



FORTH/ICE-HT

FOUNDATION FOR RESEARCH AND TECHNOLOGY HELLAS

Institute of Chemical Engineering Sciences

Ενέργεια: ο ρόλος των νέων τεχνολογιών

Θεόφιλος Ιωαννίδης

12 Δεκεμβρίου, 2012

Προβλήματα του σημερινού ενεργειακού συστήματος:

Περιβάλλον. Η χρήση ορυκτών καυσίμων οδηγεί σε εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου που προβλέπεται να έχουν σημαντικές επιπτώσεις στο κλίμα της γης, καθώς και σε εκπομπές άλλων αερίων ρύπων με επιπτώσεις σε τοπική κλίμακα.

Αειφορία. Τα αποθέματα ορυκτών πηγών είναι πεπερασμένα και με τον αυξανόμενο ρυθμό κατανάλωσής τους προβλέπεται η μείωση της διαθεσιμότητάς τους ή/και η εξάντλησή τους στις επόμενες δεκαετίες (κυρίως για το πετρέλαιο).

Ασφάλεια εφοδιασμού. Οι ορυκτές πηγές είναι γενικά εντοπισμένες σε συγκεκριμένες περιοχές που επηρεάζονται από την γεωπολιτική κατάσταση και αστάθμητους παράγοντες εν γένει.

Η αντιμετώπιση των εν λόγω προβλημάτων απαιτεί μια «επανάσταση» που θα αναδιατάξει ριζικά το σημερινό ενεργειακό σύστημα στηριζόμενη στις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας.

Η κινητήριος δύναμη αυτής της «επανάστασης» τροφοδοτείται από την ανάγκη για μείωση των παγκόσμιων εκπομπών CO_2 κατά 50% έως το 2050 (έτος βάσης 2000), που σημαίνει αναπόφευκτα περιορισμό των τεχνολογιών μετασχηματισμού που στηρίζονται στην καύση, ώστε να περιορισθεί η αύξηση της θερμοκρασίας της γης στους 2.0-2.4 °C.

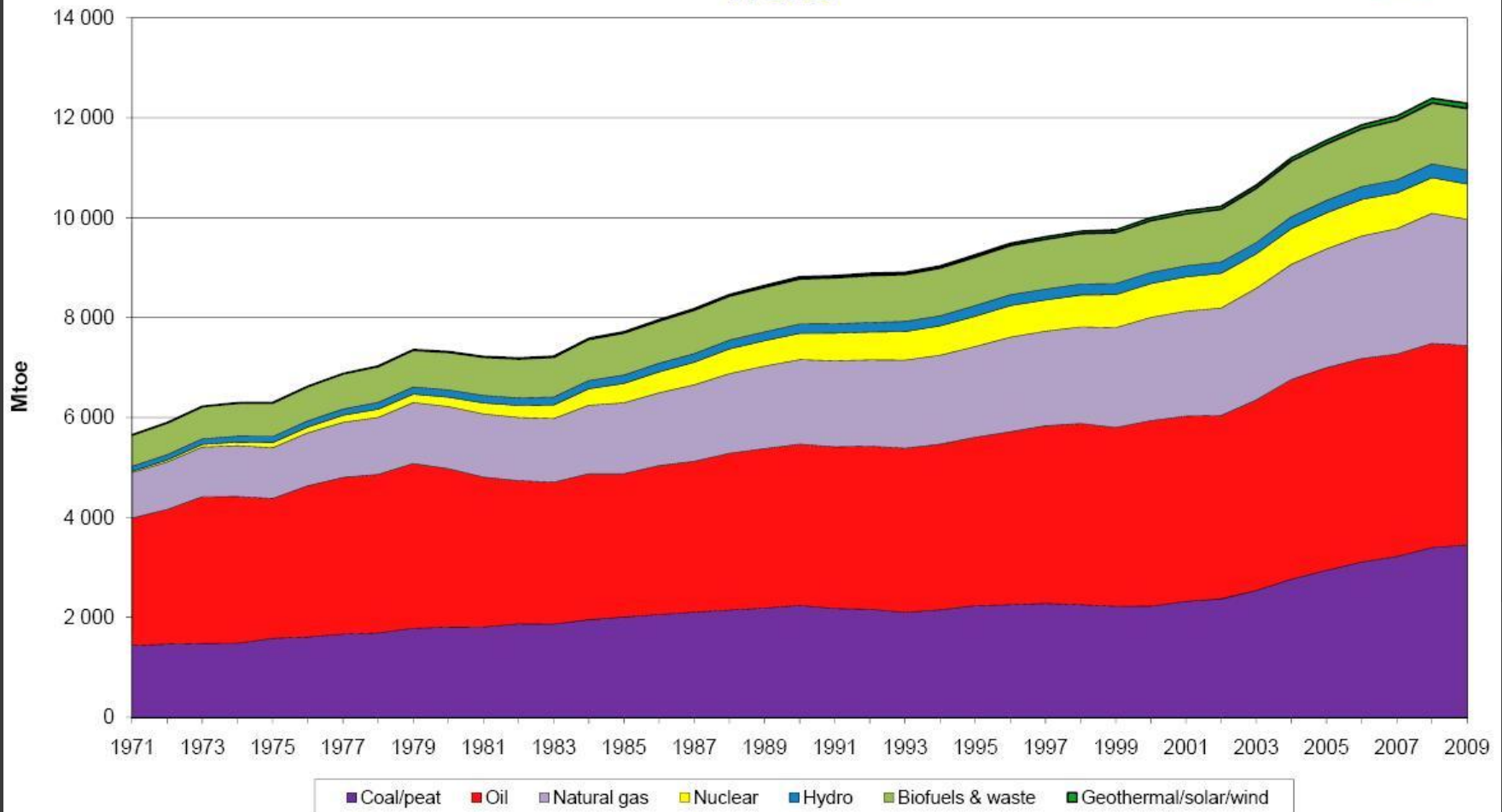
Αυτή η πορεία προϋποθέτει την ανάπτυξη νέων ενεργειακών τεχνολογιών.



