

Ενεργειακοί πόροι και ΑΠΕ

Δημήτρης Καραμάνης

Καθηγητής Εναλλακτικών Πηγών Ενέργειας

Στ' Εξάμηνο ΠΠΣ Μηχανικών Περιβάλλοντος και ΠΠΣ ΔΠΦΠ

Περίγραμμα Μαθήματος

1. Εισαγωγή (κατανάλωση ενέργειας και περιβαλλοντικά προβλήματα, σενάρια αύξησης ενεργειακής κατανάλωσης, βασικές έννοιες, ενεργειακές μετατροπές),
2. Πηγές Ενέργειας (Γενικά περί συμβατικών και εναλλακτικών πηγών ενέργειας, ενεργειακό ισοζύγιο, συμμετοχή ενεργειακών πηγών στην Ελλάδα και παγκοσμίως),
3. Ορυκτά καύσιμα, πυρηνική ενέργεια και περιβαλλοντικές επιπτώσεις
4. Ηλιακό δυναμικό,
5. Ηλιοθερμικά συστήματα,
6. Φωτοβολταϊκά στοιχεία,
7. Φωτοβολταϊκά συστήματα,
8. Αιολικό δυναμικό,
9. Αιολική ενέργεια και τεχνολογία ανεμογεννητριών,
10. Υδατικό δυναμικό και μικρά υδροηλεκτρικά συστήματα,
11. Γεωθερμική ενέργεια- Βιοενέργεια
12. Περιβαλλοντική αξιολόγηση συστημάτων ΑΠΕ
13. Επανάληψη μαθήματος

Βιβλιογραφία

Περιβάλλον & Ενέργεια, Εργαστηριακές Ασκήσεις, Σημειώσεις, Δ. Καραμάνης, Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων, 2010.

1. Συμβατικές & Ήπιες Μορφές Ενέργειας, Κ. Μπαλαράς, Α. Αργυρίου, Φ. Καραγιάννης, Εκδόσεις ΕΚΔΟΤΙΚΗ, Αθήνα 2006.
2. Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας, Θ. Τσούτσος, Ι. Κανάκης, Εκδόσεις Παπασωτηρίου, 2016
3. Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας , Δ. Ασημακόπουλος, Γ. Αραμπατζής, Α. Αγγέλης-Δημάκης, Α. Καρταλίδης, Γ. Τσιλιγκιρίδης, Εκδόσεις Σοφία, 2015
4. Υπολογιστικές εφαρμογές ήπιων μορφών ενέργειας, Αιολική ενέργεια: Μικρά υδροηλεκτρικά, Καλδέλλης Ι., Καββαδίας Κ., Εκδόσεις Σταμούλη, Αθήνα 2005.
5. Υπολογιστικές εφαρμογές ήπιων μορφών ενέργειας, Ηλιακή ακτινοβολία, φωτοβολταϊκές εγκαταστάσεις, ηλιακά θερμικά συστήματα, Καββαδίας Κ., Καλδέλλης Ι., Σπυρόπουλος Γ., Εκδόσεις Σταμούλη, Αθήνα 2007.
6. Εναλλακτικές Μορφές Ενέργειας (ΦΒ συστήματα, Αιολικά Συστήματα, Υβριδικά Συστήματα), Β. Μπιτζιώνης, Δ. Μπιτζιώνης, Εκδόσεις Τζόλα, 2011
7. Ήπιες Μορφές Ενέργειας, Γ. Παπαιωάννου, Εκδόσεις Ίων, 2009.
8. Αιολική ενέργεια & Ανεμογεννήτριες, J.J. Walker, N. Jenkins, Εκδόσεις Ίων, 2008.
9. Renewable Energy, B. Sorensen, Elsevier Science & Technology, 2004.
10. Renewable Energy Conversion, Transmission, and Storage, B. Sorensen, Elsevier Science & Technology, 2007.
11. Renewable Energy Resources, J. Twidell, A.D. Weir, Taylor&Francis, 2005.
12. Handbook of Energy Efficiency and Renewable Energy, Συλλογή, Taylor&Francis, 2007.

Θεμελιώδη Μεγέθη

Μήκος (length)	μέτρο (metre)	m
Μάζα (mass)	χιλιόγραμμα (kilogram)	kg
Χρόνος (time)	δευτερόλεπτο (second)	s
Ηλεκτρικό Ρεύμα (electric current)	αμπέρ (ampere)	A
Θερμοκρασία (temperature)	Kelvin	K
Φωτεινή ένταση (luminous intensity)	candella	cd
Γωνία (angle)	radian	rad
Στερεά γωνία (solid angle)	steradian	sr

Παράγωγα Μεγέθη			
Ενέργεια (energy)	joule	J	$\text{kg m}^2 \text{s}^{-2}$
Ισχύς (power)	watt	W	J s^{-1}
Δύναμη (force)	newton	N	J m^{-1}
Ηλεκτρικό Φορτίο (electric charge)	coulomb	C	A s
Διαφορά Δυναμικού (potential difference)	volt	V	$\text{J A}^{-1} \text{s}^{-1}$
Πίεση (pressure)	pascal	Pa	N m^{-2}
Ηλεκτρική αντίσταση (electric resistance)	ohm	Ω	V A^{-1}
Ηλεκτρική χωρητικότητα (electric capacitance)	farad	F	A s V^{-1}
Μαγνητική ροή (magnetic flux)	weber	Wb	V s
Πυκνότητα μαγνητικής ροής (magnetic flux density)	tesla	T	V s m^{-2}
Ένταση φωτισμού (illumination)	lux	lx	cd sr m^{-2}
Συχνότητα (frequency)	hertz	Hz	cycle s^{-1}

