



Βασικοί Δείκτες ενός Ενεργειακού Συστήματος

Σημειώσεις για το μάθημα
Ενεργειακή Οικονομία
Π. Κάπρος, ΣΗΜΜΗΥ, 2006

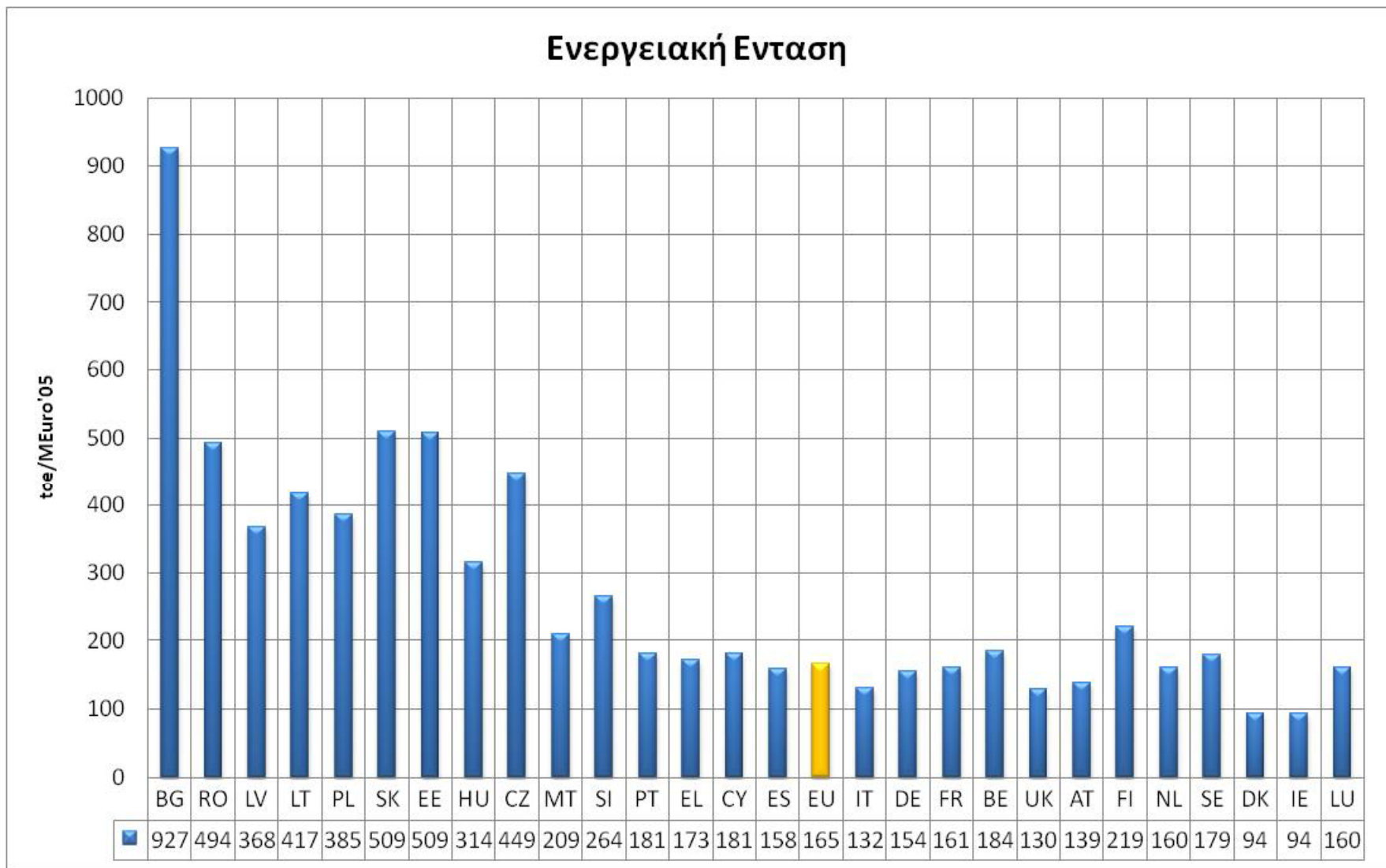
Βασικοί δείκτες

- Τα χαρακτηριστικά ενός ενεργειακού συστήματος αποτυπώνονται στα πλαίσια της ενεργειακής ανάλυσης στους ακόλουθους δείκτες:
 - Δείκτης ενεργειακής έντασης
 - Δείκτης έντασης εκπομπών CO₂
 - Δείκτης διείσδυσης των ανανεώσιμων μορφών ενέργειας
 - Δείκτης ενεργειακής εξάρτησης
 - Κατανάλωση ενέργειας ανά κάτοικο
 - Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας ανά κάτοικο
 - Ελαστικότητα ενεργειακής κατανάλωσης

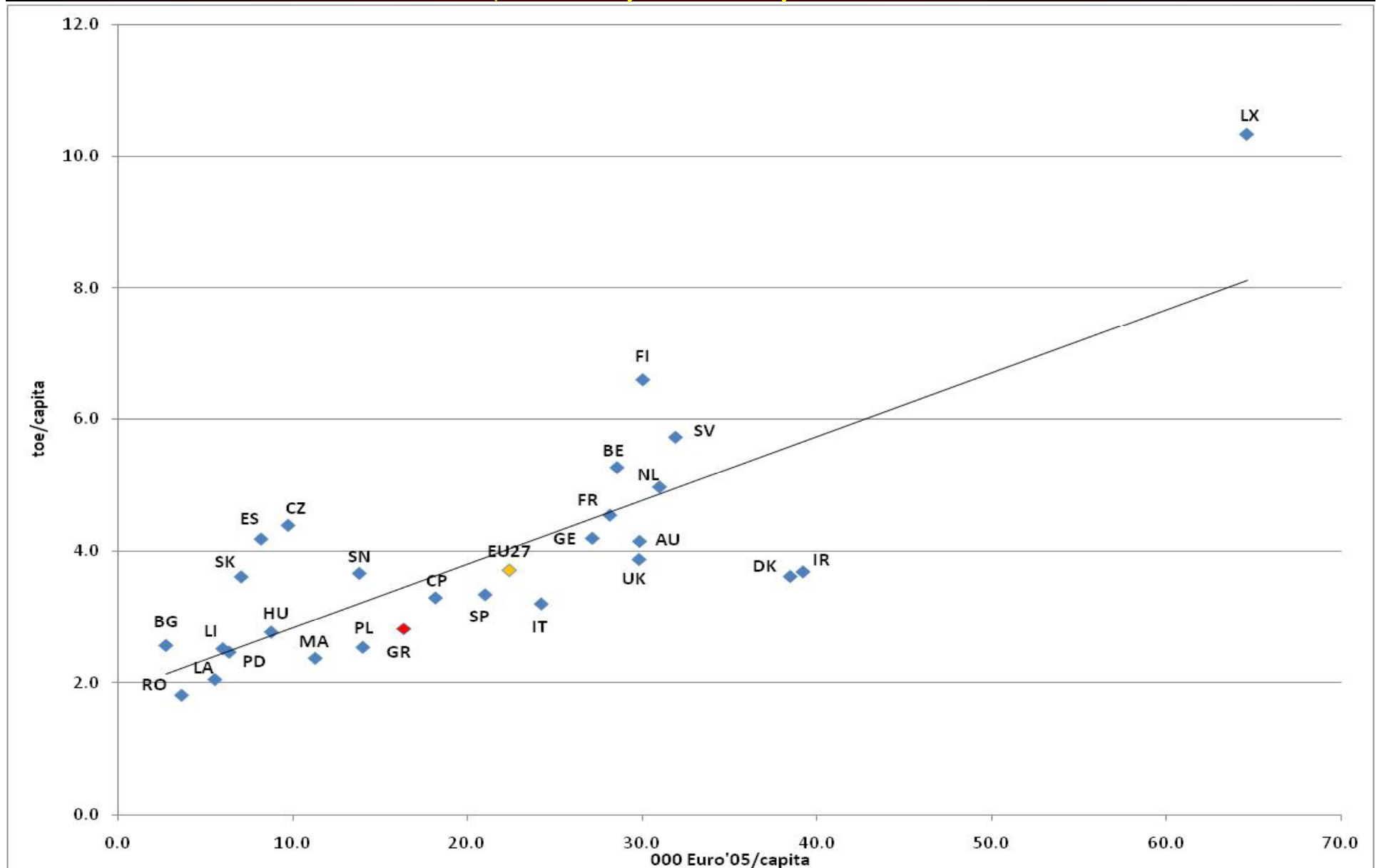
Δείκτης Ενεργειακής Έντασης

- Δείκτης ο οποίος μετράει το μέγεθος των ενεργειακών αναγκών ανά μονάδα δραστηριότητας
 - Αριθμητής: ποσότητα ενέργειας (τελική ή ωφέλιμη)
 - Παρονομαστής: δραστηριότητα (σε ειδικές μονάδες)
- Παραδείγματα
 - Ενέργεια ανά τόνο παραγόμενου τσιμέντου
 - Ηλεκτρική ενέργεια ανά τόνο παραγόμενου αλουμινίου
 - Καύσιμο ανά επιβατο-χιλιόμετρο
 - Σύνολο πρωτογενούς ενέργειας ανά μονάδα ΑΕΠ μιας χώρας (ενεργειακή ένταση μιας χώρας)
- Εκφράζει το συνδυασμό τόσο των δομικών όσο και των τεχνολογικών χαρακτηριστικών του ενεργειακού συστήματος
- Η μελέτη του λόγου αυτού για διάφορες χώρες φανερώνει την ύπαρξη πολλών διαφορών μεταξύ τους, ακόμα και μεταξύ αναπτυγμένων χωρών της Κεντρικής Ευρώπης.