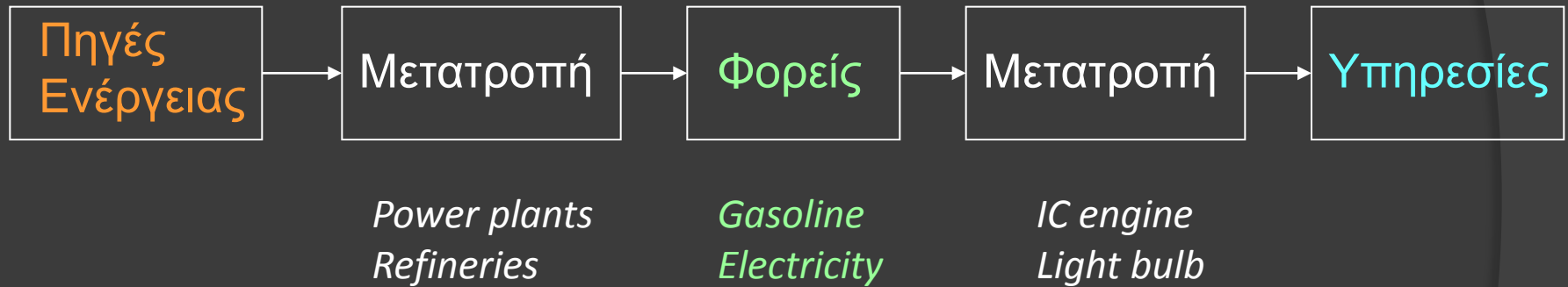
Πηγές Ενέργειας



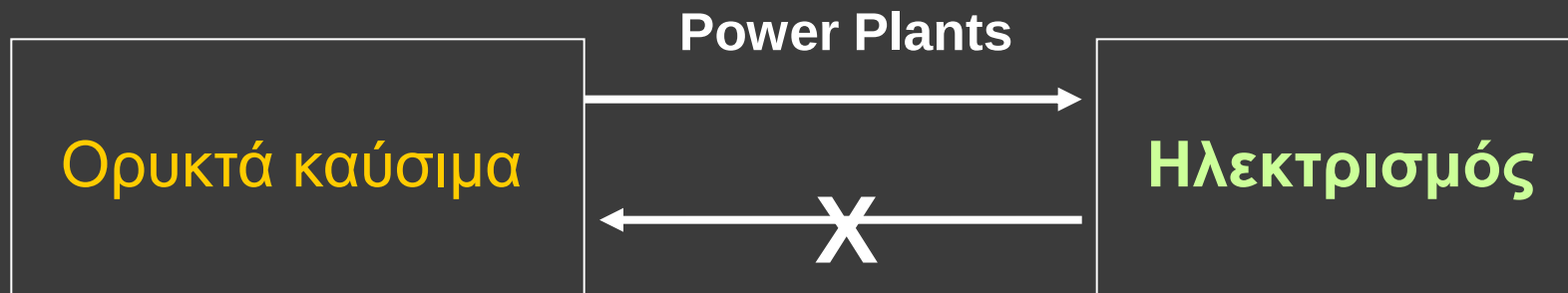
Energy production
World



Ενεργειακή αλυσίδα αξίας

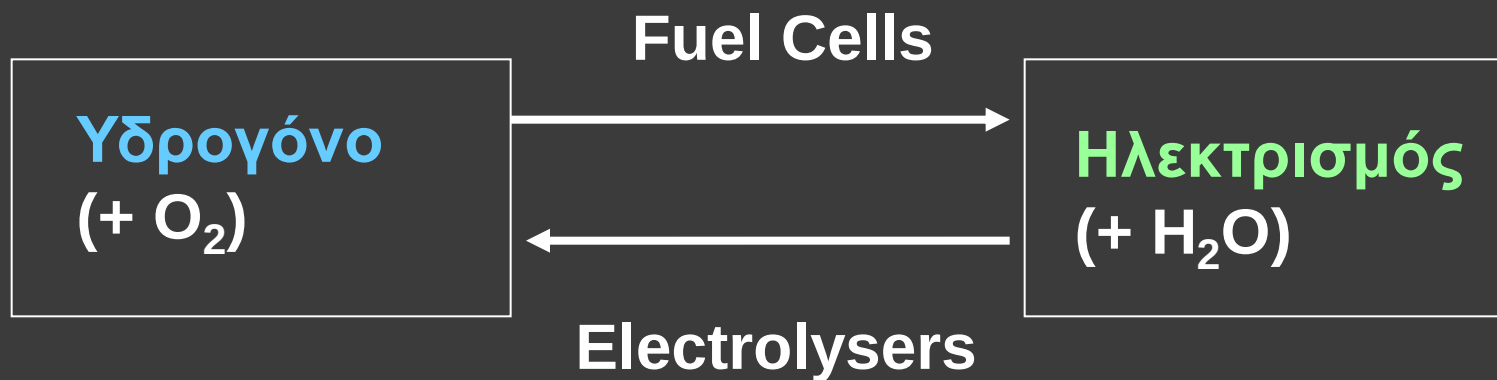


Οι ενεργειακοί φορείς σήμερα

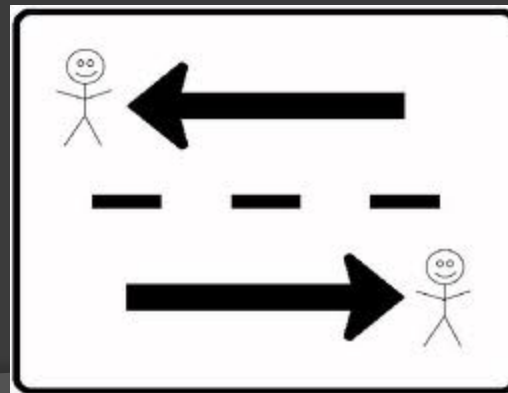


Μελλοντικοί ενεργειακοί φορείς

The Hydrogen Economy

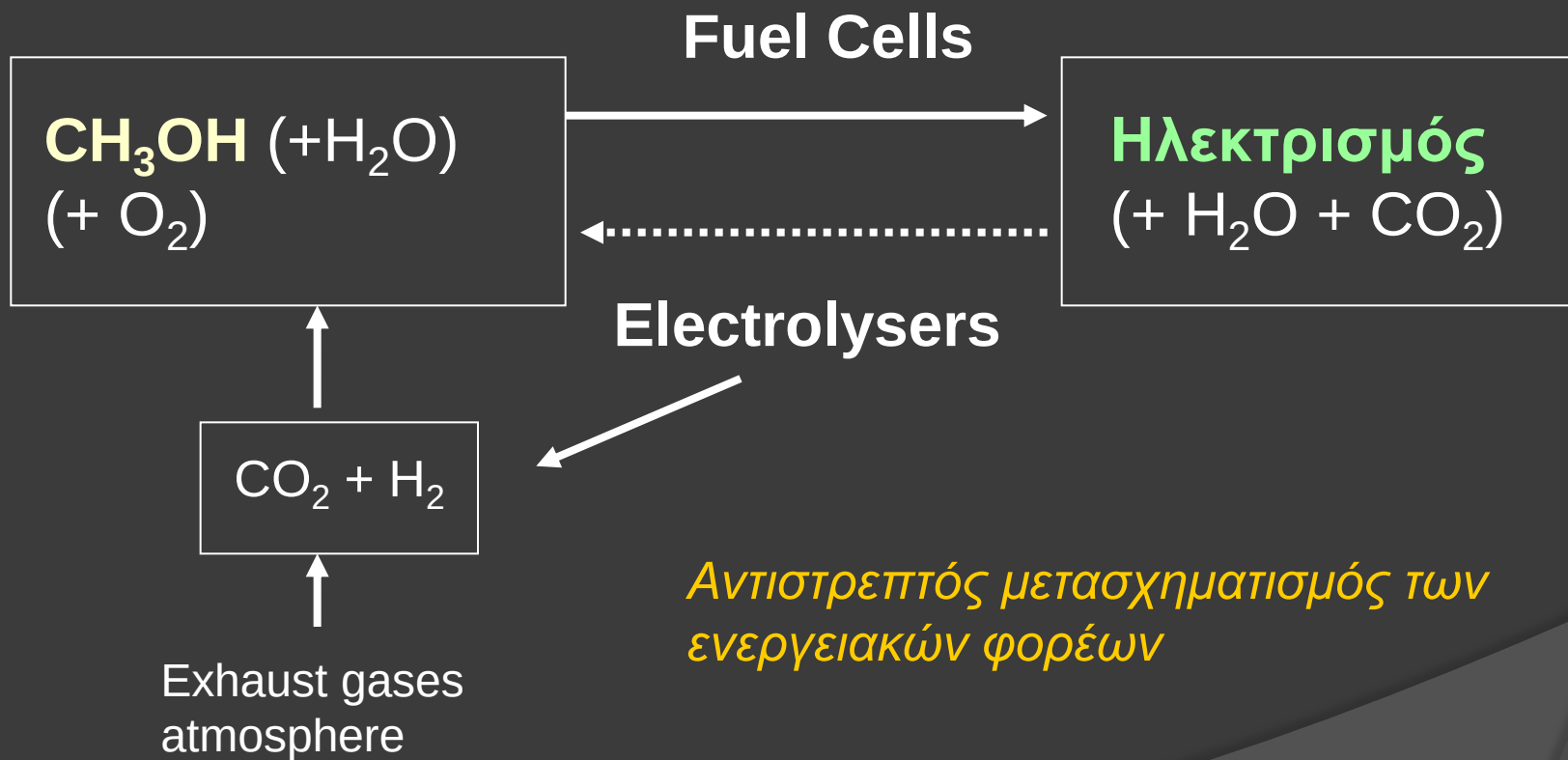


Αντιστρεπτός μετασχηματισμός των ενεργειακών φορέων



Μελλοντικοί ενεργειακοί φορείς

The Methanol Economy



Αντιστρεπτός μετασχηματισμός των ενεργειακών φορέων

CH_3OH : “αποθήκη” χημικής ενέργειας



Energy Density (MJ L^{-1})

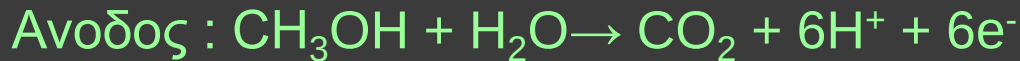
CH_3OH : 15.6

H_2 (liquid): 8.5

H_2 (gas, 700 bar): 4.5