Δυνάμεις του 10

Multiplier	Symbol	Prefix	Etymology
10^{24}	Y	yotta	corrupted Italian <i>otto</i> = eight, 1000^8
10^{21}	Z	zetta	corrupted Italian <i>sette</i> = seven, 1000^7
10^{18}	E	exa	corrupted Greek <i>hexa</i> = six, 1000^6
10^{15}	P	peta	corrupted Greek <i>penta</i> = five, 1000^5
10^{12}	T	tera	from Greek <i>teras</i> = monster
10^9	G	giga	from Greek <i>gigas</i> = giant
10^6	M	mega	from Greek <i>megas</i> = great
10^3	k	kilo	from Greek <i>khilioi</i> = thousand
10^2	h	hecto	from Greek <i>hekton</i> = ten
10^1	da	deca	from Greek <i>deka</i> = ten
10^{-1}	d	deci	from Latin <i>decimus</i> = tenth
10^{-2}	c	centi	from Latin <i>centum</i> = hundred
10^{-3}	m	milli	from Latin <i>mille</i> = thousand
10^{-6}	μ	micro	from Greek <i>mikros</i> = small
10^{-9}	n	nano	from Latin <i>nanus</i> = dwarf
10^{-12}	p	pico	from Spanish <i>pico</i> = little bit
10^{-15}	f	femto	from Danish <i>femten</i> = fifteen
10^{-18}	a	atto	from Danish <i>atten</i> = eighteen
10^{-21}	z	zepto	adapted Latin <i>septem</i> = seven, 1000^{-7}
10^{-24}	y	yocto	adapted Latin <i>octo</i> = eight, 1000^{-8}

Ορισμός της ενέργειας (energy) (λεξικό Οξφόρδης)

- Η δύναμη και η ζωτικότητα που απαιτούνται για τη διαρκή σωματική ή πνευματική δραστηριότητα (cal)
- Η ισχύς που προέρχεται από τη χρήση φυσικών ή χημικών πόρων, ειδικά για την παροχή φωτός και θερμότητας ή για την εργασία των μηχανών για κάποιο χρονικό διάστημα ($E=P \cdot t \rightarrow Wh$)
- Η ιδιότητα της ύλης και της ακτινοβολίας που εκδηλώνεται ως ικανότητα να εκτελεί εργασία (όπως η πρόκληση κίνησης ή η αλληλεπίδραση μορίων) (J)

Εμφάνιση ως όρος στα μέσα 16^{ου} αιώνα από τη γαλλική λέξη *énergie* ή τη λατινική που προήλθαν από την Ελληνική λέξη ενέργεια (εν+έργον)

Έννοια: Επιστημονική, Τεχνολογική, Οικονομική

Ενέργεια:

Ικανότητα ενός σώματος ή συστήματος σωμάτων να παράγει έργο ή να μεταβάλλει την κινητική του κατάσταση

Έργο:

Μηχανικό

$$W = \int_a^b \vec{F} \bullet d\vec{x} \quad \text{και} \quad \dot{W} = \vec{F} \bullet \frac{d\vec{x}}{dt} = \vec{F} \bullet \vec{V}$$

(βαθμωτό μέγεθος εσωτερικού γινομένου διανυσμάτων δύναμης – μετατόπισης)

Ηλεκτρικό

$$W = Q \int_a^b \mathbf{E} \cdot d\mathbf{r} = Q \int_a^b \frac{\mathbf{F}_E}{Q} \cdot d\mathbf{r} = \int_a^b \mathbf{F}_E \cdot d\mathbf{r}$$

όπου Q είναι το φορτίο του σωματιδίου, q , το μοναδιαίο φορτίο, E είναι το ηλεκτρικό πεδίο όπου σε κάποια θέση είναι η δύναμη στη θέση αυτή προς το μοναδιαίο φορτίο, F_E είναι η δύναμη Coulomb, r η μετατόπιση

Όλες οι σύγχρονες μηχανές παράγουν έργο και καταναλώνουν πηγές ενέργειας

Ενέργεια:

Σωματιδιακής ύλης

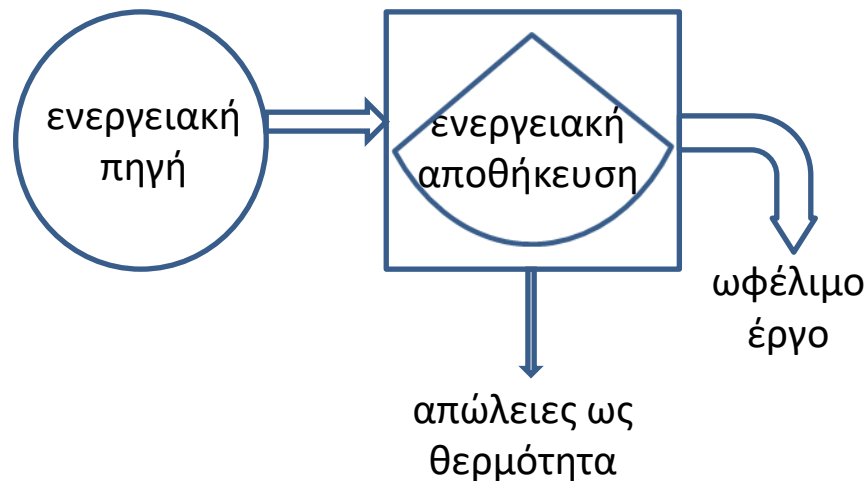
1. Κινητική Ενέργεια $T=1/2 m U^2$ (μεταφορική), $T=1/2 \theta \omega^2$ (περιστροφική)
2. Δυναμική Ενέργεια $E_\Delta = -G M_\Gamma m/(R_\Gamma+h)$, $V=1/2 k X^2$, $G=U+pV-TS$, $V_{\text{Yukawa}}=-g^2 e^{-\mu r}/r$
3. Ενέργεια Ισοδύναμης Μάζας, $E=mc^2$, $m=m_0/(1-u^2/c^2)^{1/2}$