Δείκτης ενεργειακής έντασης των χωρών μελών της Ευρωπαϊκής Ένωσης το 2005



Συσχέτιση ενεργειακής έντασης και ΑΕΠ των χωρών μελών της Ευρωπαϊκής Ένωσης το 2005



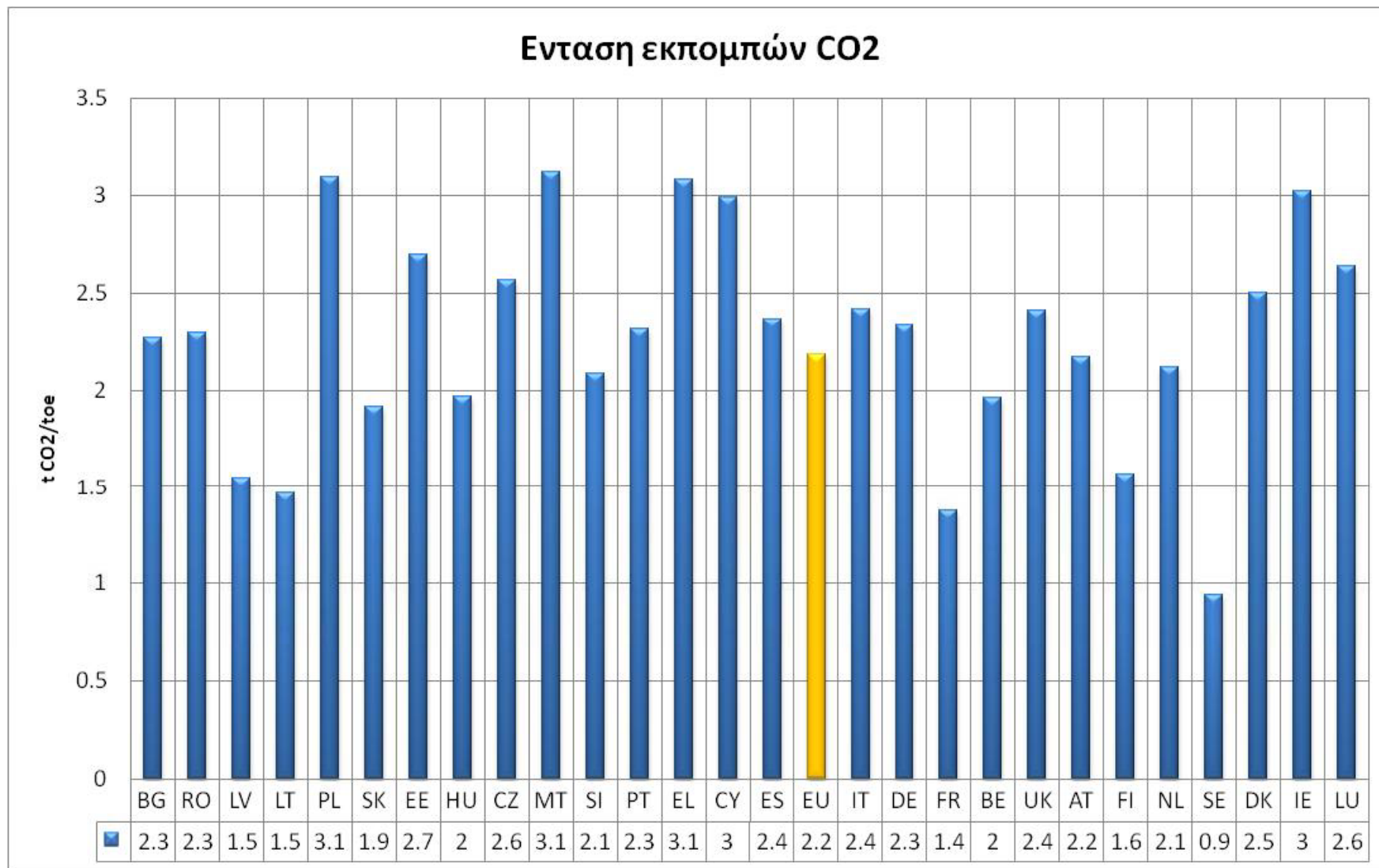
Λόγοι διαφοροποίησης του δείκτη ενεργειακής έντασης

- Οι διαφορές μεταξύ χωρών μπορούν να οφείλονται σε πολλούς παράγοντες:
 - στο διαφορετικό επίπεδο της οικονομικής ανάπτυξης
 - σε κλιματικούς και γεωγραφικούς παράγοντες
 - στη συνολική απόδοση των εγκαταστάσεων μετατροπής και διανομής ενέργειας (δηλαδή προσφοράς ενέργειας) που εξαρτάται και από την κατανομή της παραγωγής ανά ενεργειακή μορφή (π.χ. μία χώρα με πυρηνικά εργοστάσια σε σχέση με μία χώρα χωρίς πυρηνικά εργοστάσια)
 - στην κατανομή των βιομηχανικών και άλλων οικονομικών δραστηριοτήτων μεταξύ ενεργοβόρων και μη ενεργοβόρων διαδικασιών (π.χ. μία χώρα με μεταλλουργικές βιομηχανίες σε σχέση με μία χώρα υπηρεσιών)
 - στο βαθμό χρησιμοποίησης των ενεργειακών εξοπλισμών των καταναλωτών και τον τρόπο γενικά της ζωής τους
- Η ερμηνεία αυτού του φαινομένου είναι πολύ σημαντική, γιατί μπορεί να δώσει κατευθύνσεις διαρθρωτικών μεταβολών ώστε μία χώρα να προσεγγίσει τη δομή μιας άλλης πιο αποτελεσματικής στην ενεργειακή χρήση.

Δείκτης έντασης εκπομπών CO₂

- Δείκτης ο οποίος μετράει το μέγεθος των εκπομπών CO₂ ανά μονάδα κατανάλωσης
 - Αριθμητής: ποσότητα εκπομπών CO₂
 - Παρονομαστής: συνολική κατανάλωση καυσίμων
- Εφαρμόζεται τόσο στο επίπεδο του συνολικού ενεργειακού συστήματος όσο και στο επίπεδο των διαφορετικών κλάδων μετατροπής και κατανάλωσης της ενέργειας
- Παρέχει πληροφορίες για την άσκηση περιβαλλοντικής πολιτικής στο επίπεδο μιας χώρας αλλά και των επιμέρους κλάδων
 - Και πάλι παρατηρούνται σημαντικές διαφορές μεταξύ των χωρών που πέραν του επιπέδου άσκησης περιβαλλοντικών πολιτικών εξαρτώνται και από τις επιλογές καυσίμου
 - πχ μια χώρα με σημαντική συνεισφορά της πυρηνικής ενέργειας στο ενεργειακό σύστημα έχει συγκριτικό πλεονέκτημα σε σχέση με μια άλλη που χρησιμοποιεί μια «βρώμικη» εγχώρια διαθέσιμη ενεργειακή μορφή (λιγνίτης στην Ελλάδα)

Δείκτης έντασης εκπομπών CO₂ των χωρών μελών της Ευρωπαϊκής Ένωσης το 2005

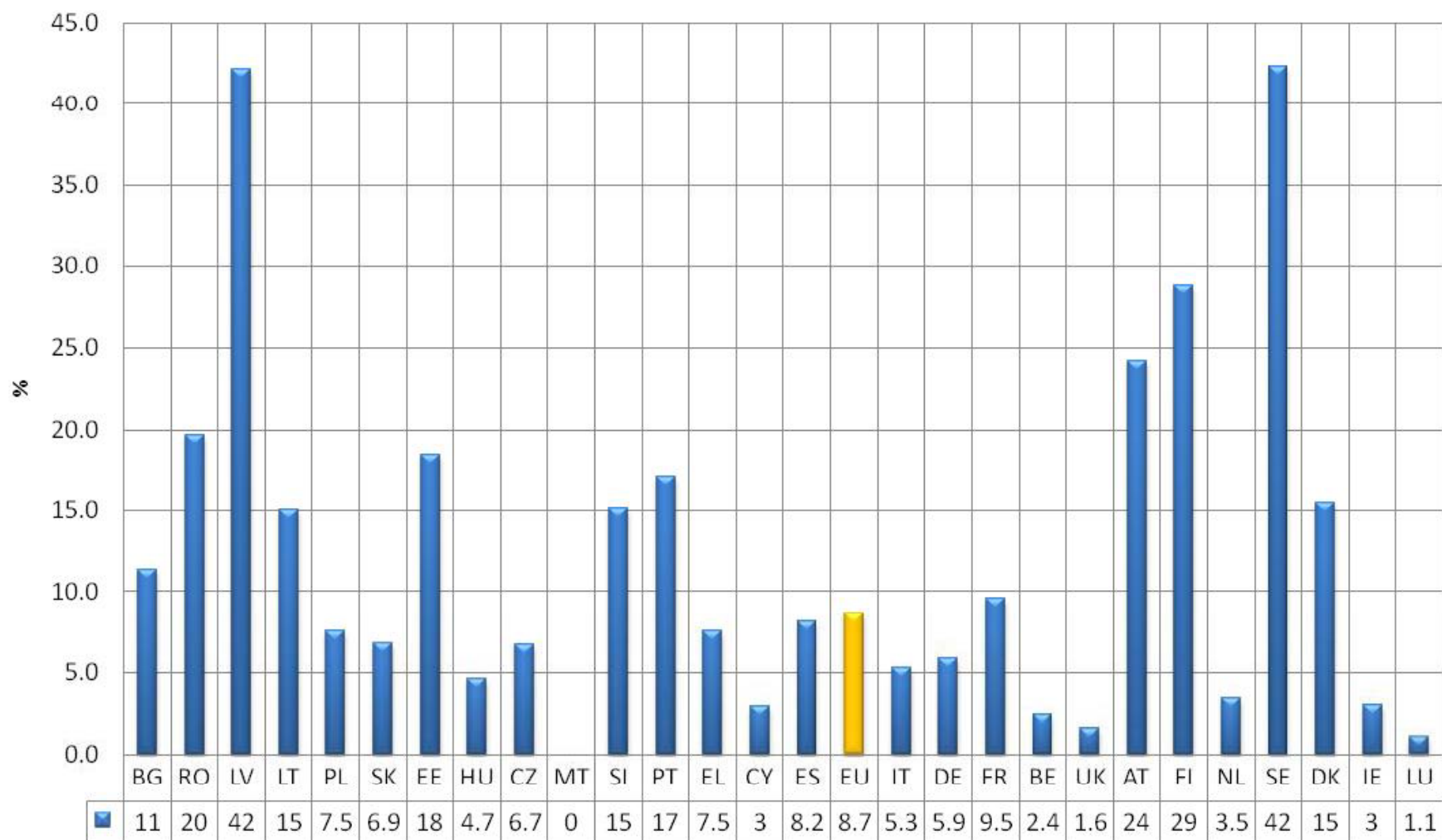


Δείκτης διείσδυσης των ανανεώσιμων μορφών ενέργειας

- Δείκτης ο οποίος μετράει το ποσοστό των ανανεώσιμων μορφών ενέργειας στην ακαθάριστη τελική κατανάλωση
 - Αριθμητής: ποσότητα ανανεώσιμων μορφών ενέργειας (συμπεριλαμβανομένου του ηλεκτρισμού και του ατμού που παράγονται από ανανεώσιμες μορφές)
 - Παρονομαστής: συνολική κατανάλωση καυσίμων συμπεριλαμβανομένων των απωλειών και της ιδιοκατανάλωσης ηλεκτρισμού και ατμού
- Ο συγκεκριμένος δείκτης ορίστηκε πολύ πρόσφατα (2008) και θεωρείται ότι εκφράζει με τον καλύτερο τρόπο τον βαθμό διείσδυσης των ανανεώσιμων μορφών ενέργειας στο ενεργειακό σύστημα
- Εφαρμόζεται στο επίπεδο του συνολικού ενεργειακού συστήματος
- Οι διαφορές μεταξύ των χωρών οφείλονται
 - Στην διαθεσιμότητα ανανεώσιμων μορφών ενέργειας στην κάθε χώρα
 - Στο βαθμό άσκησης πολιτικής για την προώθηση των ανανεώσιμων μορφών ενέργειας