Direct Methanol Fuel Cell (DMFC)



- (i) Χαμηλή ηλεκτροκαταλυτική ενεργότητα των υφιστάμενων καταλυτών
- (ii) διαπέραση μεθανόλης
- (iii) δηλητηρίαση από CO.

Χαμηλός συντελεστής απόδοσης → Micro (portable) applications

$\text{CH}_3\text{OH} \rightarrow \text{Ηλεκτρισμός (2/5)}$

Methanol-to-Hydrogen-to-Electricity

Αναμόρφωση με ατμό: $\text{CH}_3\text{OH} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CO}_2 + 3\text{H}_2$ (ενδόθερμη)

Θερμοδυναμική: Πλήρης μετατροπή πάνω από τους 150°C

Κινητική: Καταλύτες χαλκού για λειτουργία σε χαμηλές θερμοκρασίες ($< 300^\circ\text{C}$) με υψηλή εκλεκτικότητα σε CO_2

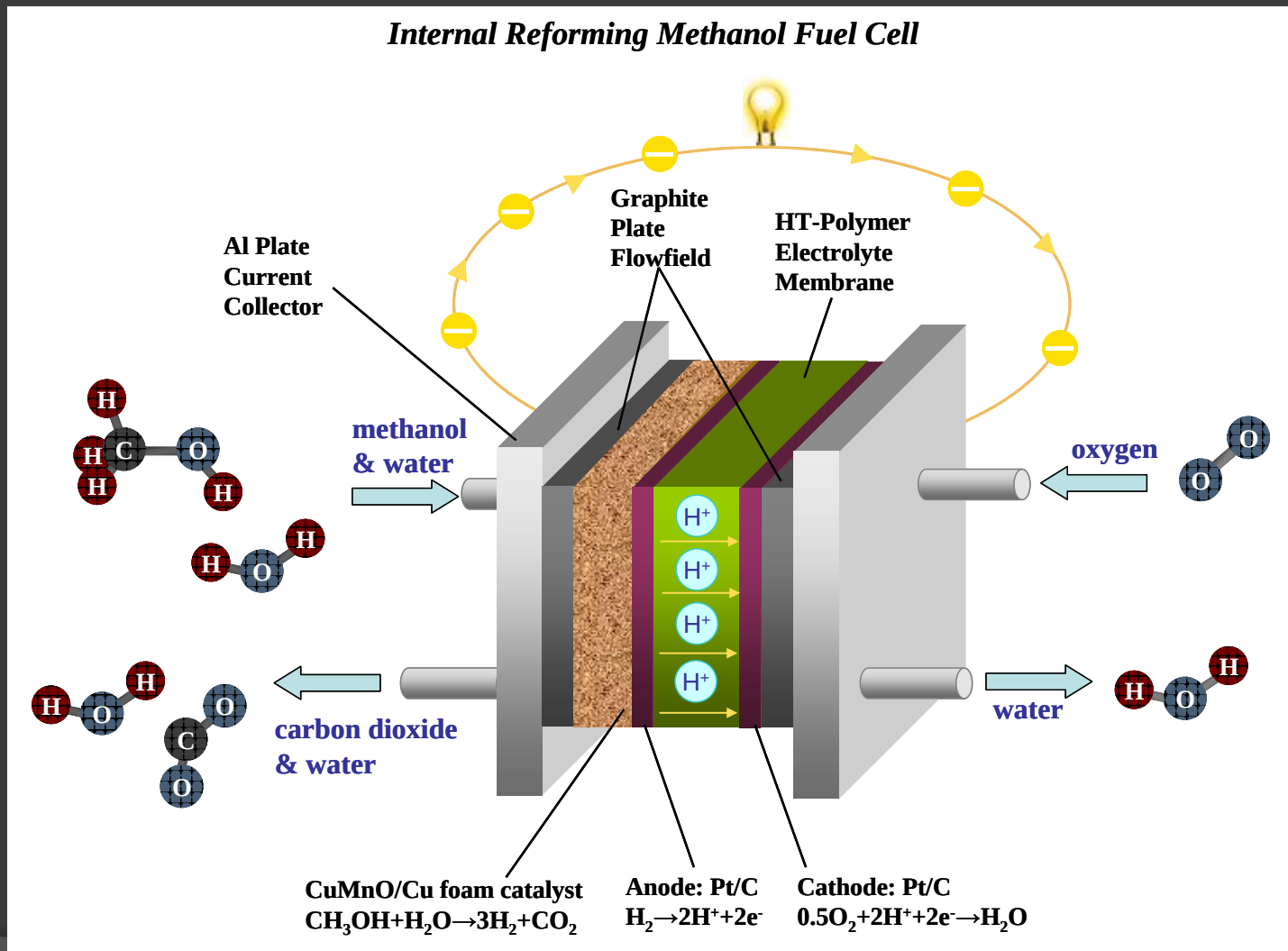
Το αέριο προϊόν αναμόρφωσης τροφοδοτείται σε κυψέλες καυσίμου.