Μεταβολή των παραπάνω οδηγούν σε μακροσκοπικές ενεργειακές μετατροπές που μπορούν να έχουν διάφορες μορφές αλληλομετατροπής: μηχανική, ηλεκτρική, χημική, φωτεινή, πυρηνική, δυναμική, θερμότητα

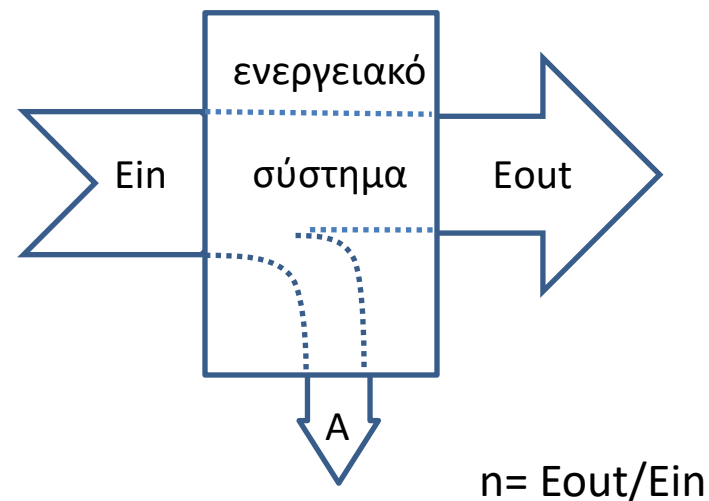
- Μηχανική-Ηλεκτρική (Ηλεκτρικός κινητήρας, Δυναμό)
- Μηχανική-άνθρωπος (μουϊκή)
- Ηλεκτρική-Φωτεινή (φωτοβολταικά-λάμπες)
- Μηχανική-Θερμότητα (τριβές-ατμομηχανή)
- Χημική –Φωτεινή (φωτοσύνθεση)
- Θερμότητα-Δυναμική στη Γη (εξάτμιση-βροχή)
- Χημική-Ηλεκτρική (μπαταρίες-ηλεκτρόλυση)
- Θερμότητα –Ηλεκτρική (σπινθήρας-θερμοζεύγοι)

Θερμότητα: ενέργεια που μεταφέρεται από ένα σώμα σε ένα άλλο ή από ένα σημείο του σώματος σε ένα διαφορετικό σημείο λόγω διαφοράς θερμοκρασίας και γίνεται είτε με αγωγή ($\Delta Q=mc\Delta T$), ή με ακτινοβολία ($E=hf$), ή με μεταφορά μάζας

Ενεργειακή μετατροπή



Απόδοση ενεργειακής μετατροπής



Απώλειες μεταφοράς και μετατροπών ενέργειας στην Ευρώπη: 80%



Μονάδες μέτρησης ενέργειας

Σχέσεις μονάδων

1 Joule (Τζάουλ)	0.239 cal
1 cal (θερμίδα)	4.184 J
1 kWh (Κιλοβατώρα)	3.600.000 J
1 BTU	1055.06 J
1 quad	10^{15} BTU = 1.06×10^{18} J
1 toe (ton oil equiv)	11.63 MWh = 4.19×10^{10} J = 41.9 GJ
1 tce (ton coal equiv)	29.3 GJ
1 bbl (barrels oil equiv)	5.74 GJ
1 eV	1.6021×10^{-19} J
1 m ³ φυσικό αέριο	3.4×10^7 J
1 L βενζίνης	3.2×10^7 J

Ισχύς = $P = dW / dt$ (ρυθμός παραγωγής έργου)