Δείκτης διείσδυσης των ανανεώσιμων μορφών ενέργειας στις χώρες μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης το 2005

Ανανεώσιμες μορφές στην ακαθάριστη τελική κατανάλωση

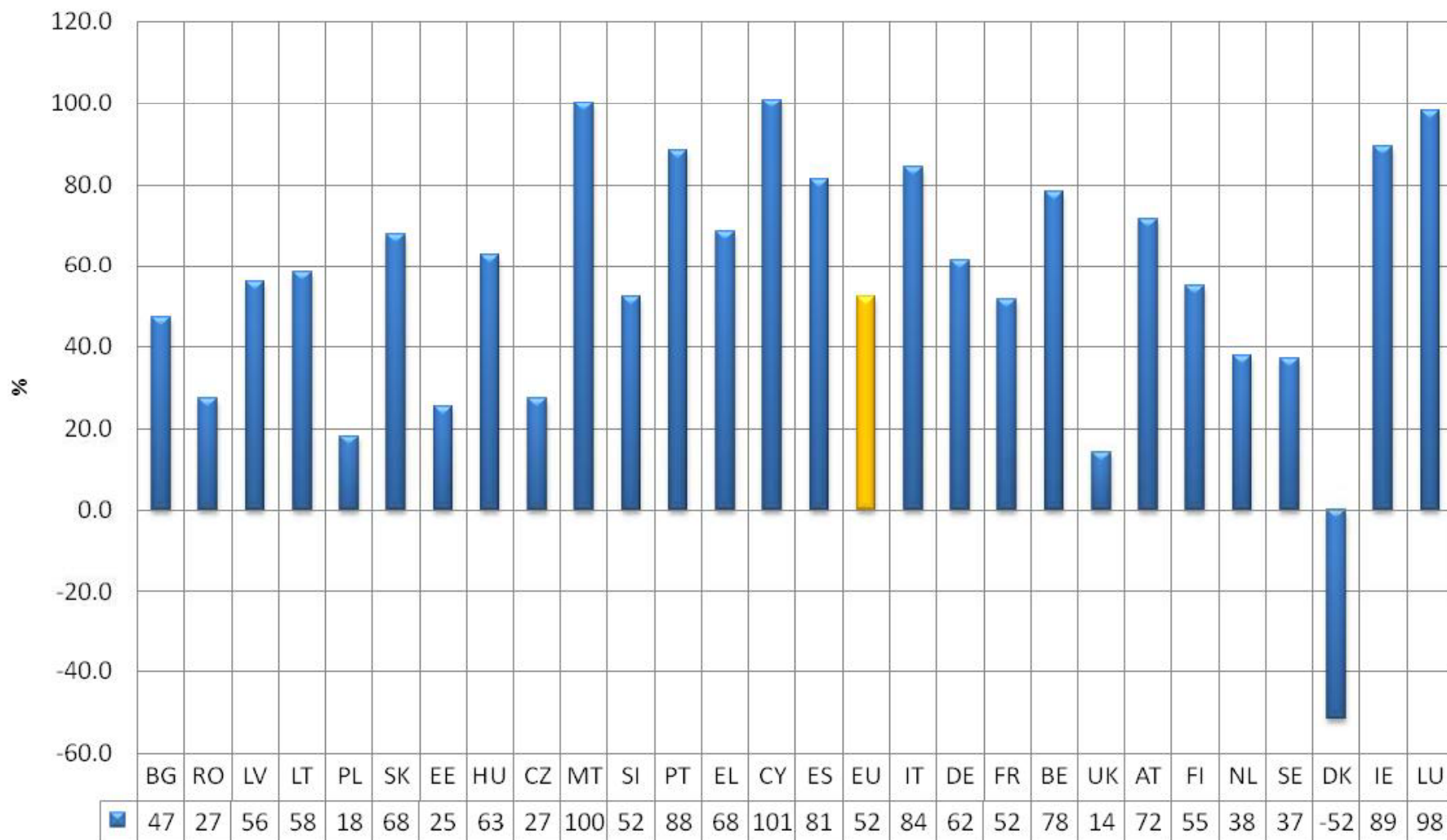


Δείκτης ενεργειακής εξάρτησης

- Δείκτης ο οποίος μετράει το ποσοστό των εισαγωγών ενέργειας στην ακαθάριστη τελική κατανάλωση
 - Αριθμητής: ποσότητα εισαγωγών
 - Παρονομαστής: συνολική ακαθάριστη εγχώρια κατανάλωση καυσίμων
- Εφαρμόζεται στο επίπεδο του συνολικού ενεργειακού συστήματος
- Οι διαφορές μεταξύ των χωρών οφείλονται
 - Στην διαθεσιμότητα εγχώριων μορφών ενέργειας στην κάθε χώρα
 - Στο βαθμό εκμετάλλευσής τους (συμπεριλαμβανομένων των ανανεώσιμων μορφών ενέργειας)
 - Σημαντική σημείωση: Η πυρηνική ενέργεια (θερμότητα) θεωρείται εγχώρια μορφή ενέργειας ανεξάρτητα από το αν το πυρηνικό καύσιμο εισάγεται

Δείκτης ενεργειακής εξάρτησης των χωρών μελών της Ευρωπαϊκής Ένωσης το 2005

Ενεργειακή εξάρτηση



Κατανάλωση συνολικής και ηλεκτρικής ενέργειας ανά κάτοικο

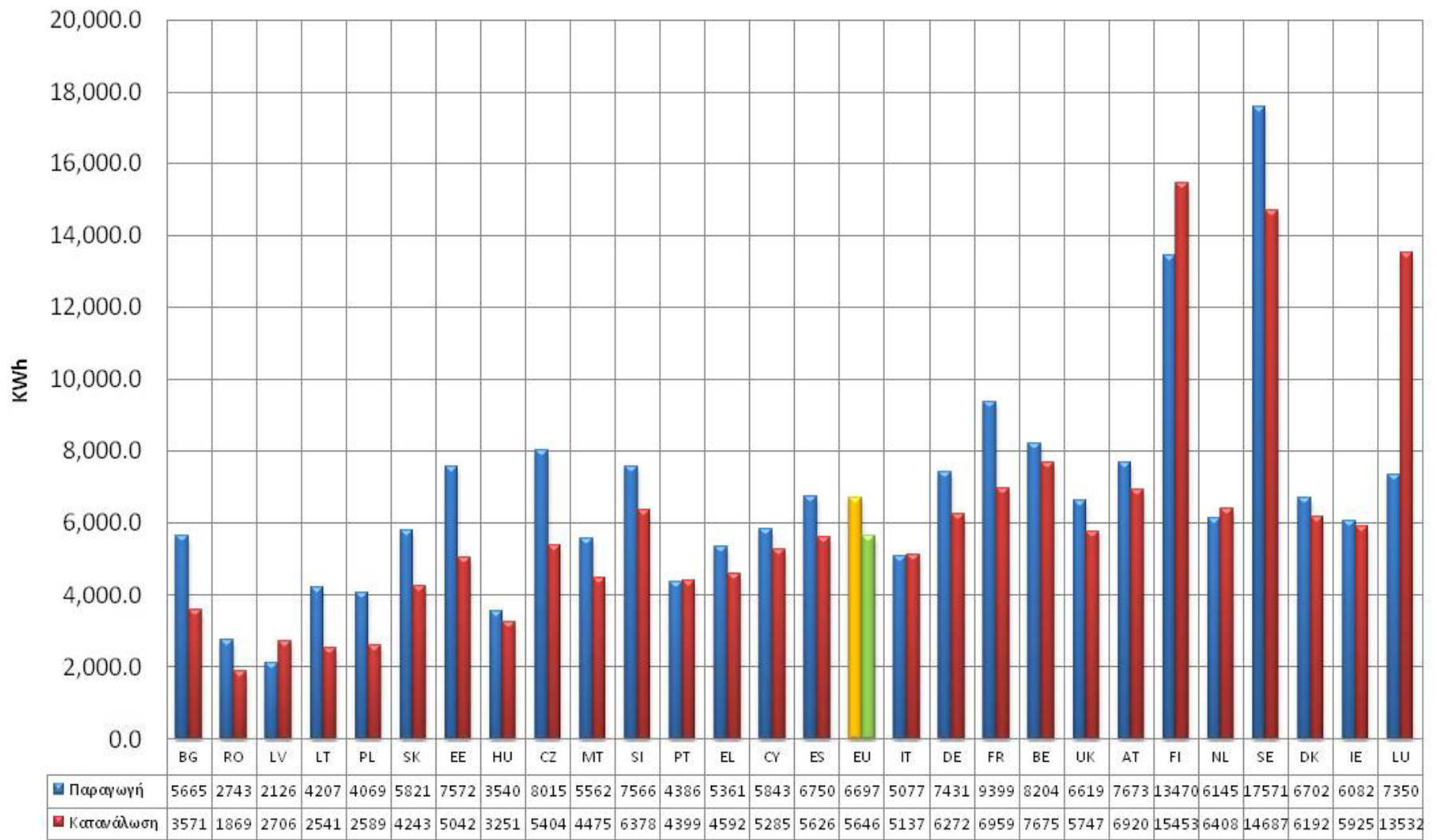
- Δείκτης ο οποίος μετράει την κατανάλωση ενέργειας (συνολικής ή ηλεκτρικής) ανά κάτοικο
 - Αριθμητής: ποσότητα ενέργειας
 - Παρονομαστής: πληθυσμός
- Εφαρμόζεται στο επίπεδο του συνολικού ενεργειακού συστήματος ή της τελικής ζήτησης
 - Στο επίπεδο του συνολικού ενεργειακού συστήματος ο δείκτης για την ηλεκτρική ενέργεια μπορεί να οριστεί και ως η παραγωγή ηλεκτρισμού ανά κάτοικο
- Οι διαφορές μεταξύ των χωρών οφείλονται
 - Στο διαφορετικό επίπεδο οικονομικής ανάπτυξης
 - Στα δομικά και τεχνολογικά χαρακτηριστικά του ενεργειακού συστήματος
 - Στις κλιματολογικές συνθήκες
 - Στις συνήθειες των καταναλωτών
 - Στο επίπεδο εξηλεκτισμού του ενεργειακού συστήματος

Κατανάλωση ενέργειας ανά κάτοικο στις χώρες μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης το 2005



Παραγωγή ηλεκτρισμού ανά κάτοικο στις χώρες μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης το 2005

Παραγωγή και Κατανάλωση ηλεκτρισμού ανά κάτοικο



Ελαστικότητα ενεργειακής κατανάλωσης

- Ορισμός της ελαστικότητας

Εστω :

- 0 η αρχική κατάσταση (παλιό έτος ή σενάριο αναφοράς)
- 1 η νέα κατάσταση (νέο έτος ή εναλλακτικό σενάριο το οποίο περιλαμβάνει κάποια πολιτική)

Δεδομένα

- $A_0 \rightarrow A_1$
- $E_0 \rightarrow E_1$

Μεταβολές

- $\Delta A = A_1 - A_0$
- $\Delta E = E_1 - E_0$

$$\varepsilon = \frac{\frac{\Delta E}{E}}{\frac{\Delta A}{A}} = \frac{E_1 - E_0 / E_0}{A_1 - A_0 / A_0} \quad \left(\frac{\%}{\%} \right)$$

- Η ελαστικότητα παριστά, επομένως, το ποσοστό της μεταβολής του E ανά μονάδα μεταβολής του A
 - Για ένα ενεργειακό σύστημα αυτό σημαίνει ότι μία μονάδα οικονομικής ανάπτυξης απαιτεί ένα σταθερό ποσοστό αύξησης της κατανάλωσης ενέργειας.