$\text{CH}_3\text{OH} \rightarrow \text{Ηλεκτρισμός (3/5)}$

Internal Reforming Alcohol Fuel Cell (IRAFC)

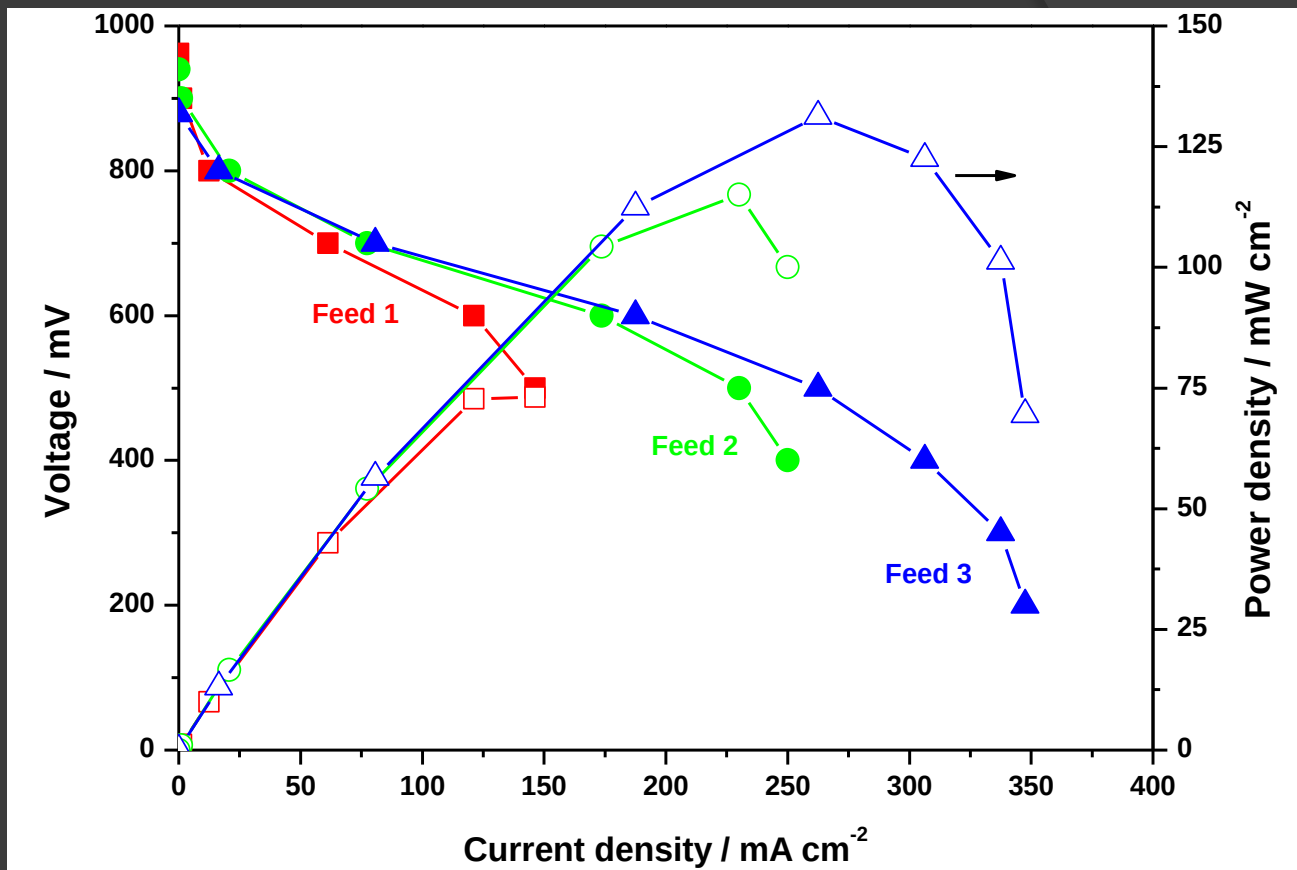
Ενσωμάτωση του καταλύτη αναμόρφωσης στην άνοδο της κυψέλης καυσίμου τύπου High-Temperature PEMFC



$\text{CH}_3\text{OH} \rightarrow \text{Ηλεκτρισμός (4/5)}$

The IRAFC concept

Proof-of-Principle



IRAFC polarization curves under various methanol/water feeds at 200°C.
Total flow rate of 40 cm³ min⁻¹ (STP), T = 200°C; P = 1 atm.

Feed 1 (■): 6.5% CH₃OH/9.75% H₂O/He,

Feed 2 (●): 13% CH₃OH/19.5% H₂O/He,

Feed 3 (▲): 20% CH₃OH/30% H₂O/He.



