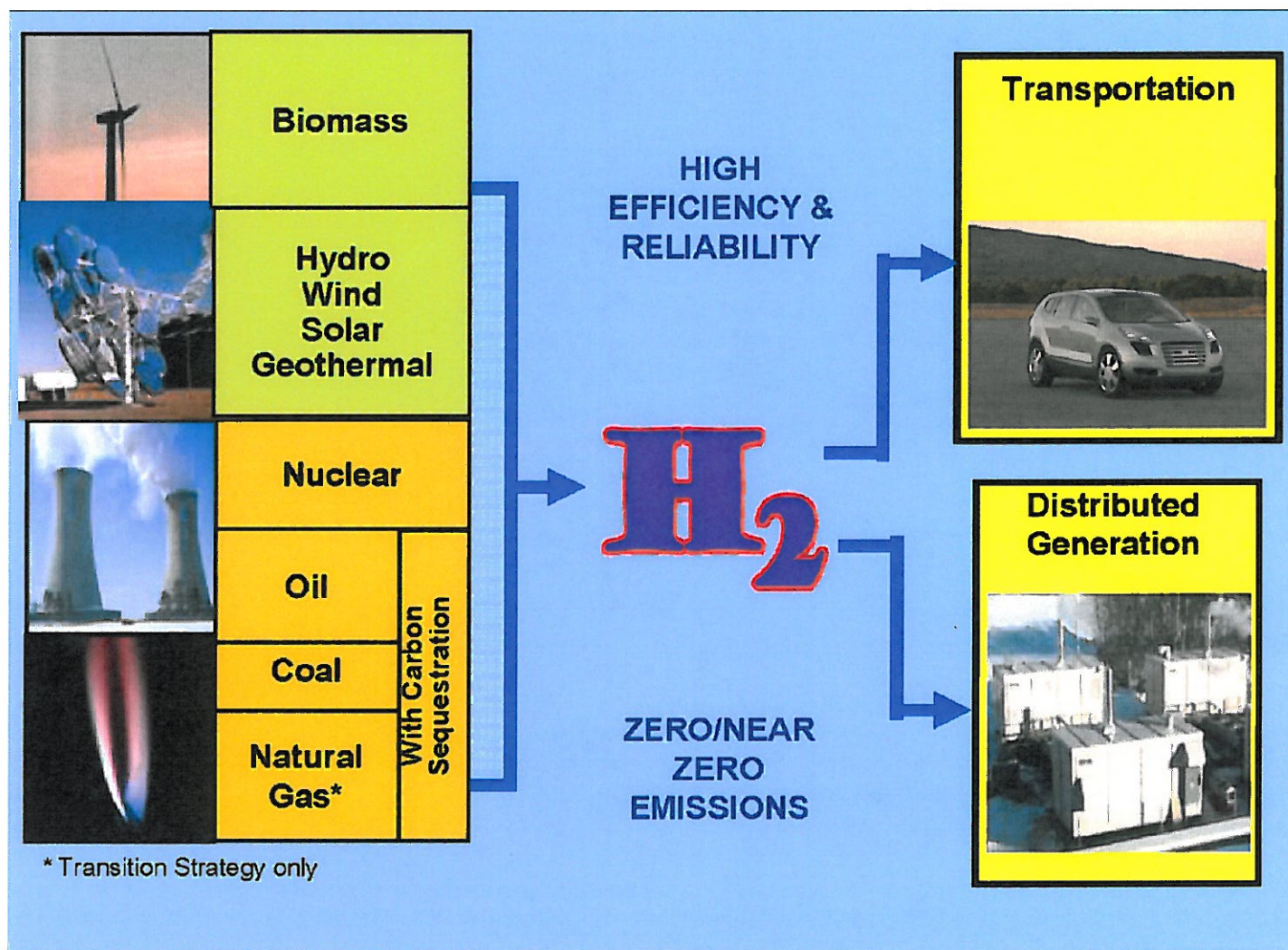


## Φορητά συστήματα



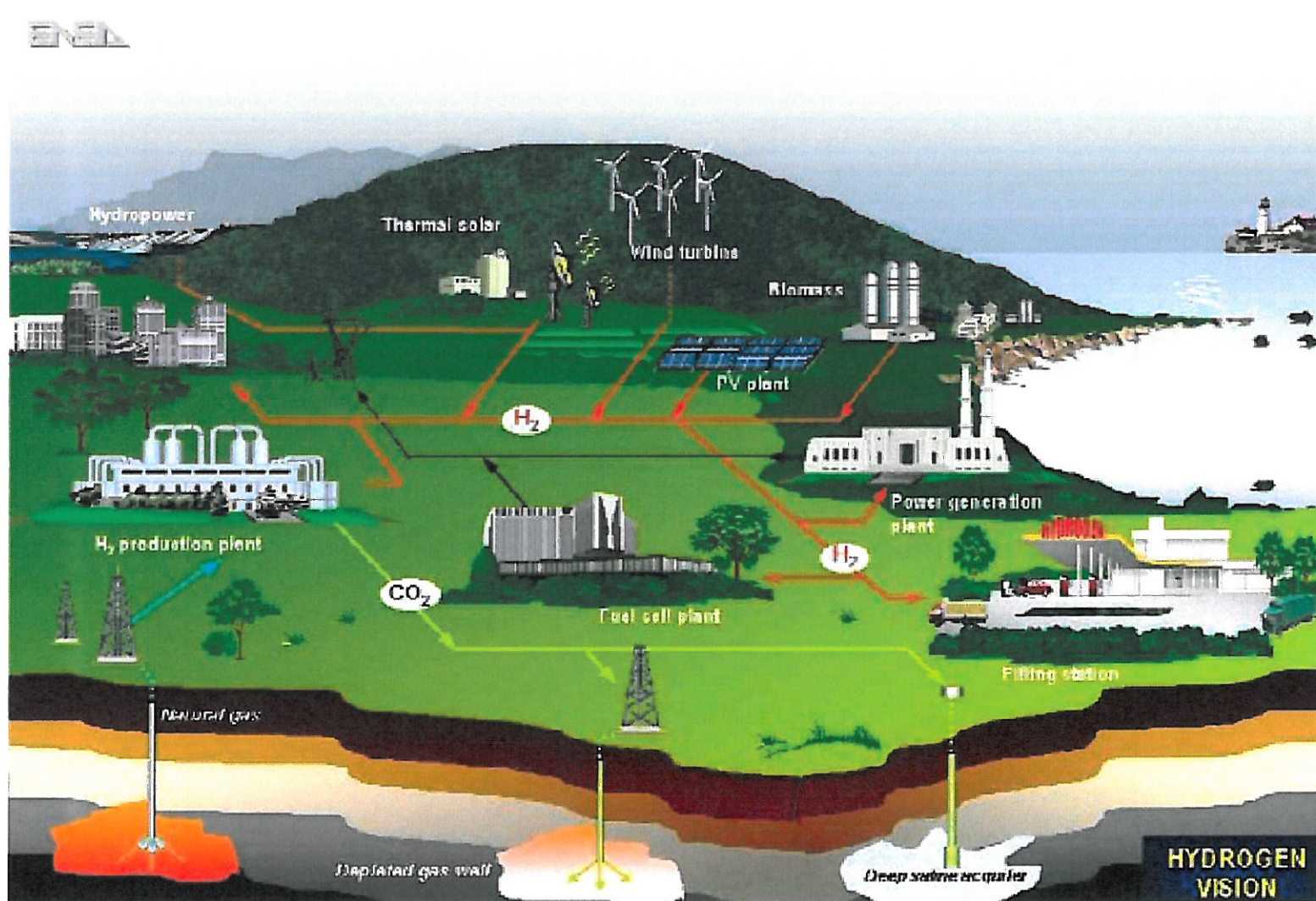


## Οι διαφορετικοί δρόμοι για το υδρογόνο





# Το όραμα του υδρογόνου



*"I believe that water will one day be employed as fuel, that hydrogen and oxygen which constitute it, used singly or together, will furnish an inexhaustible source of heat and light, of an intensity of which coal is not capable. I believe then that when the deposits of coal are exhausted, we shall heat and warm ourselves with water. Water will be the coal of the future."*