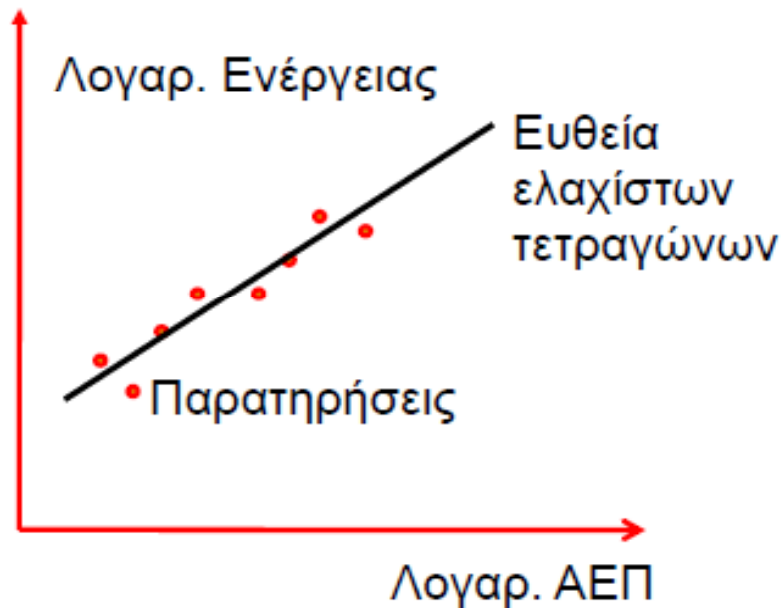
Ενέργεια και ΑΕΠ των χωρών

$$E = a \cdot \text{ΑΕΠ}^\varepsilon$$

$$\frac{\partial E}{\partial \text{ΑΕΠ}} \cdot \frac{\text{ΑΕΠ}}{E} = \frac{\frac{\Delta E}{E}}{\frac{\Delta \text{ΑΕΠ}}{\text{ΑΕΠ}}} = \varepsilon$$

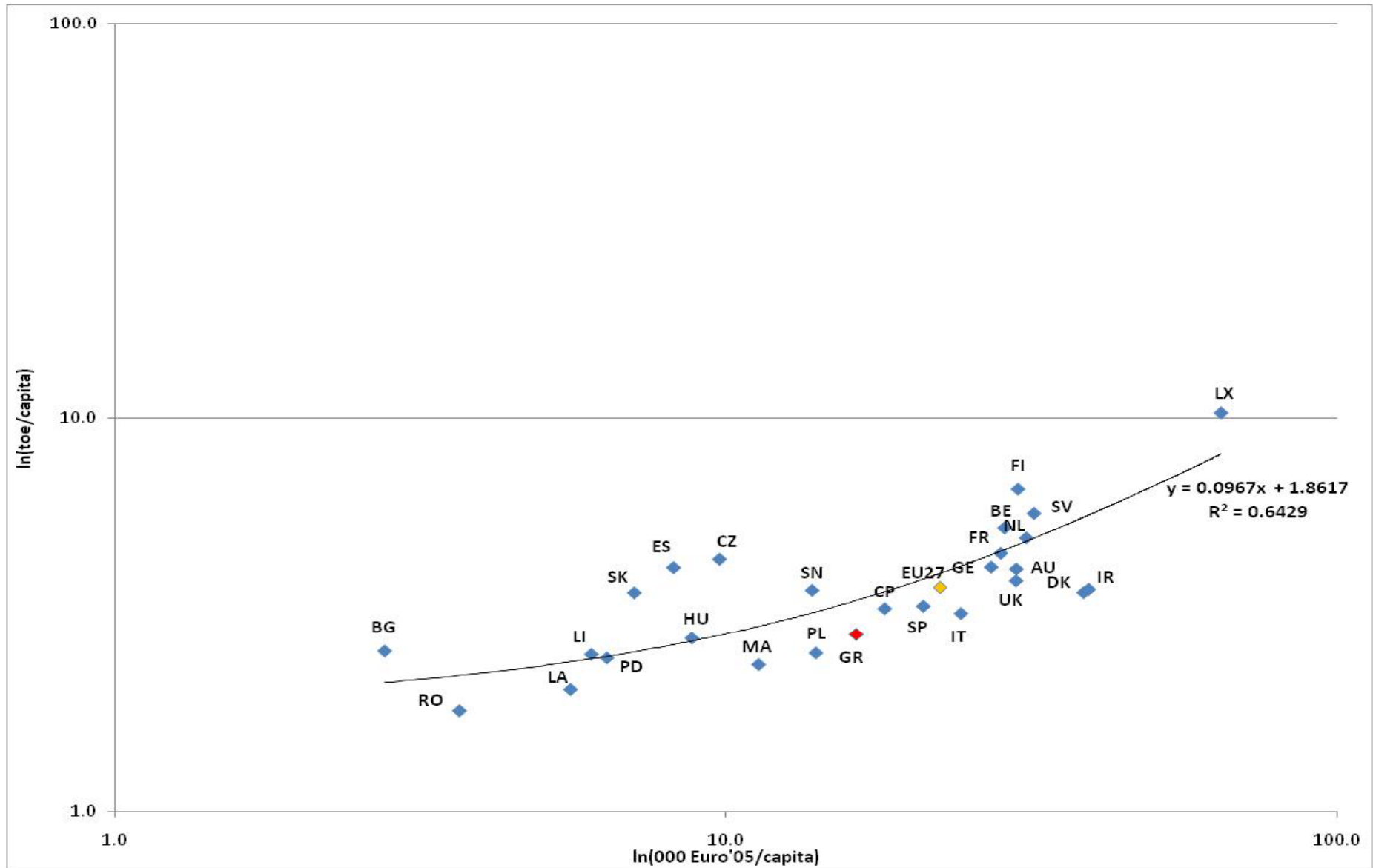
$$\ln(E) = \ln(a) + \varepsilon \cdot \ln(\text{ΑΕΠ})$$

$$y = A + Bx$$



- Απλουστευμένη πρόβλεψη με βάση σταθερή ελαστικότητα ε
 - Η ιστορική ανάλυση, αλλά και η cross-section ανάλυση, έδειξαν πως η ελαστικότητα ε εξαρτάται από το επίπεδο ανάπτυξης της χώρας:
 - οι χώρες με χαμηλό επίπεδο ανάπτυξης έχουν σημαντικά μεγαλύτερη ελαστικότητα από τις αναπτυγμένες χώρες
 - για χώρες που αναπτύχθηκαν γρήγορα ξεκινώντας από χαμηλό επίπεδο, η ελαστικότητα ήταν σημαντικά μεγαλύτερη κατά την περίοδο της χαμηλής ανάπτυξης

Συσχέτιση ενεργειακής έντασης και ΑΕΠ των χωρών μελών της Ευρωπαϊκής Ένωσης το 2005



Τιμές ελαστικότητας ενεργειακής κατανάλωσης και οικονομική ανάπτυξη

- Σε συνθήκες ανεξάντλητης διαθεσιμότητας ενεργειακών πόρων η οικονομική ανάπτυξη λαμβάνει χώρα ανεξαρτήτως τιμής της ελαστικότητας
- Σε συνθήκες σπανιότητας της ενέργειας η ελαστικότητα ενεργειακής κατανάλωσης επηρεάζει σημαντικά την οικονομική ανάπτυξη
 - Για $\varepsilon > 1$ η οικονομικής ανάπτυξης είναι αδύνατη
 - Για $\varepsilon < 1$ κάποια οικονομική ανάπτυξη είναι δυνατή, όμως περιορισμένη λόγω του γεγονότος ότι η ελαστικότητα ε είναι σταθερή
 - Αν, όμως, η ελαστικότητα ε δεν είναι σταθερή και αν μάλιστα υπάρχει τρόπος να μειώνεται σε συνθήκες σπανιότητας της ενέργειας, τότε η οικονομική ανάπτυξη αποδεδειγμένα από τους ενεργειακούς περιορισμούς και είναι πραγματοποιήσιμη
- Η μελέτη επομένως της ελαστικότητας αυτής έχει πολύ μεγάλη σημασία. Γι'αυτό απασχόλησε ευρύτατα τους αναλυτές και αποτέλεσε μάλιστα θέμα έντονων διαφωνιών.
 - Να σημειωθεί εδώ ότι, από έτος σε έτος, η ελαστικότητα παρουσιάζει σοβαρές διακυμάνσεις γιατί υπόκειται σε συγκυριακές επιρροές:
 - απότομες μεταβολές τιμών, συνθήκες προμήθειας, κλίμα κ.λπ.
 - Κατά συνέπεια η ανάλυση με βάση αυτήν την ελαστικότητα έχει νόημα σε μεσοπρόθεσμη και μακροπρόθεσμη βάση.