$\text{CH}_3\text{OH} \rightarrow$ Ηλεκτρισμός (5/5)

IRAFC: πλεονεκτήματα

- Θερμότητα από την κυψέλη άμεσα διαθέσιμη για την ενδόθερμη αντίδραση αναμόρφωσης
- Απομάκρυνση H_2 , που δρα παρεμποδιστικά στη λειτουργία των καταλυτών χαλκού
- Πιο συμπαγές σύστημα

IRAFC: προβλήματα

- Δηλητηρίαση καταλύτη από φωσφορικό οξύ
- Μειωμένη καταλυτική ενεργότητα στους 200°C
- Μετατροπή μεθανόλης $< 100\%$



Ηλεκτρισμός $\rightarrow$ CH₃OH (1/3)

Συνοπτικά

Χρήση ηλεκτρισμού για παραγωγή H₂ (ηλεκτρόλυση)

Πηγή CO₂ (καυσαέρια, ατμόσφαιρα)

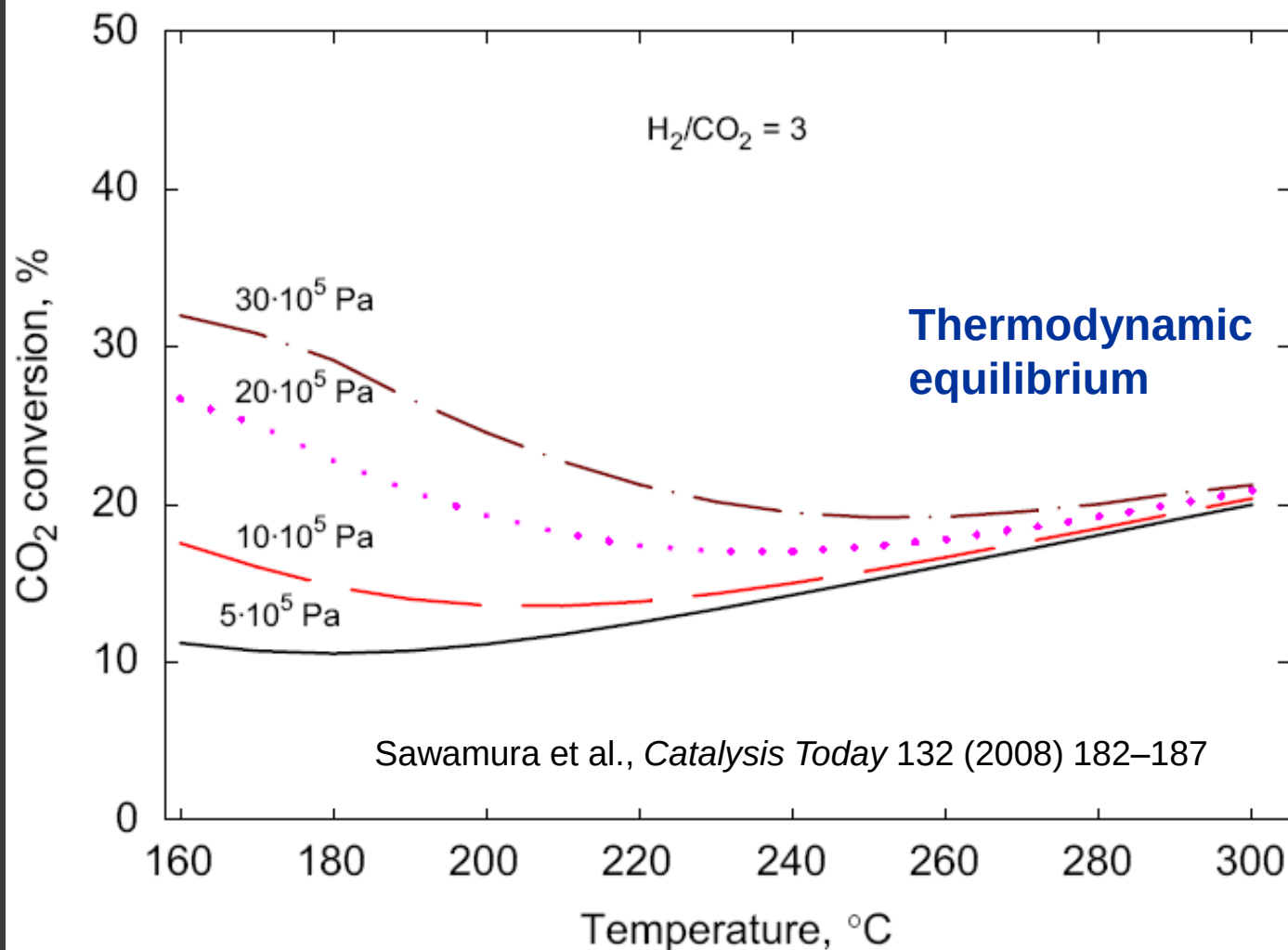


(Καταλυτικά ή ηλεκτροκαταλυτικά)



Ηλεκτρισμός $\rightarrow$ CH₃OH (2/3)

Σύνθεση
μεθανόλης



Ηλεκτρισμός $\rightarrow$ CH_3OH (3/3)

Σύνθεση μεθανόλης – Γιατί μου βάζεις δύσκολα?