*Ιούλιος Βερν (1870) - L'île mystérieuse*



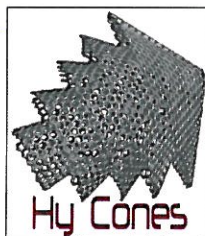
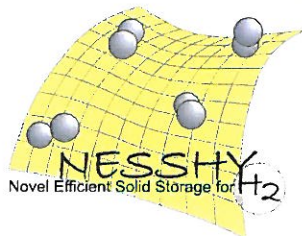
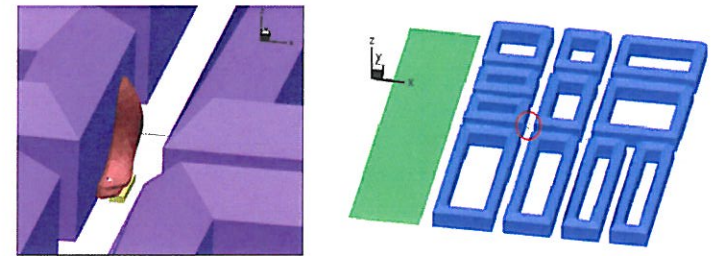
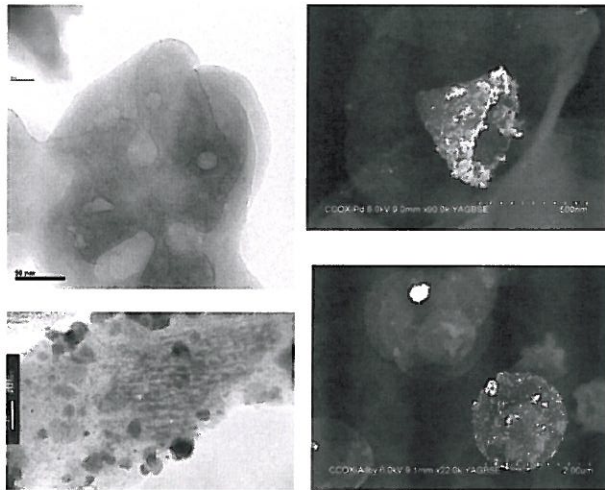
## Ρεαλιστικές Προοπτικές

- Η ενεργειακή πολιτική των εθνών διαφέρει ανάλογα με τις συνθήκες και τους στόχους, το συνολικό όμως πρόβλημα απαιτεί διεθνή συνεργασία. Το τοπίο περιλαμβάνει διάφορες επιλογές: ορυκτά καύσιμα, ανανεώσιμες πηγές και πυρηνική ενέργεια. Αν όντως επέλθει, η οικονομία H<sub>2</sub> και η σχετική υποδομή δεν θα υλοποιηθούν για αρκετές δεκαετίες. Απαιτείται εντατική ερευνητική προσπάθεια και breakthroughs σε όλες τις επιλογές ώστε να οδηγηθούμε σε ένα αειφόρο, περιβαλλοντικά ασφαλές και οικονομικά αποδεκτό ενεργειακό μίγμα
- Η ΕΕ αναγνωρίζοντας τη σημασία των τεχνολογιών H<sub>2</sub> & ΚΚ ανέλαβε τη σχετική Τεχνολογική Πρωτοβουλία (H<sub>2</sub> & FC JTI) με τη σύμπραξη της Βιομηχανίας. Αντίστοιχα Προγράμματα με υψηλή χρηματοδότηση εκτελούνται στις ΗΠΑ (DoE), την Ιαπωνία (NEDO), Κίνα, Ινδία αλλά και στο επίπεδο της International Energy Agency (IEA). Η Διεθνής Κοινότητα αντιλαμβανόμενη τη διάσταση του όλου εγχειρήματος έχει προχωρήσει στην ίδρυση της IPHE (International Partnership for the Hydrogen Economy)



# Η Ελληνική Διάσταση

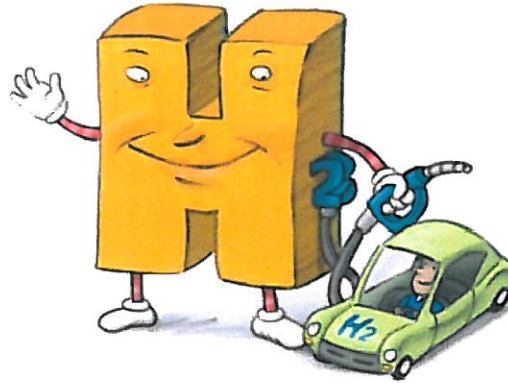
- Η Ελλάδα διαθέτει αξιόλογο δυναμικό (ερευνητές και ιδιωτικούς φορείς) στον τομέα του  $H_2$  και των ΚΚ. Γίνεται συστηματική προσπάθεια οργάνωσης του δυναμικού (Ελλ. Τεχνολ. Πλατφόρμα  $H_2$ &ΚΚ) αλλά και ανάπτυξης συγκεκριμένων προϊόντων. Με την κατάλληλη ενίσχυση της Πολιτείας (Εθνικό Πρόγραμμα  $H_2$ ), η χώρα μπορεί να παίξει ενεργό ρόλο διεθνώς στον τομέα αυτόν
- ΕΠΕΡ – ΕΚΕΦΕ «Δ»: Ε&Α σε θέματα αποθήκευσης και ασφάλειας εφαρμογών υδρογόνου σε συνεργασία με δημόσιους και ιδιωτικούς φορείς







BMW - Hydrogen 7



Honda - FCX Concept



G.M. - HYDROGEN3

Ευχαριστώ



Ford - H2RV



H2-powered MINI



G.M. - HUMMER H2H



Toyota - FCHV



Shelby Cobra