Ανάλυση του ενεργειακού περιεχομένου του ΑΕΠ

- Για να μπορέσει κανείς να ερμηνεύσει τις διαφορές μεταξύ των χωρών (όπως αυτές αποτυπώνονται στους δείκτες που εξετάσαμε) απαιτείται
 - η αναλυτική και λεπτομερής μελέτη της κατανάλωσης ανά χρήση και ανά τομέα και
 - η συσχέτιση της κάθε κατανάλωσης με το ΑΕΠ δηλαδή

ο προσδιορισμός του ενεργειακού περιεχομένου του ΑΕΠ

- Η πιο ενδιαφέρουσα προσέγγιση του προβλήματος αυτού αναπτύχθηκε από τον MEDINA
 - Σύμφωνα με αυτήν το ενεργειακό περιεχόμενο αναλύεται σε δύο συνιστώσες:
 - την ειδική συνιστώσα που εκφράζει την αποδοτικότητα της παραγωγής, και
 - την δομική συνιστώσα που παριστά το ειδικό βάρος ενός κλάδου μέσα στη συνολική παραγωγή, άρα είναι ένας δείκτης δομής της οικονομίας
 - Η μέθοδος αυτή μπορεί να εφαρμοστεί είτε στο επίπεδο του συνολικού ενεργειακού συστήματος είτε στο επίπεδο των επιμέρους κλάδων
- Με τη μέθοδο του MEDINA μπορούν όχι μόνο να εξηγηθούν οι διαφορές μεταξύ των χωρών, αλλά και να κατασκευασθούν οργανωμένα σενάρια μελλοντικής εξέλιξης που λαμβάνουν υπόψη τους αλλαγές δομής, την ανάπτυξη, αλλά και την μελλοντική εξοικονόμηση ενέργειας.

Η μέθοδος MEDINA

- Εστω, ότι το ενεργειακό περιεχόμενο αναλύεται σε τρεις συνιστώσες:

$$\frac{E}{\text{ΑΕΠ}} = \frac{E_B}{\text{ΑΕΠ}} + \frac{E_I}{\text{ΑΕΠ}} + \frac{E_M}{\text{ΑΕΠ}}$$

Και

$$E = E_B + E_I + E_M$$

δηλαδή η ενεργειακή κατανάλωση ισούται με το άθροισμα των καταναλώσεων στη βιομηχανία, τον ιδιωτικό τομέα και τις μεταφορές

- Στη συνέχεια, η κατανάλωση κάθε τομέα συσχετίζεται με ένα κατάλληλο δείκτη οικονομικής ή κοινωνικής δραστηριότητας που περιγράφει την ανάγκη που ικανοποιείται μέσω της ενέργειας:

$$\frac{E}{\text{ΑΕΠ}} = \frac{E_B}{V_B} \cdot \frac{V_B}{\text{ΑΕΠ}} + \frac{E_I}{V_I} \cdot \frac{V_I}{\text{ΑΕΠ}} + \frac{E_M}{V_M} \cdot \frac{V_M}{\text{ΑΕΠ}}$$

Η μέθοδος MEDINA

- Ο λόγος: E_B/V_B
παριστά την ειδική κατανάλωση ενέργειας στη βιομηχανία και μπορεί να θεωρηθεί χαρακτηριστικός της αποδοτικότητας της παραγωγής (ειδική συνιστώσα).
- Ο λόγος $V_B/AΕΠ$
παριστά το ειδικό βάρος της βιομηχανίας μέσα στη συνολική εθνική παραγωγή, άρα είναι ένας δείκτης δομής της οικονομίας (δομική συνιστώσα).
- Η εξέλιξη του ενεργειακού περιεχομένου μπορεί επομένως να προκύψει από μεταβολές
 - της αποδοτικότητας στη χρήση ενέργειας,
 - από δομικές μεταβολές της οικονομίας ή
 - και από τις δύο.

Η μέθοδος MEDINA

- Η μελέτη μπορεί να γίνει ακόμα πιο ενδιαφέρουσα αν χρησιμοποιήσει μια πιο λεπτομερή κατανομή. Έτσι η βιομηχανία μπορεί να κατατμηθεί σε κλάδους:

$$\frac{E_B}{V_B} = \sum_j \frac{E_{Bj}}{V_{Bj}} \cdot \frac{V_{Bj}}{V_B}$$

$\frac{E_{Bj}}{V_{Bj}}$ παριστά την απόδοση των εγκαταστάσεων στον j βιομηχανικό κλάδο και

$\frac{V_{Bj}}{V_B}$ το ειδικό βάρος του κλάδου στο σύνολο της βιομηχανίας

- Με τον ίδιο τρόπο οι καταναλωτές στον ιδιωτικό τομέα μπορούν να χωριστούν σε κοινωνικοοικονομικές κατηγορίες:

$$\frac{E_I}{V_I} = \sum_j \frac{E_{Ij}}{V_{Ij}} \cdot \frac{V_{Ij}}{V_I}$$

- και οι μεταφορές να κατατμηθούν κατά μεταφορικό μέσο: $\frac{E_M}{V_M} = \sum_j \frac{E_{Mj}}{V_{Mj}} \cdot \frac{V_{Mj}}{V_M}$



Ενέργεια και Ασκήση Ενεργειακής Πολιτικής

Σημειώσεις για το μάθημα
Ενεργειακή Οικονομία
Π. Κάπρος, ΣΗΜΜΗΥ, 2006

Σημασία και ρόλος της ενέργειας

1. **Ενέργεια ως υπηρεσία και οικονομικό αγαθό:** ζωτικής σημασίας για τη διαβίωση, την τροφή, την παραγωγή, τη μεταφορά
2. **Εξάντληση Πόρων και Ενεργειακές Κρίσεις:** λόγω γεωγραφικά άνισης κατανομής και ως εξαντλούμενος πόρος αιτία γεωπολιτικών κρίσεων
3. **Ενέργεια και Κεφάλαιο-Υποδομή:** μεγάλη ένταση κεφαλαίου, μακρύς χρόνος σχεδιασμού και συνάφεια με την τεχνολογική εξέλιξη
4. **Ενέργεια και Περιβάλλον:** κυρίως από την καύση ορυκτών καυσίμων, μεγάλες επιπτώσεις στο περιβάλλον, τοπικό και πλανητικό (κλιματική αλλαγή)

Ενέργεια Εμπορικό Αγαθό και Κοινή Ωφέλεια

- Διπλή φύση της ενέργειας
 - Αντικείμενο ανταγωνισμού επιχειρήσεων και απόδοσης απασχολουμένων κεφαλαίων
 - Υπηρεσία ζωτικής σημασίας για τη διαβίωση και την οικονομία, άρα η αδιάλειπτη παροχή σε ανταγωνιστικές τιμές είναι προς όφελος του δημοσίου συμφέροντος
- Διάκριση σε Κοινή υποδομή και σε τομέα Ανταγωνισμού
 - Κοινή Υποδομή: Όταν δεν συμφέρει η ανάπτυξη παράλληλων και ανταγωνιστικών υποδομών.
 - Παράδειγμα κοινά δίκτυα ηλεκτρισμού, αγωγοί φυσικού αερίου. Πρόσβαση τρίτων, ρυθμιζόμενες τιμές
 - Τομείς σε Ανταγωνισμό: εμπόριο, ηλεκτροπαραγωγή, διύλιση, ...
- Εξωτερικά κόστη σχετικά με την ενέργεια
 - Περιβάλλον (τοπικό και πλανητικό)
 - Τεχνολογική πρόοδος
 - Δημόσιο αγαθό από διασφάλιση διαθεσιμότητας

Κεντρικοί Στόχοι Ενεργειακής Πολιτικής

1. Ανταγωνιστικότητα

- Ελάχιστο δυνατό κόστος ενέργειας, λαμβάνοντας υπόψη το έμμεσο κόστος και τις επενδύσεις
- Ανταγωνιστικές τιμές για επιχειρήσεις και νοικοκυριά

2. Ασφάλεια Εφοδιασμού

- Αποφυγή διακοπής τροφοδοσίας
- Ελαχιστοποίηση γεωπολιτικών κινδύνων
- Μείωση κινδύνου αύξησης τιμών εισαγωγής

3. Προστασία Περιβάλλοντος

- Όξινη βροχή, ποιότητα αέρα, λύματα
- Κλιματική Αλλαγή – Εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα και άλλων αερίου του θερμοκηπίου

Χρειάζεται Σχεδιασμός;

- Δεν γίνεται να βελτιστοποιηθούν ταυτόχρονα και οι τρεις στόχοι
 - Ο σχεδιασμός επιδιώκει πρόσφορο συμβιβασμό μεταξύ των στόχων
 - Ο συμβιβασμός αυτός μπορεί διαχρονικά να διαφοροποιείται
 - Οι κοινωνικοί φορείς έχουν διαφορετική προτεραιότητα στους τρεις στόχους
- Παράδειγμα

Τα στερεά καύσιμα είναι σχετικά φθηνά και διαθέσιμα, αλλά ρυπογόνα. Το φυσικό αέριο είναι σχετικά καθαρό και (μέχρι πρόσφατα) φθηνό, αλλά προϋποθέτει αυξημένες εισαγωγές. Η πυρηνική ενέργεια και οι ΑΠΕ δεν δημιουργούν εξάρτηση και δεν εκπέμπουν αέρια θερμοκηπίου, αλλά είναι ακριβές ενεργειακές μορφές.

Αντικείμενα Ενεργειακού Σχεδιασμού

1. Ο σχεδιασμός επιδιώκει να προσδιορίσει το βέλτιστο μείγμα ως προς τους τρεις στόχους της ενεργειακής πολιτικής
 2. Ο σχεδιασμός επιδιώκει να προγραμματίσει βέλτιστα ή να διευκολύνει την κατασκευή των εκάστοτε θεωρούμενων ουσιωδών υποδομών
 3. Ο σχεδιασμός επιδιώκει να θέσει στόχους και να διαχειρισθεί τις 'εξωτερικότητες' μέσα στο πλαίσιο της οικονομίας
- *Και τα τρία αντικείμενα απαιτούν κοινωνική συμμετοχή και συναίνεση*

Βασική Αρχή για την Απελευθέρωση της Αγοράς

- Μόνο η ανάπτυξη της ουσιώδους υποδομής (φυσικό μονοπώλιο) τίθεται υπό κρατικό προγραμματισμό και ρύθμιση
- Πέραν της κοινής υποδομής, οι ιδιωτικές ενεργειακές επενδύσεις είναι ελεύθερες και υπόκεινται μόνο σε ατομική άδεια
- Το κράτος μπορεί να επηρεάζει τις επιχειρηματικές αυτές αποφάσεις μέσω κινήτρων και αντικινήτρων
 - Η μέγιστη κοινωνική αποτελεσματικότητα όμως επιτυγχάνεται όταν μακροχρόνια οι ατομικές – ιδιωτικές ενεργειακές επιλογές και επενδύσεις συγκλίνουν προς τη βέλτιστη κοινωνικά μίξη των στρατηγικών στόχων (ανταγωνιστικότητα, ασφάλεια, περιβάλλον)