Θερμοδυναμική: Χαμηλές θερμοκρασίες

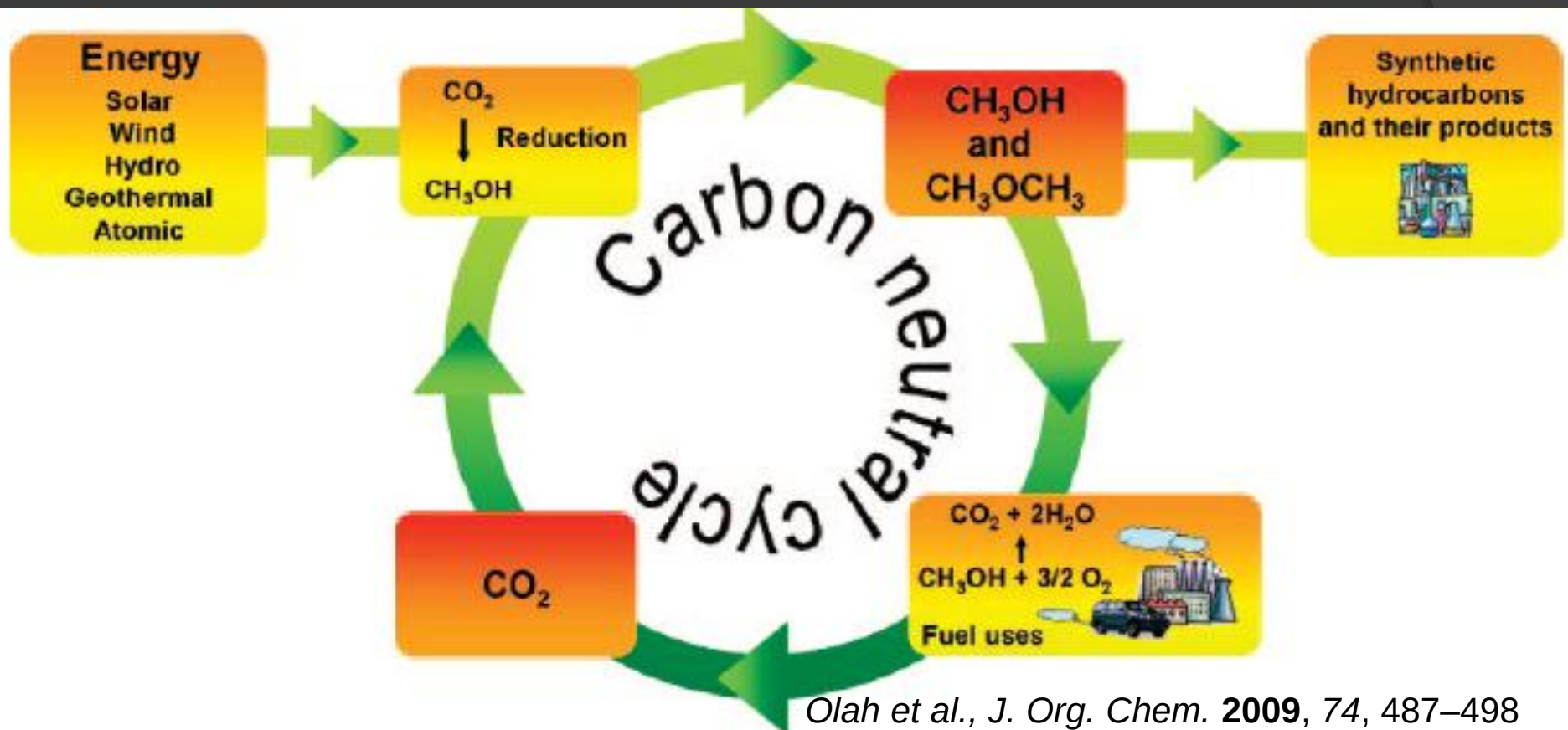
Κινητική: Υψηλές θερμοκρασίες

Χρήση μεμβρανών για εκλεκτική απομάκρυνση των προϊόντων της αντίδρασης ?

Διαχωρισμός CO_2 από τον αέρα ?

Ο “πατριάρχης» της μεθανόλης

George A. Olah, University of Southern California:
Beyond Oil and Gas: the Methanol Economy