1 W = 1 J/s, 1 hp = 746 W

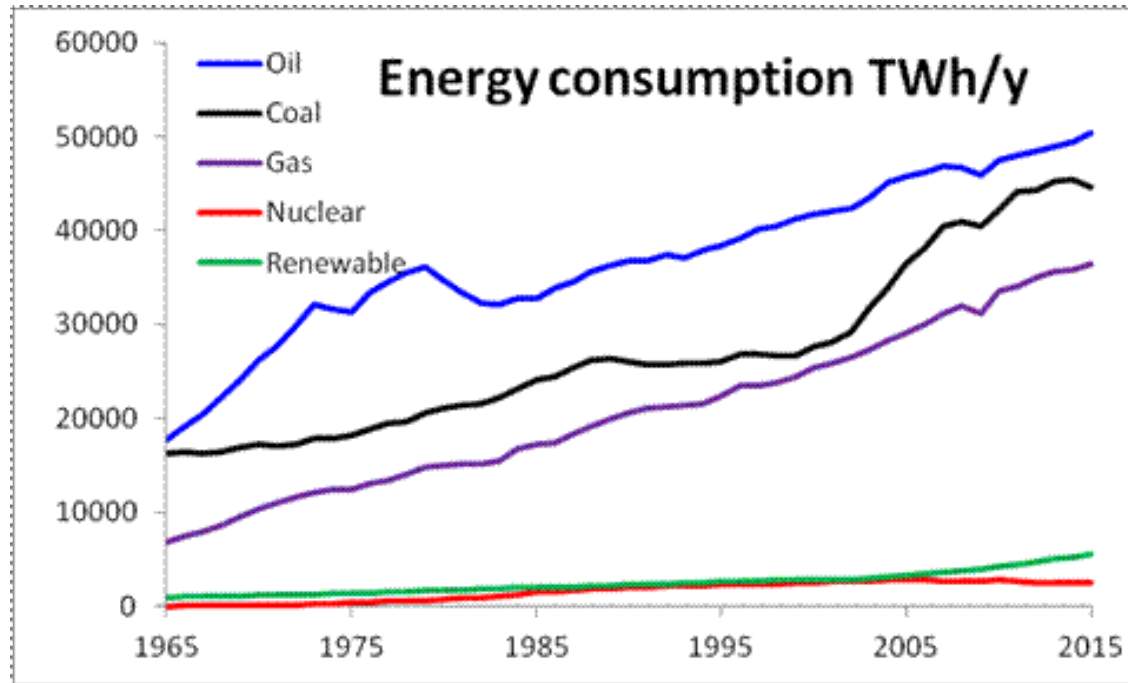
Έντομο που πετάει	1 mW ή 0,001 W
Καρδιά του ανθρώπου	1 W
Άνθρωπος που εργάζεται	75 W
Ηλεκτρικός λαμπτήρας	100 W (σε μία μέρα καταναλώνει 2.4 kWh)
Ηλεκτρικό ψυγείο	150 W
Άλογο που καλπάζει	1000 W ή 1 kW
Θερμοσίφωνας	3 kW
Κινητήρας αυτοκινήτου	1400 cm ³ 56 kW
Κινητήρας αεροπλάνου Boeing 707	21 MW
Ατμοηλεκτρικός Σταθμός ΔΕΗ	1200 MW

Παγκόσμια Ενεργειακή Κατανάλωση

- ☞ Η τελική ετήσια παγκόσμια κατανάλωση (2015):
~ 4×10^{20} Joule ~ 13 TW x year ~ 372 quad ~ 9.6 Gtoe (24% ηλεκτρισμός)
(1 quad = 10^{15} btu = 1.06×10^{18} Joule)

Ευρώπη: 125 kWh ανά ημέρα ανά άτομο

Αμερική: 250 kWh ανά ημέρα ανά άτομο



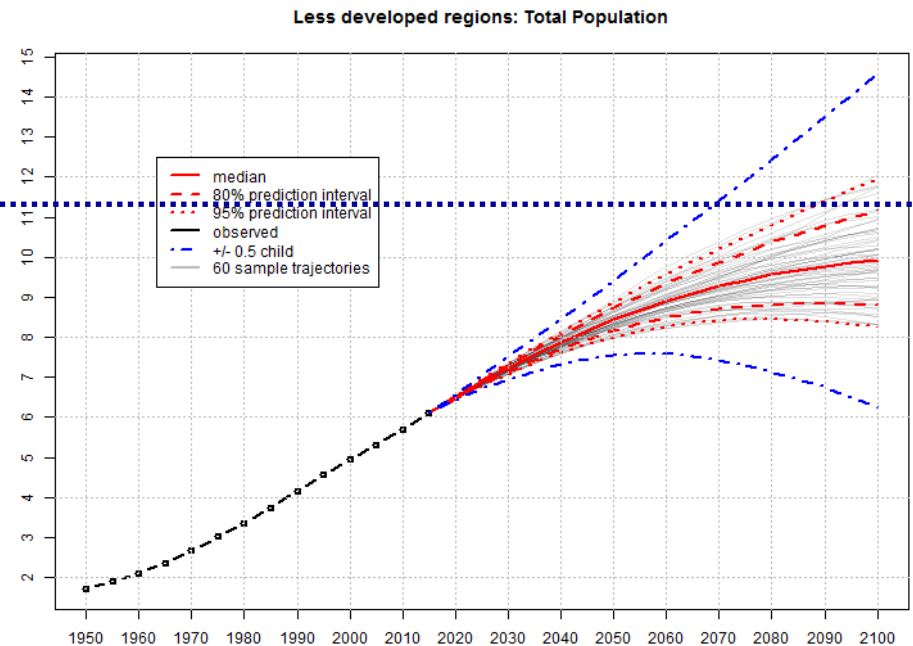
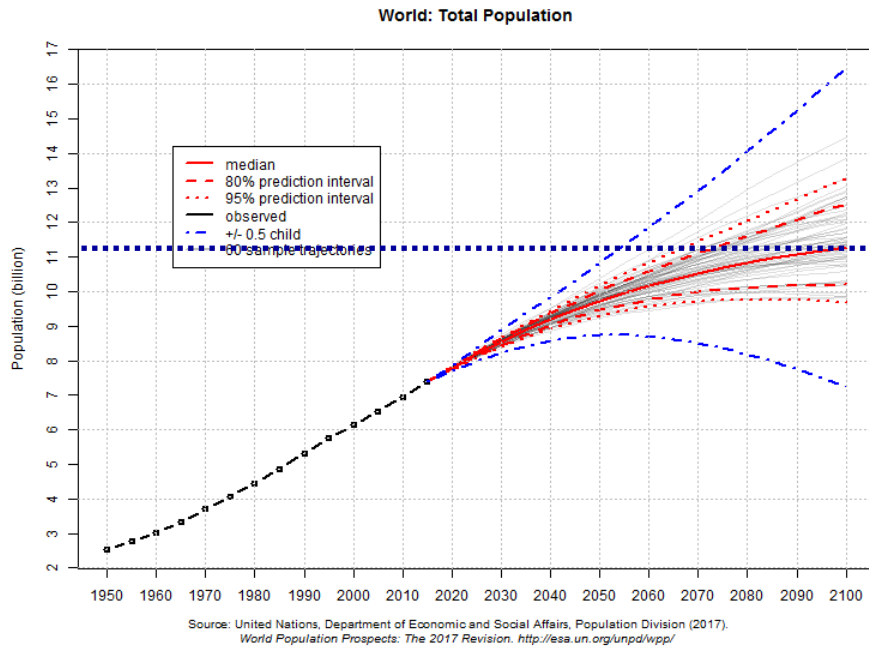
By Martinburo - Own work, CC BY-SA 4.0,
<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=53803246>