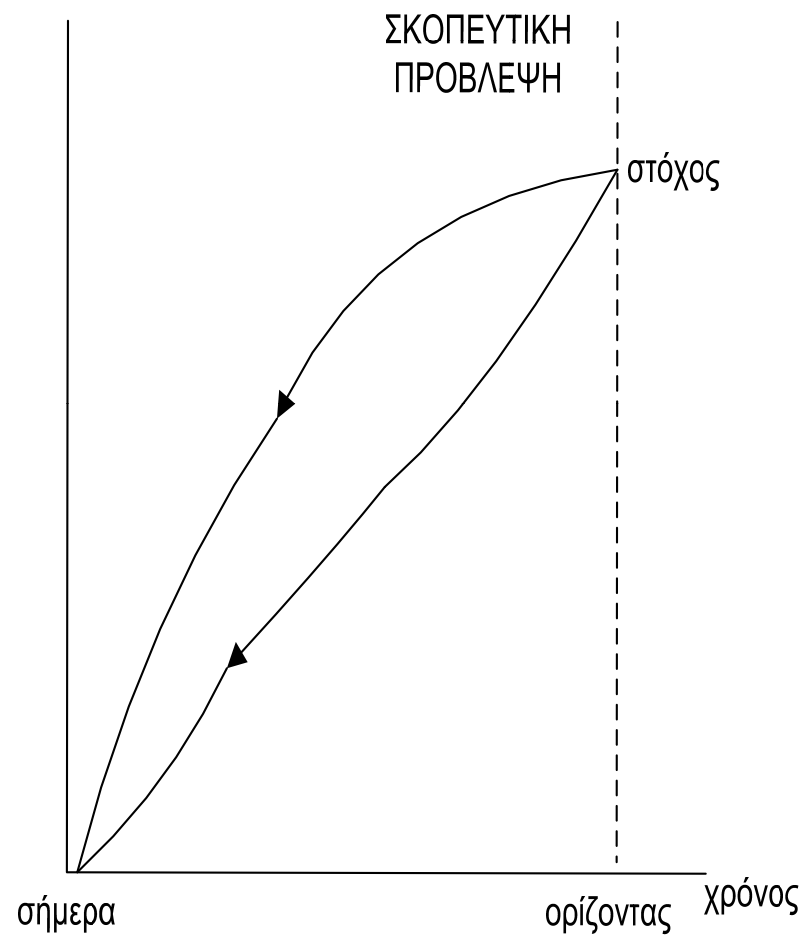
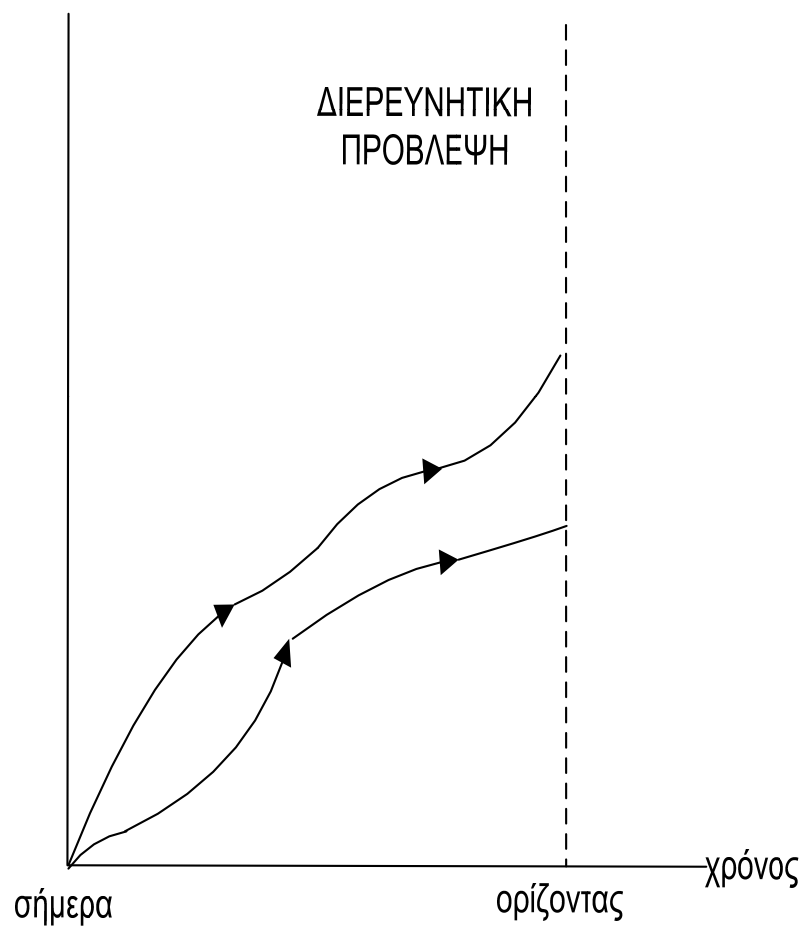
Τι περιλαμβάνει η Ενεργειακή Πολιτική

- Στοχοθέτηση για τους τρεις στόχους ενεργειακής πολιτικής και διαχείριση του εξωτερικού κόστους. Εφαρμογή για:
 1. Περιβάλλον
 2. Γεωπολιτική ασφάλεια
 3. Καθολική υπηρεσία
 4. Τεχνολογία και καινοτομία
 5. Επάρκεια επενδύσεων
- Μακροχρόνιος σχεδιασμός: σενάρια επιθυμητής εξέλιξης τους ενεργειακού συστήματος και διαχείριση ρίσκου
- Για τις ουσιώδεις υποδομές σε φυσικό μονοπώλιο: πρόγραμμα επενδύσεων και ρύθμιση πρόσβασης και τιμών
- Διευκόλυνση ανταγωνισμού και αντιμονοπωλιακή πολιτική
- Μέτρα, προδιαγραφές, κίνητρα και αντικίνητρα που επηρεάζουν τις ιδιωτικές ενεργειακές αποφάσεις και την παροχή υπηρεσιών

Ο όρος «πρόβλεψη» στην Ενεργειακή Ανάλυση

- Η αναφορά, έμμεσα ή άμεσα, σε κάποιο ζήτημα λήψης απόφασης, σημαίνει πως ο κύριος προσανατολισμός της ενεργειακής ανάλυσης είναι η μελέτη των μελλοντικών επιπτώσεων και εξελίξεων της ενέργειας, πράγμα που έχει καθιερωθεί να περιγράφεται με τον όρο “πρόβλεψη”
 - ο όρος “πρόβλεψη” δεν χρησιμοποιείται, βέβαια, με την κοινή έννοια, αλλά με την έννοια της επιστημονικής διερεύνησης των πιθανών μελλοντικών προεκτάσεων σημερινών φαινομένων. Ο όρος “πρόδειξη” έχει χρησιμοποιηθεί με ταυτόσημη έννοια.
- Χαρακτηριστικά της πρόβλεψης
 - οι πληροφορίες που θα χρησιμοποιηθούν στην πρόβλεψη προέρχονται αποκλειστικά από το παρελθόν και το παρόν
 - η πρόβλεψη έχει διερευνητικό χαρακτήρα, οπότε απαντά σε ερωτήματα του τύπου
 - “τι θα συμβεί αν...;” (διερευνητική πρόβλεψη) ή
 - “τι πρέπει, να γίνει ώστε να επιτευχθεί ο στόχος...;” (σκοπευτική πρόβλεψη)
 - Η πρόβλεψη δεν έχει βέβαια χαρακτήρα προφητείας, αλλά χρησιμεύει κυρίως στην κατανόηση των μηχανισμών ενός ενεργειακού συστήματος ώστε να βοηθηθεί η λήψη αποφάσεων και ο προγραμματισμός.

Διερευνητική έναντι Σκοπευτικής πρόβλεψης



Μεθοδολογικά εργαλεία

- Οι έρευνες και οι μελέτες που γίνονται στο πλαίσιο της ενεργειακής ανάλυσης, χρησιμοποιούν διάφορων ειδών μεθοδολογικά εργαλεία, που μπορούν να καταταχθούν σε τρεις γενικές κατηγορίες:
 - τις ποιοτικές αναλύσεις
 - τις ποσοτικές μεθόδους μεμονωμένων εξισώσεων
 - τα ολοκληρωμένα μοντέλα
 - Ο όρος μοντέλο περιγράφει ένα μαθηματικό ή αναλογικό σύστημα που αποτελεί μια νοητική απλούστευση ενός πραγματικού συστήματος. Παρ' όλο που ο όρος μοντέλο αναφερόταν αρχικά μόνο σε συστήματα προσομοίωσης, σήμερα έχει καθιερωθεί να περιλαμβάνει και συστήματα βελτιστοποίησης. Ταυτόσημοι όροι είναι το “υπόδειγμα” και το “πρότυπο”, αν και στα πλαίσια της Οικονομετρίας ο όρος “υπόδειγμα” χρησιμοποιείται και για μεμονωμένες περιπτώσεις.
- Η διάκριση αυτή είναι βέβαια μεθοδολογική, μια που στις εφαρμοσμένες μελέτες χρησιμοποιούνται, κατά κανόνα, στοιχεία, και από τις τρεις αυτές κατηγορίες.

Χαρακτηριστικά των ποιοτικών αναλύσεων

- Διακρίνονται από τις άλλες δύο κατηγορίες από το ότι δεν στηρίζουν τα αποτελέσματα τους άμεσα σε ολοκληρωμένες μαθηματικές τεχνικές, όπως ο γραμμικός προγραμματισμός, οι οικονομετρικές εξισώσεις κλπ.
- Η ποιοτική ανάλυση μπορεί να :
 - περιλαμβάνει ποσοτικά στοιχεία ή τεχνικές
 - παίρνει υπ' όψη της και τα αποτελέσματα μαθηματικών εξισώσεων και συστημάτων, δεν είναι όμως άμεσα συνδεδεμένη με αυτά
- Η ποιοτική ανάλυση έχει μεγάλη σημασία, γιατί αυτή είναι που συνθέτει και διατυπώνει, υπό μορφή θεωρίας, τα συμπεράσματα των άλλων προσεγγίσεων.
- Δίνει στοιχεία άμεσα εκμεταλλεύσιμα από τα κέντρα λήψης αποφάσεων.