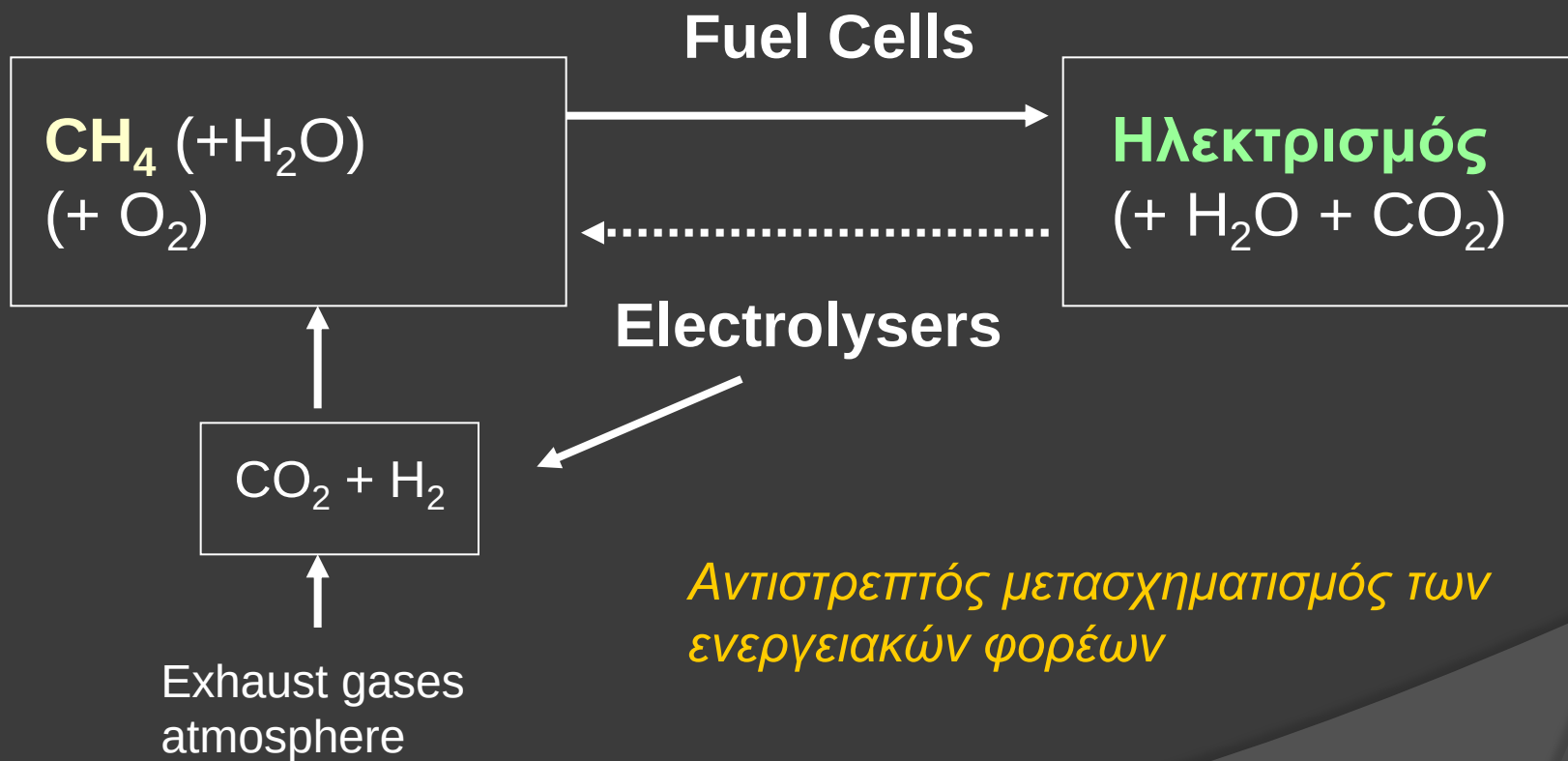


Olah et al., J. Org. Chem. **2009**, 74, 487–498



Μελλοντικοί ενεργειακοί φορείς

The Methane Economy

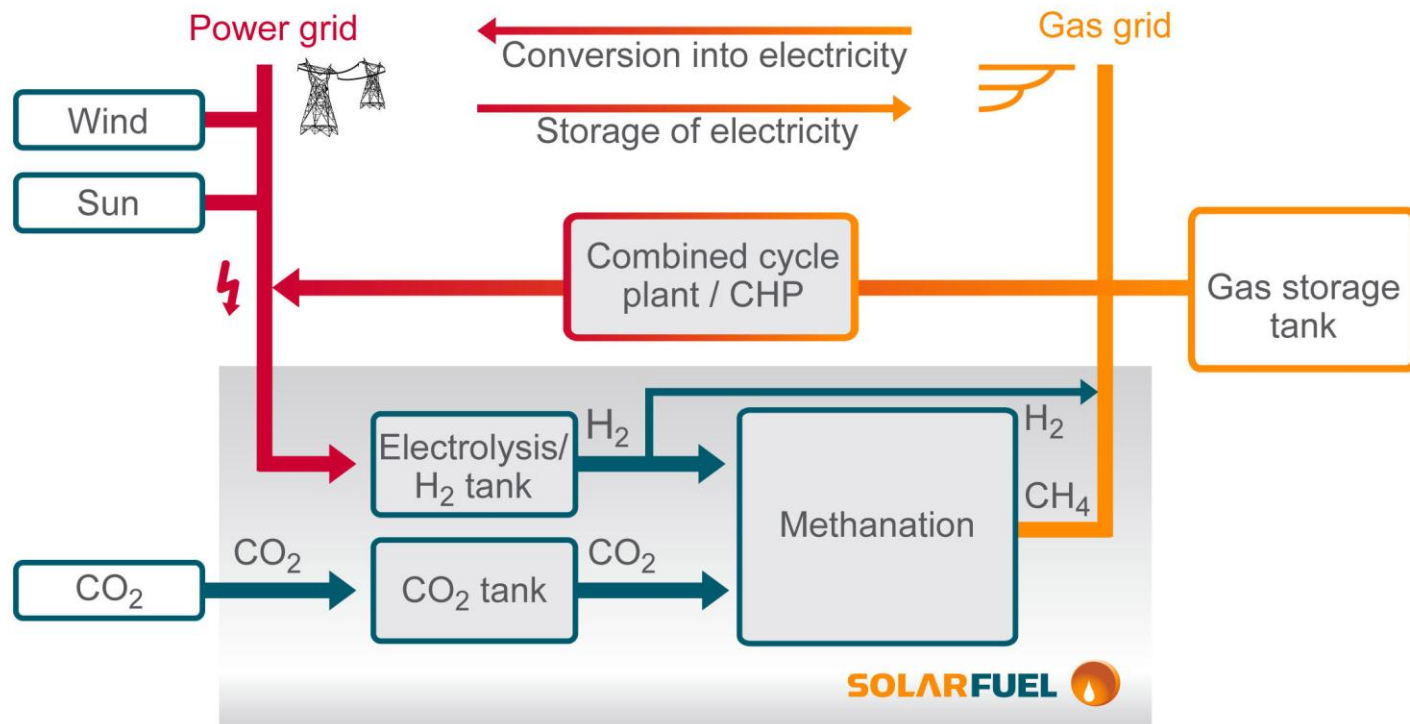


Αντιστρεπτός μετασχηματισμός των ενεργειακών φορέων

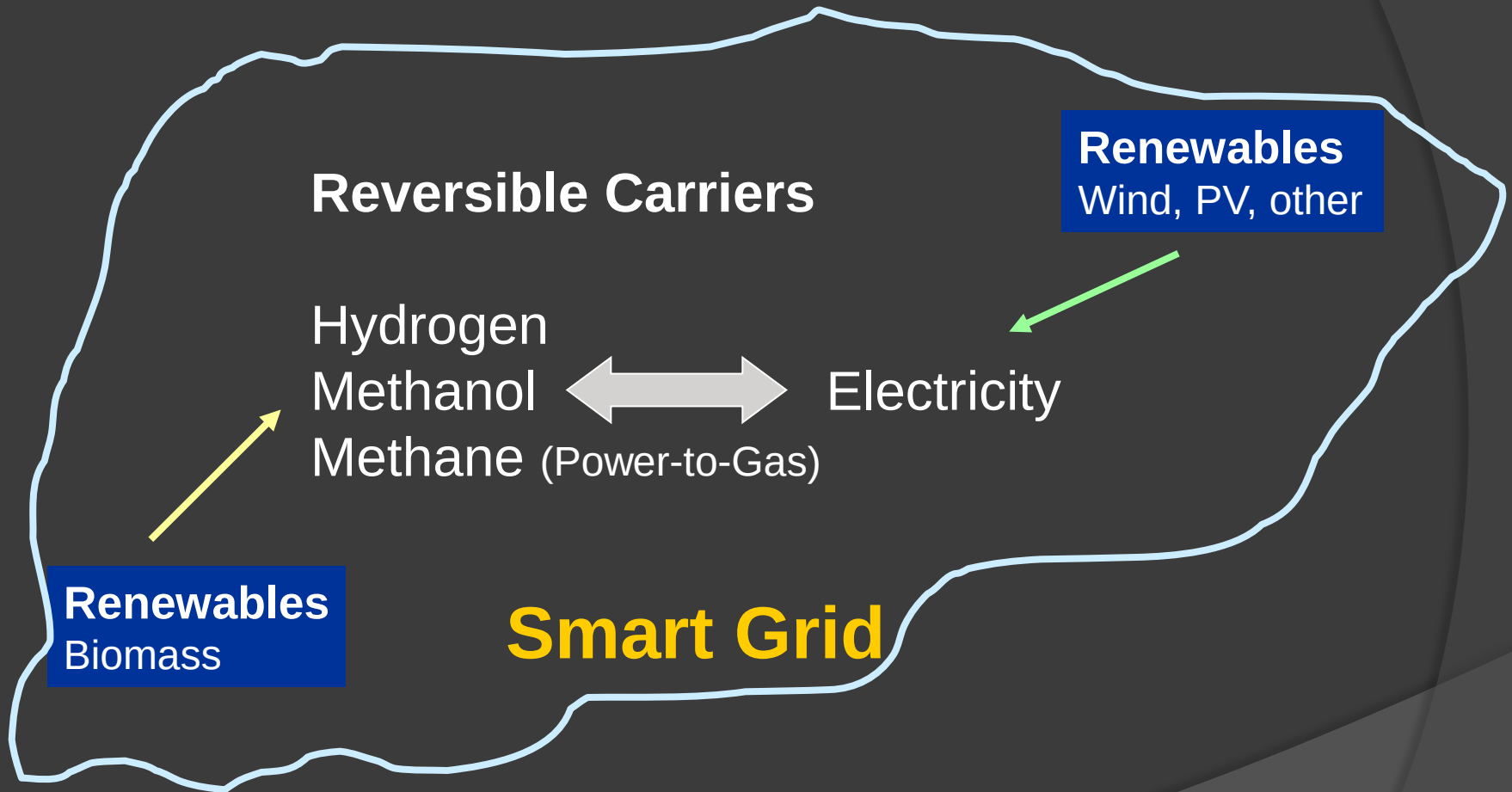


Power-to-Gas Fraunhofer IWES and ZSW

SolarFuel in the energy system



Το ενεργειακό δίκτυο



Καθώς η λειτουργία των βασικότερων ΑΠΕ εμφανίζει **χρονική ασυνέχεια**, η ενσωμάτωσή τους με ομαλό τρόπο στο δίκτυο μεταφοράς/διανομής ηλεκτρικής ενέργειας είναι κεντρικό ζήτημα, που σχετίζεται με την ευελιξία του συστήματος για τη διαχείριση της περίσσειας ενέργειας (π.χ. την ημέρα ή όταν φυσούν δυνατοί άνεμοι) και της έλλειψης ενέργειας (ώρες αιχμής).

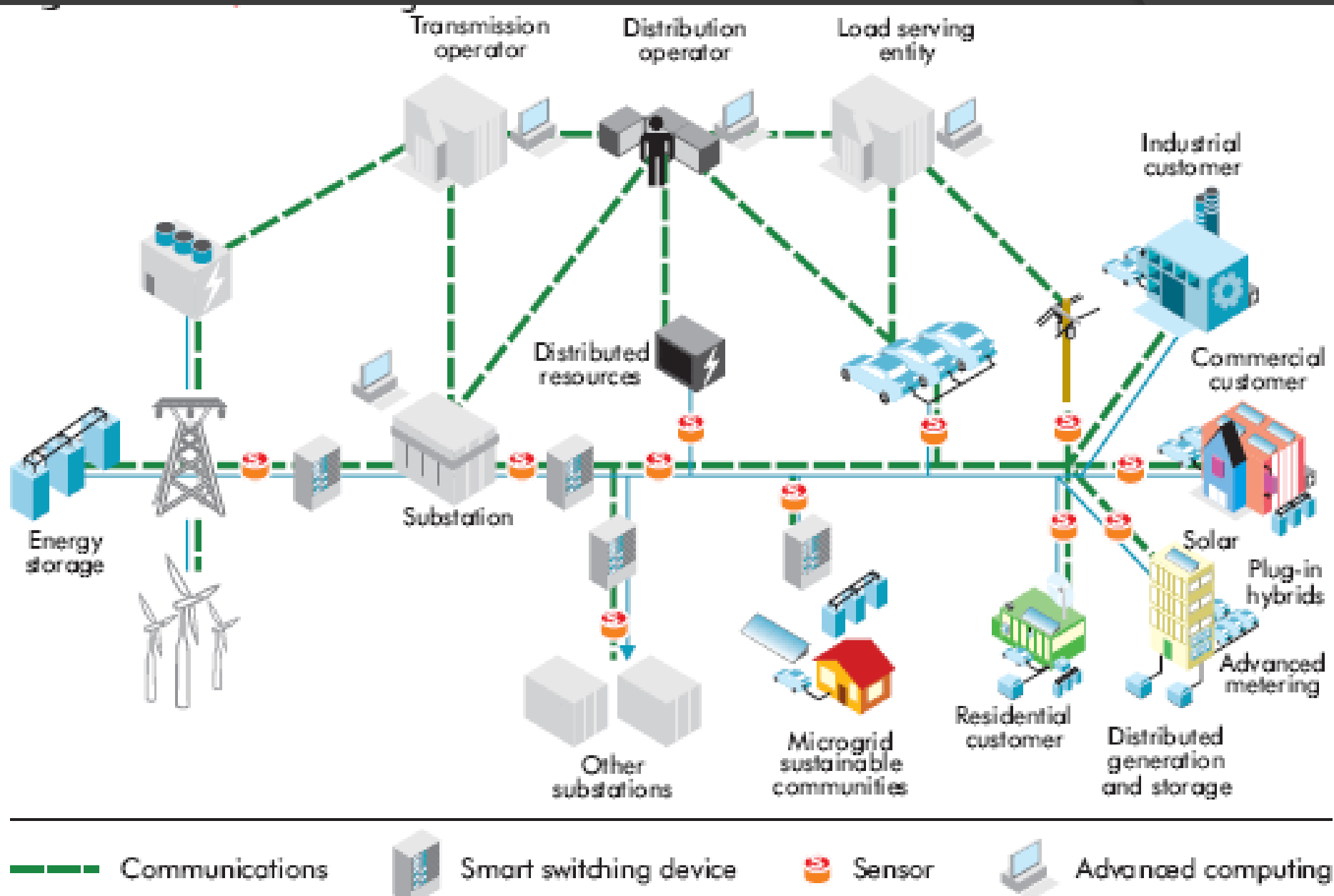
Τα ευφυή δίκτυα διαχείρισης του συστήματος σε συνδυασμό με τεχνολογίες αποθήκευσης ενέργειας είναι απαραίτητα για την αξιόπιστη λειτουργία με ελαχιστοποίηση του κόστους.