Το Πρόβλημα της Παραγωγής Ενέργειας

Η κατανάλωση ενέργειας αυξάνεται λόγω:

- της ραγδαίας αύξησης του παγκόσμιου πληθυσμού κυρίως στις αναπτυσσόμενες χώρες στις οποίες η οικονομική ανάπτυξη είναι μεγάλη

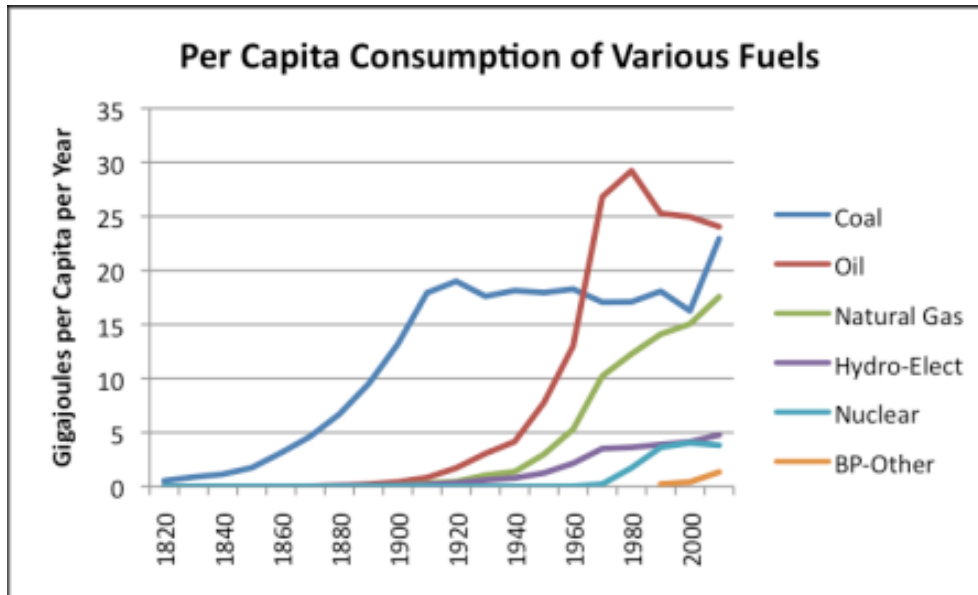
Παγκόσμια αύξηση πληθυσμού και αναπτυσσόμενων χωρών



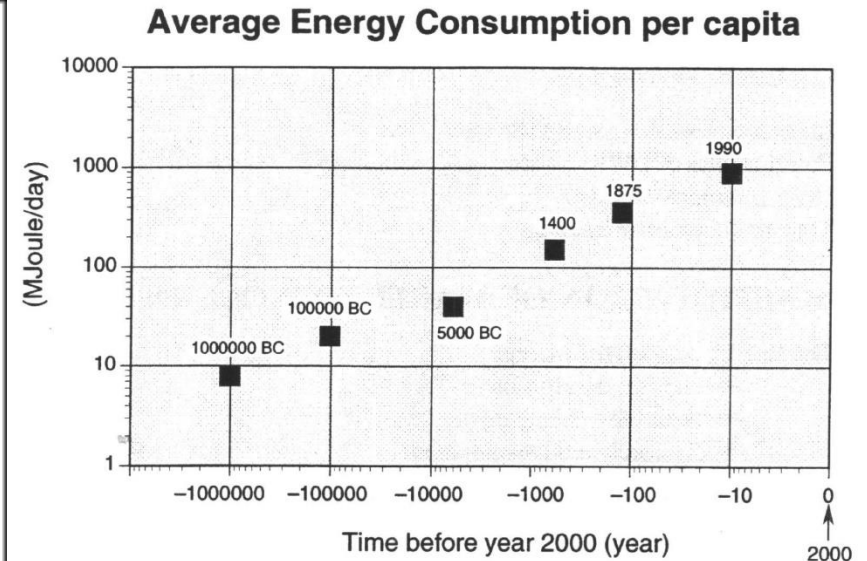
<http://esa.un.org/unpd/wpp/Graphs/>

- της αύξησης κατανάλωσης ενέργειας ανά κάτοικο με μείωση της διαφοράς μεταξύ αναπτυσσόμενων και αναπτυγμένων χωρών