Χαρακτηριστικά των ολοκληρωμένων μοντέλων

- Τα μοντέλα, μικρά ή μεγάλα, είναι συστήματα εξισώσεων εγκατεστημένα, κατά κανόνα, σε ηλεκτρονικό υπολογιστή
- Παρόλο που κάθε μοντέλο κατασκευάζεται με αφορμή κάποιο συγκεκριμένο ενεργειακό πρόβλημα, συνήθως αυτονομείται από το πρόβλημα αυτό, και μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για άλλα λιγότερο ή περισσότερο σχετικά προβλήματα.
- Αυτό το γεγονός θα θεωρήσουμε σαν το στοιχείο που διακρίνει τα μοντέλα από μεμονωμένες εξισώσεις ή ακόμα και συστήματα εξισώσεων που ανήκουν στην δεύτερη από τις κατηγορίες που προαναφέρθηκαν και που είναι αποκλειστικά συνδεδεμένα με τη μελέτη συγκεκριμένων προβλημάτων

Μεθοδολογικές οπτικές της Ενεργειακής Ανάλυσης

- Η συστημική ανάλυση (systems analysis)
 - Η συστημική προσέγγιση ενός θέματος (π.χ. ενέργεια, τεχνολογία κλπ.) αποτελεί μία ολοκληρωμένη μεθοδολογική οπτική που εξετάζει το αντικείμενο της σαν ένα σύστημα.
 - αντιμετωπίζει το ενεργειακό σύστημα σαν ένα ενιαίο σύνολο, το περιχαρακώνει και προσδιορίζει τις αλληλεπιδράσεις που έχει με το περιβάλλον του.
 - διαιρεί το σύστημα σε υποσυστήματα που βρίσκονται κι αυτά σε αλληλεπίδραση
 - ο άμεσος στόχος είναι να ερμηνευθεί η συμπεριφορά του συστήματος - εφόσον είναι γνωστές οι αλληλεπιδράσεις των υποσυστημάτων - και να επιτευχθεί ο έλεγχος του, δηλαδή να προσδιορισθούν οι παράμετροι ελέγχου που θα προσδώσουν στο σύστημα την επιθυμητή συμπεριφορά.
 - Οι δυο αυτοί στόχοι αντιστοιχούν στη χρήση του συστήματος στα πλαίσια προσομοίωσης και βελτιστοποίησης.

Μεθοδολογικές οπτικές της Ενεργειακής Ανάλυσης

- Η ανάλυση επιπτώσεων (impact analysis)
 - η ανάλυση των επιπτώσεων είναι μία μεθοδολογική κατηγορία που περιλαμβάνει τη μελέτη των κάθε είδους επιπτώσεων μιας απόφασης, ενός μέτρου πολιτικής ή ενός προγράμματος
 - σαν επιπτώσεις θεωρούνται οι μακροοικονομικές, μικροοικονομικές, κοινωνικές, περιβαλλοντολογικές κλπ. συνέπειες της απόφασης
 - η ανάλυση των επιπτώσεων ανήκει στην κατηγορία των μελετών προσομοίωσης
 - παρόλο που αφορά το μέλλον, ο στόχος της δεν είναι η διερεύνηση του μέλλοντος αλλά η μελέτη των μηχανισμών ενός συστήματος
 - η αναφορά στο χρόνο έχει αποκλειστικά τον χαρακτήρα της διερεύνησης πάνω στη δυναμική διάσταση του συστήματος και γι'αυτό αναφέρονται δύο κατηγορίες αναλύσεων των επιπτώσεων, η δυναμική και η στατική ανάλυση
 - η ανάλυση των επιπτώσεων έχει άμεση χρησιμότητα στη λήψη των αποφάσεων, αφού μελετά τα πλαίσια των ίδιων των κριτηρίων της απόφασης

Οι μελέτες στην Ενεργειακή Ανάλυση

- Είναι μεγάλο το πλήθος των θεμάτων των μελετών που εκπονούνται στα πλαίσια της ενεργειακής ανάλυσης
 - πραγματοποιούνται είτε με σκοπό την επίλυση κάποιου συγκεκριμένου προβλήματος (εφαρμοσμένες)
 - είτε με σκοπό τη διερεύνηση κάποιου θεωρητικού προβλήματος (θεωρητικές)
- Πέραν της μεθοδολογικής οπτικής και των μεθοδολογικών εργαλείων που χρησιμοποιούνται οι μελέτες διακρίνονται και ως προς τα κριτήρια που άπτονται της διαδικασίας λήψης της απόφασης:
 - τον σκοπό της μελέτης
 - το επίπεδο λήψης απόφασης, όπου, άμεσα ή έμμεσα, αναφέρεται η μελέτη

Ενδεικτικά παραδείγματα εφαρμοσμένων θεμάτων ενεργειακών μελετών

ΣΚΟΠΟΣ			ΕΠΙΠΕΔΟ ΜΕΛΕΤΗΣ	
Διερεύνηση των μελλοντικών εξελίξεων για την πρόβλεψη και τον προγραμματισμό	1		A	Παγκόσμιο, διεθνές
Βοήθεια στη λήψη συγκεκριμένων αποφάσεων και μέτρων πολιτικής	2	B	Εθνικό	
		Γ	Περιφερειακό	
Στατιστικοί και ενεργειακοί υπολογισμοί	3	Δ	Κλάδος κατανάλωσης ή παραγωγής	
Τεχνικο-οικονομικοί υπολογισμοί	4	Ε	Μεμονωμένος καταναλωτής ή παραγωγός	

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΘΕΜΑΤΩΝ

- 1-A: Μελέτη της προσφοράς και ζήτησης ενέργειας για την ανθρωπότητα του 2000-2050.
- 1-B: Κατασκευή του μακροπρόθεσμου ενεργειακού προγράμματος μιας χώρας.
- 1-Γ: Πρόγραμμα επενδύσεων για την ενεργειακή ανάπτυξη ενός Νομού.
- 2-A: Μηχανισμοί διαμόρφωσης της διεθνούς τιμής του πετρελαίου.
- 2-B: Επιπτώσεις στην απασχόληση του 5ετούς ενεργειακού προγράμματος.
- 2-Γ: Κίνητρα για την εγκατάσταση ηλιακών συλλεκτών στην πόλη.
- 2-Δ: Πολιτική τιμών της ηλεκτρικής ενέργειας.
- 2-E: Σκοπιμότητα επενδύσεως για εξοικονόμηση ενέργειας σε μια βιομηχανία.
- 3-A: Παγκόσμια αποθέματα πετρελαίου.
- 3-B: Ισοζύγια σε χρήσιμη ενέργεια.
- 3-Γ: Υπολογισμός των μέγιστων δυνατοτήτων εξοικονόμησης ενέργειας.
- 3-Δ: Επιπτώσεις στο ενεργειακό περιεχόμενο από την αντικατάσταση του πετρελαίου με άνθρακα.
- 4-E: Τεχνικο-οικονομική μελέτη της παραγωγής ενέργειας από βιομάζα για μία αγροτική μονάδα.



ΣΤ: Πρόβλεψη της Ζήτησης Ενέργειας

Σημειώσεις για το μάθημα
Ενεργειακή Οικονομία
Π. Κάπρος, ΣΗΜΜΗΥ, 2006

Αντικείμενο της πρόβλεψης της ζήτησης ενέργειας

- Ποσοτική εκτίμηση των αναγκών σε ενέργεια και ενεργειακά προϊόντα των διαφόρων κατηγοριών καταναλωτών ενέργειας και των τρόπων επηρεασμού τους

2030	Βιομηχανία	Οικιακός	Υπηρεσίες	Γεωργία	Μεταφορές
Διεργασίες					
Ηλεκτρικές χρήσεις					
Θερμότητα Ψύξη					
Μηχανές					
Οχήματα					
ΩΦΕΛΙΜΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ					
Ηλεκτρισμός					
Καύσιμα					
.....					

Σημασία της πρόβλεψης της ζήτησης

- Ενέργεια ζωτικής σημασίας για τη διαβίωση και την οικονομία
 - Επομένως πρέπει οπωσδήποτε να καλύπτεται η ζήτηση, δεν επιτρέπεται η προσφορά ενέργειας να είναι μικρότερη της ζήτησης
- Απαιτείται η δυναμικότητα της προσφοράς να είναι μεγαλύτερη της προβλεπόμενης ζήτησης ώστε να υπάρχει περιθώριο ασφαλείας σχετικά με την κάλυψη της ζήτησης
 - Περιθώριο εφεδρείας στη δυναμικότητα προσφοράς ενέργειας (αξιοπιστία)
- Η προσφορά ενέργειας είναι ιδιαίτερα μεγάλης έντασης κεφαλαίου
 - Τυχόν αστοχία της πρόβλεψης της ζήτησης ή τυχόν υπερβολικό περιθώριο εφεδρείας μπορεί να οδηγήσει σε υπερβολικές επενδύσεις στην προσφορά ενέργειας, άρα σε μη ορθολογικό κόστος για την οικονομία

Σημασία της πρόβλεψης της ζήτησης

- Ο χρόνος κατασκευής νέων υποδομών ενέργειας είναι μεγάλος και ο χρόνος ζωής των υποδομών είναι μακρύς
 - Επομένως η τυχόν αστοχία της πρόβλεψης της ζήτησης μπορεί να οδηγεί σε αστοχία του προγράμματος νέων ενεργειακών επενδύσεων παραγωγής και δικτύων, με μεγάλες οικονομικές επιπτώσεις
- Η πρόβλεψη της ζήτησης ενέργειας περιλαμβάνει και ανάλυση των πολιτικών ή μέτρων με τα οποία μπορεί η ζήτηση να επηρεασθεί, δηλαδή να μετριάζεται η αύξησή της ή και να μειωθεί
 - Π.χ. φόροι στην ενέργεια, τεχνικές προδιαγραφές ενεργειακών συσκευών, κίνητρα για επενδύσεις εξοικονόμησης ενέργειας, κλπ.
- Επομένως απαιτείται να ευρεθεί η βέλτιστη κατανομή των επενδύσεων μεταξύ προσφοράς και ζήτησης, όχι απλά η πρόβλεψη της ζήτησης
 - **DSM Demand Side Management**

Δυσκολία της πρόβλεψης της ζήτησης ενέργειας

- Η ζήτηση ενέργειας δεν είναι αυτοσκοπός αλλά γίνεται για την ικανοποίηση αναγκών διαβίωσης ή παραγωγής ή μεταφορών
 - Άρα η πρόβλεψη δεν είναι τεχνικοοικονομική βελτιστοποίηση αλλά περιλαμβάνει πρόβλεψη εξέλιξης της οικονομίας και του τρόπου ζωής, πρόβλεψη συμπεριφοράς καταναλωτών, και πρόβλεψη σχετικά με την επιλογή τεχνολογιών από τους καταναλωτές
- Σε αντίθεση με τον προγραμματισμό της προσφοράς ενέργειας όπου δραστηριοποιούνται λίγες επιχειρήσεις, ο τομέας της ζήτησης περιλαμβάνει χιλιάδες πρόσωπα που αποφασίζουν (καταναλωτές)
 - Ανομοιογένεια μεταξύ κατηγοριών καταναλωτών (βιομηχανία, κτίρια, μεταφορές)
 - Ανομοιογένεια καταναλωτών και εντός της ίδιας κατηγορίας καταναλωτών (πολυκατοικίες, μονοκατοικίες, αγροτικά σπίτια, κλπ.)