Ως **ευφυές δίκτυο** ορίζεται ένα δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας που βασίζεται σε ψηφιακή τεχνολογία για να παρακολουθεί, ελέγχει και διαχειρίζεται τη μεταφορά ηλεκτρισμού από όλες τις πηγές του δικτύου σε όλους τους χρήστες σε ένα περιβάλλον όπου όλες οι πηγές και οι χρήστες εμφανίζουν έντονη χρονική μεταβλητότητα σε προσφορά και ζήτηση.

Στόχος η ελαχιστοποίηση του κόστους και του περιβαλλοντικού αποτυπώματος με περιορισμό τη διατήρηση ενός ελάχιστου επιπέδου αξιοπιστίας και σταθερότητας λειτουργίας.



Παράδειγμα ευφυούς δικτύου



Τεχνολογίες Αποθήκευσης Ενέργειας

Συσσωρευτές, λιθίου, μολύβδου, νικελίου-καδμίου, κλπ

Υπερπίεση αεροθυλάκων, είτε τεχνητών για εφαρμογές μικρής ισχύος, είτε φυσικών όπως αλατορυχεία

Υβριδικοί σταθμοί παραγωγής υδροηλεκτρικών με επαναφόρτιση της υδροφόρου λεκάνης από άλλες ΑΠΕ

Χημική αποθήκευση (υδρογόνου, μεθανόλη, μεθάνιο)

Διασύνδεση Ηλεκτρικών Οχημάτων με το Δίκτυο.



“Your proposal is innovative. Unfortunately, we won’t be able to use it because we’ve never tried something like this before.”