Αύξηση κατανάλωσης ανά κάτοικο

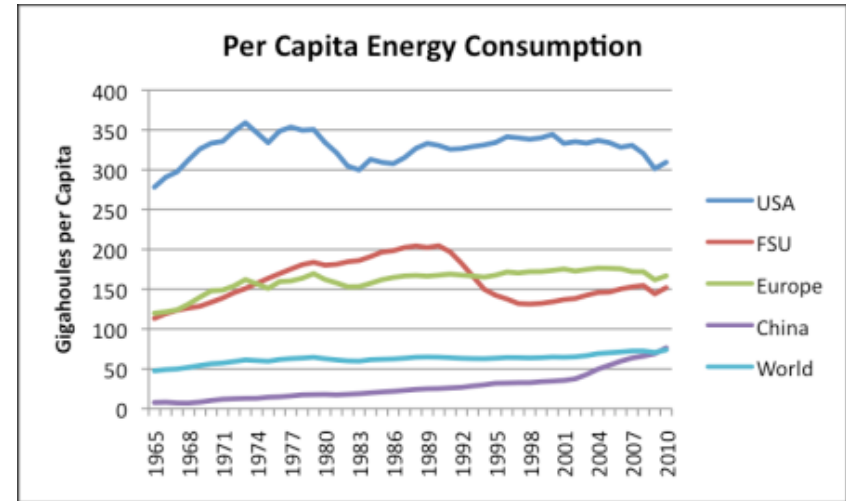


<http://ourfinetworld.com/2012/03/12/world-energy-consumption-since-1820-in-charts/>



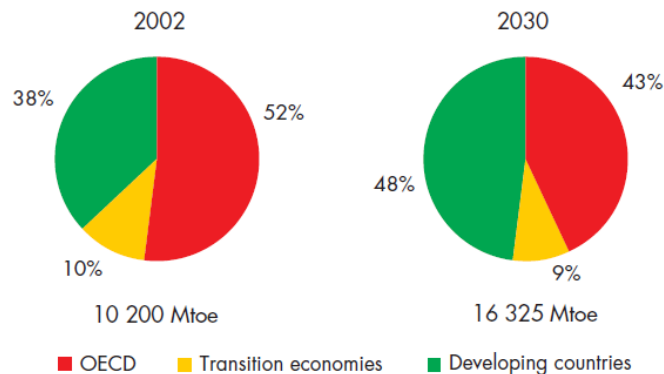
Το Πρόβλημα της Παραγωγής Ενέργειας

☞ Κατανάλωση ενέργειας (Gjoule/ κάτοικο) ως προς την αντίστοιχη της Βόρειας Αμερικής



<http://ourfinitemworld.com/2012/03/12/world-energy-consumption-since-1820-in-charts/>

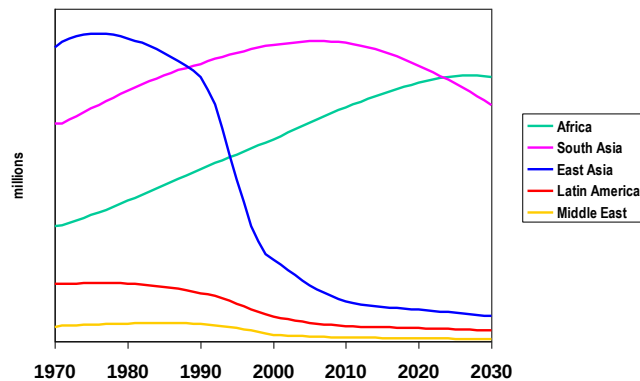
☞ Αναμενόμενη αύξηση ζήτησης ενέργειας σε κάθε περιοχή



85% της αυξανόμενης ζήτησης μεταξύ 2002 και 2030 προέρχεται από αναπτυσσόμενες χώρες και κυρίως από την Ασία

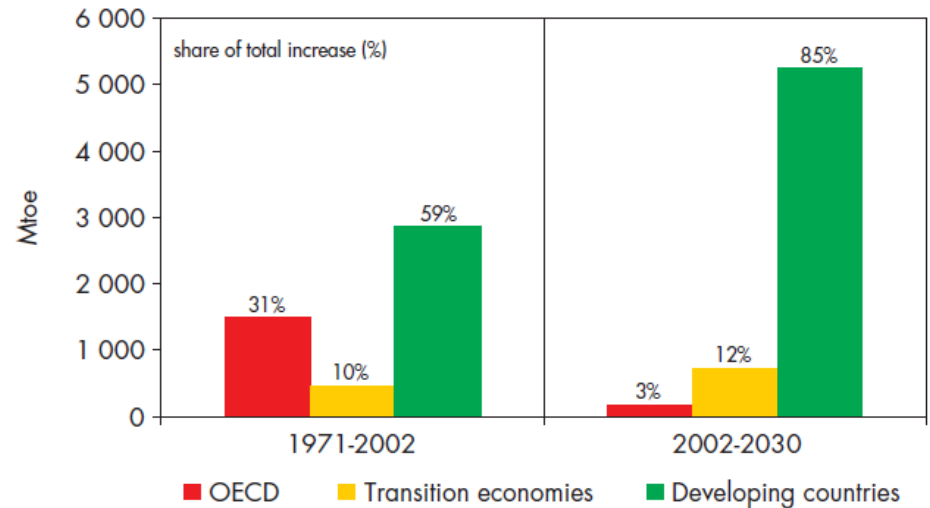
Το Πρόβλημα της Παραγωγής Ενέργειας

Προβλεπόμενος πληθυσμός χωρίς ηλεκτρισμό, 1970-2030 (IEA 2002)