Δομή της Απόφασης Καταναλωτή

Δραστηριότητα η οποία δικαιολογεί την ανάγκη για ενέργεια

- Εξέλιξη δραστηριότητας
- Πρόβλεψη ωφέλιμης ενέργειας
- Συμπεριφορά ή τεχνολογία που επηρεάζει την ωφέλιμη ενέργεια

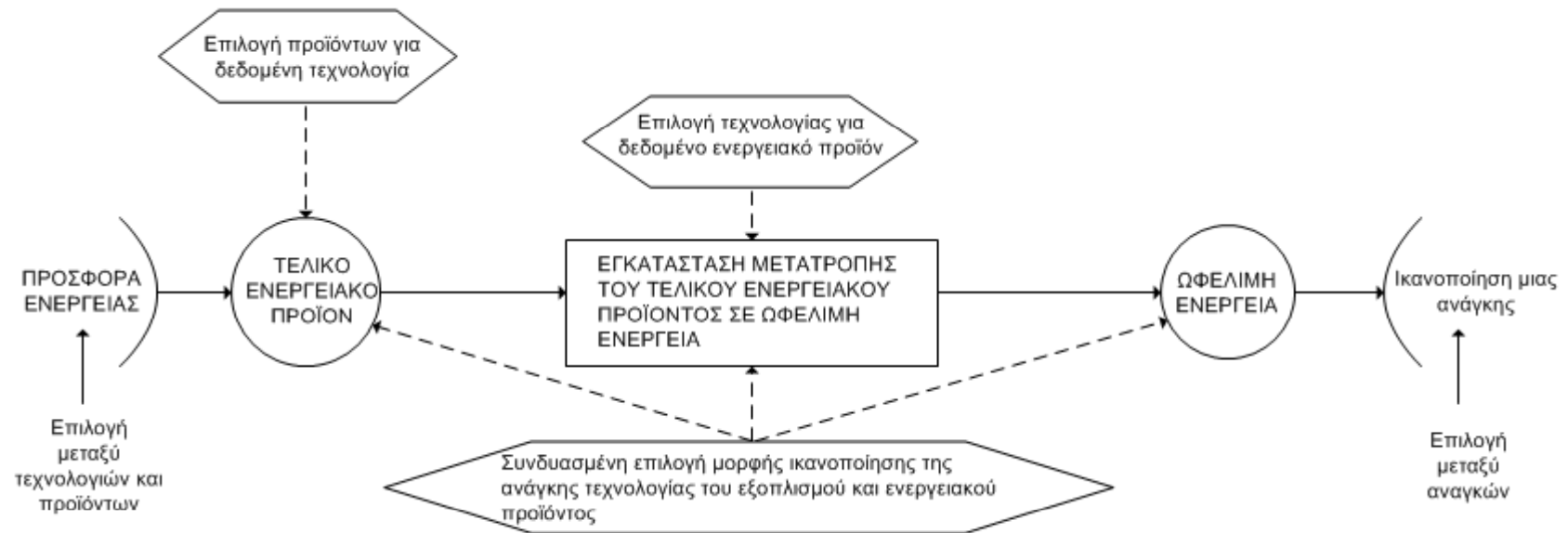
Τεχνικοοικονομική βελτιστοποίηση της επιλογής τεχνολογίας εξοπλισμού για την μετατροπή της τελικής ενέργειας σε ωφέλιμη ενέργεια

- Βασική Υποδομή (κτίριο, είδος οχήματος, διεργασία)
- Είδος εξοπλισμού μετατροπής της ενέργειας
- Απόφαση τυχόν πρόωρης αντικατάστασης εξοπλισμού

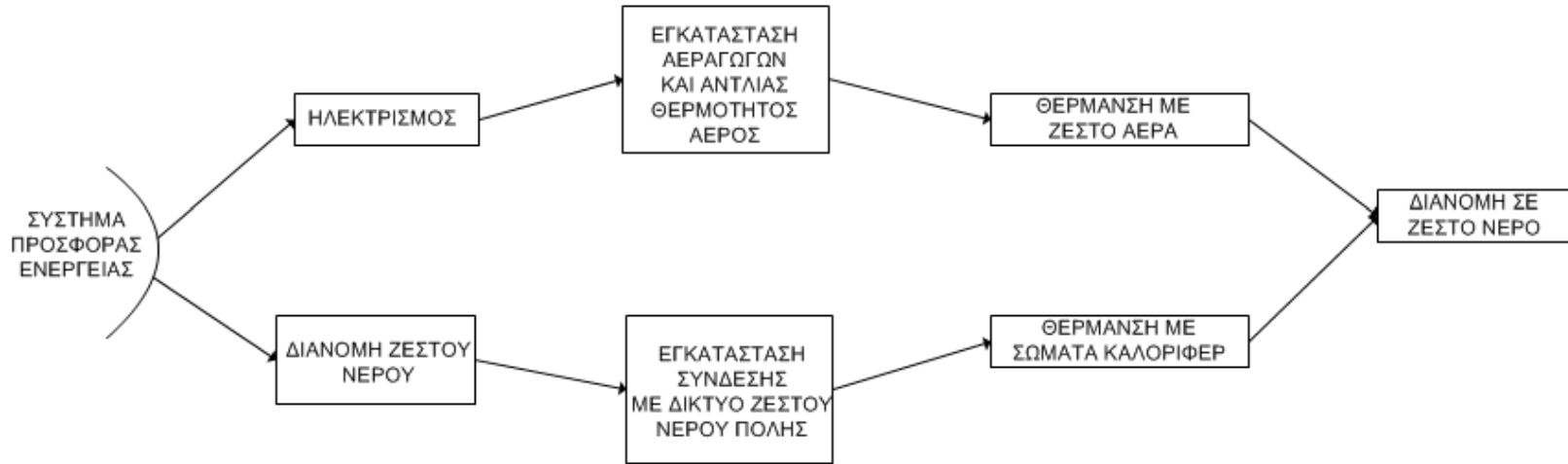
Τεχνικοοικονομική βελτιστοποίησης σχετικά με την αγορά ενεργειακών προϊόντων

- Δυνατότητα αλλαγής καυσίμου για τον ίδιο εξοπλισμό
- Επιλογή προμηθευτή
- Συμπεριφορά σχετικά με τη χρήση του εξοπλισμού

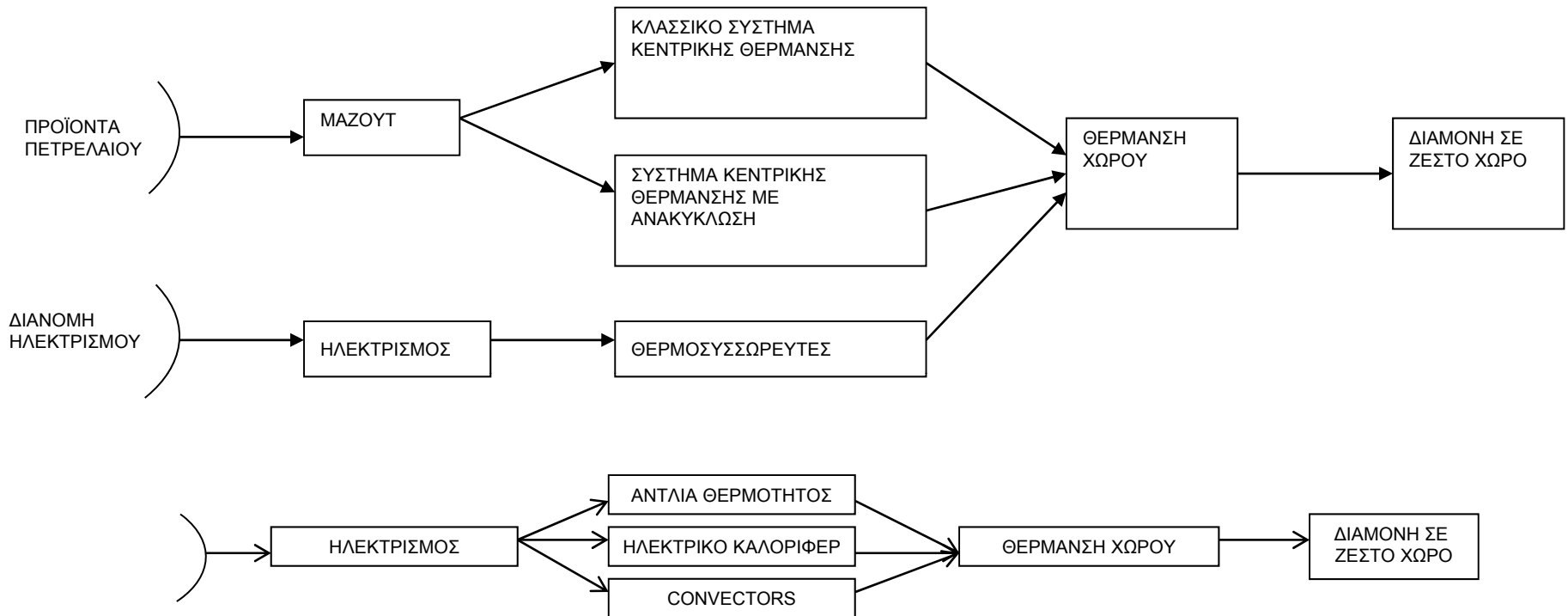
Δομή απόφασης καταναλωτή



Παραδείγματα



Παραδείγματα



Δυναμική της πρόβλεψης ζήτησης ενέργειας

ΒΡΑΧΥΠΡΟΘΕΣΜΗ ΑΝΑΛΥΣΗ

Μεταβολή του ποσοστού χρησιμοποίησης της δυναμικότητας του υφισταμένου εξοπλισμού

ΜΕΣΟΠΡΟΘΕΣΜΗ ΚΑΙ ΜΑΚΡΟΠΡΟΘΕΣΜΗ ΑΝΑΛΥΣΗ

- Αλλαγή παλαιού εξοπλισμού
- Εξοικονόμηση και υποκαταστάσεις μεταξύ ενεργειακών προϊόντων
- Υποκαταστάσεις μεταξύ ενεργειακών και μη ενεργειακών προϊόντων και συντελεστών παραγωγής

ΜΑΚΡΟΠΡΟΘΕΣΜΗ ΑΝΑΛΥΣΗ

- Νέα βιομηχανική οργάνωση
- Νέοι τρόποι ζωής

Δομή ποσοτικής πρόβλεψης της ζήτησης ενέργειας



- $\Omega = \alpha A$
 - A δραστηριότητα
 - Ω ωφέλιμη ενέργεια
 - α συντελεστής (ένταση)
- $\omega_i = \mu_i \Omega$
 - μ μερίδια διαφορετικών χρήσεων i
- $E_i = 1/n \omega_i$
 - E_i τελική ενέργεια
 - n βαθμός απόδοσης
- $E_{ji} = m_{ji} E_i$
 - m_{ji} μερίδια