<http://www.worldenergyoutlook.org/>

Προβλεπόμενη αύξηση στην παραγωγή

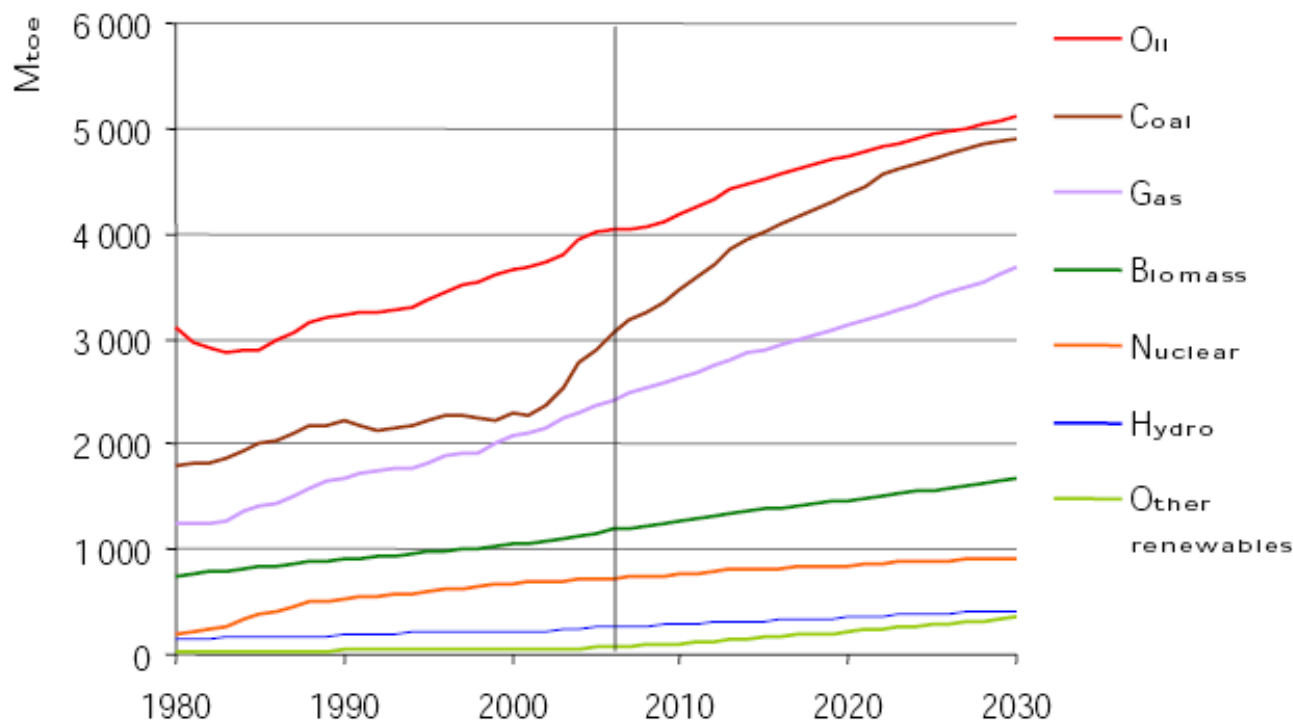


Σχεδόν όλη η αύξηση στην παραγωγή ενέργειας θα προέλθει από χώρες εκτός του OECD, σε αντίθεση με το 60% των 1971-2000

- ☞ Εάν οι αναπτυσσόμενες χώρες φτάσουν τα επίπεδα κατανάλωσης ενέργειας της Ευρώπης (45% της Αμερικής) στο έτος 2100, θα αυξήσουν την κατανάλωση κατά παράγοντα 6! από τη σημερινή 13TWatt-χρόνο.
- ☞ Η κυβέρνηση της Κίνας εκτιμά ότι η παραγωγή ηλεκτρισμού στην Κίνα πρέπει να αυξηθεί κατά παράγοντα 6-7 στα επόμενα 30 χρόνια. Το πρόβλημα είναι χειρότερο στην Ινδία. Πως θα πετύχουν τέτοια αύξηση;

Ενεργειακή Πρόκληση

IEA 2008

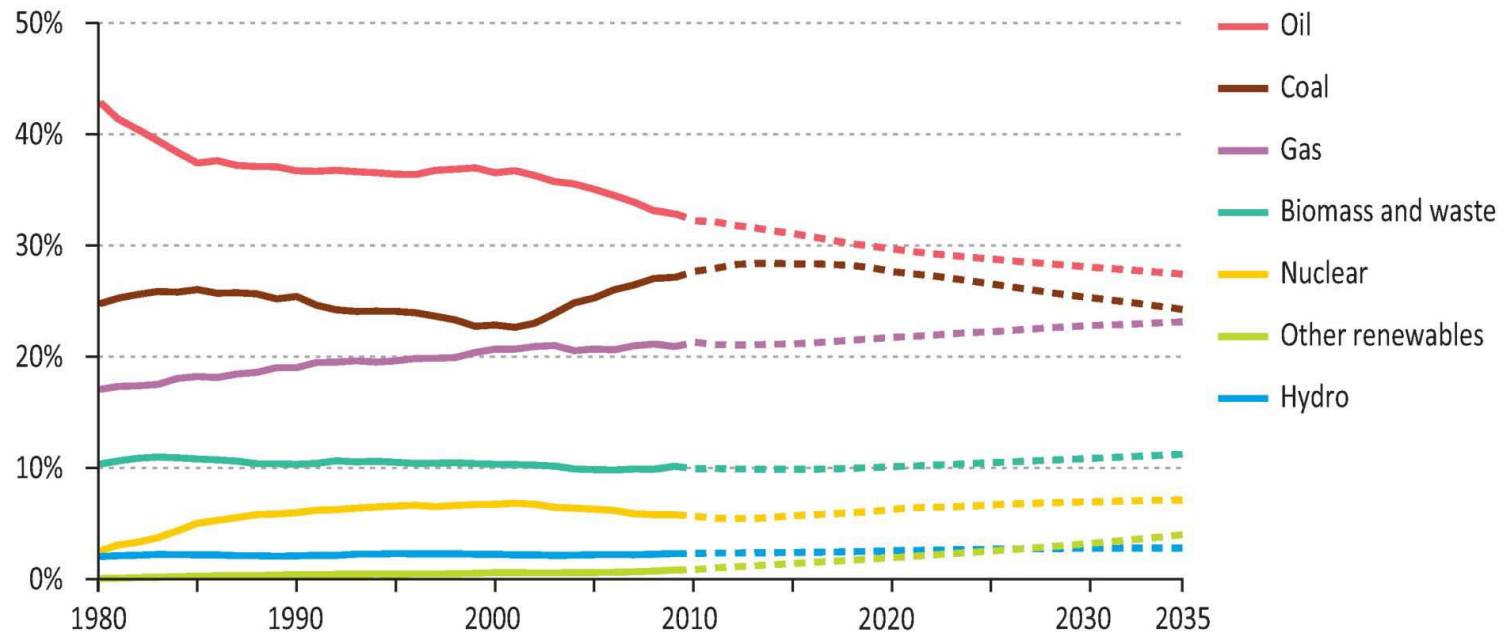


Η χρήση του άνθρακα αυξάνει σε σχέση με εκτιμήσεις του 2003!

Ενεργειακή Πρόκληση

IEA 2011

Μεταξύ 2009 και 2035 προβλέπεται αύξηση της ζήτησης ενέργειας κατά 40%

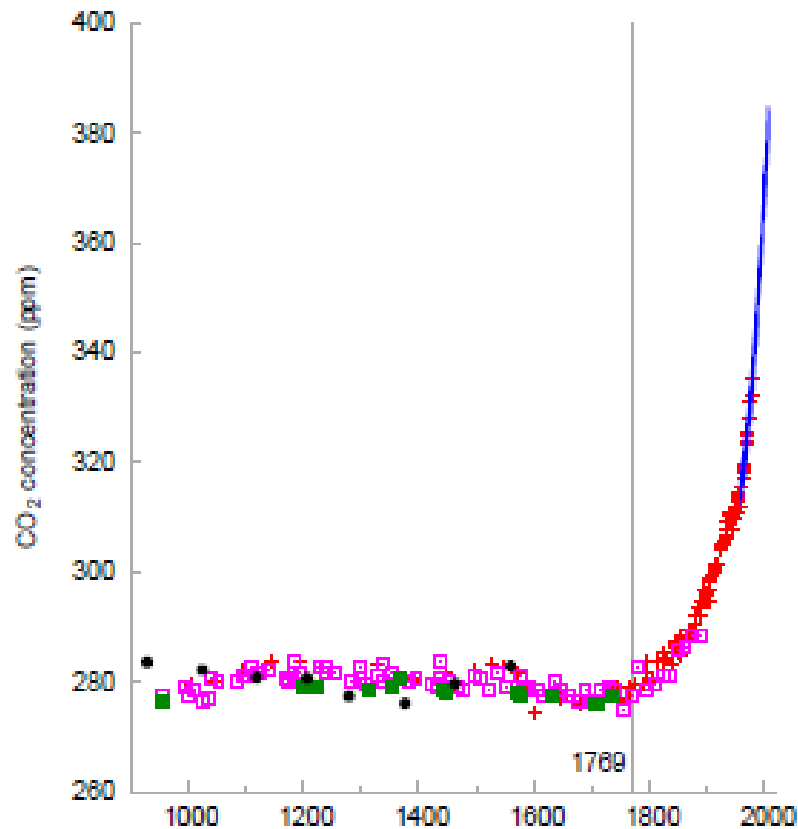


Αν και μειώνεται το ποσοστό του πετρελαίου, η ζήτηση συνεχίζει να αυξάνει και προβλέπονται εξαιρετικά υψηλές τιμές (150 \$/βαρέλι)

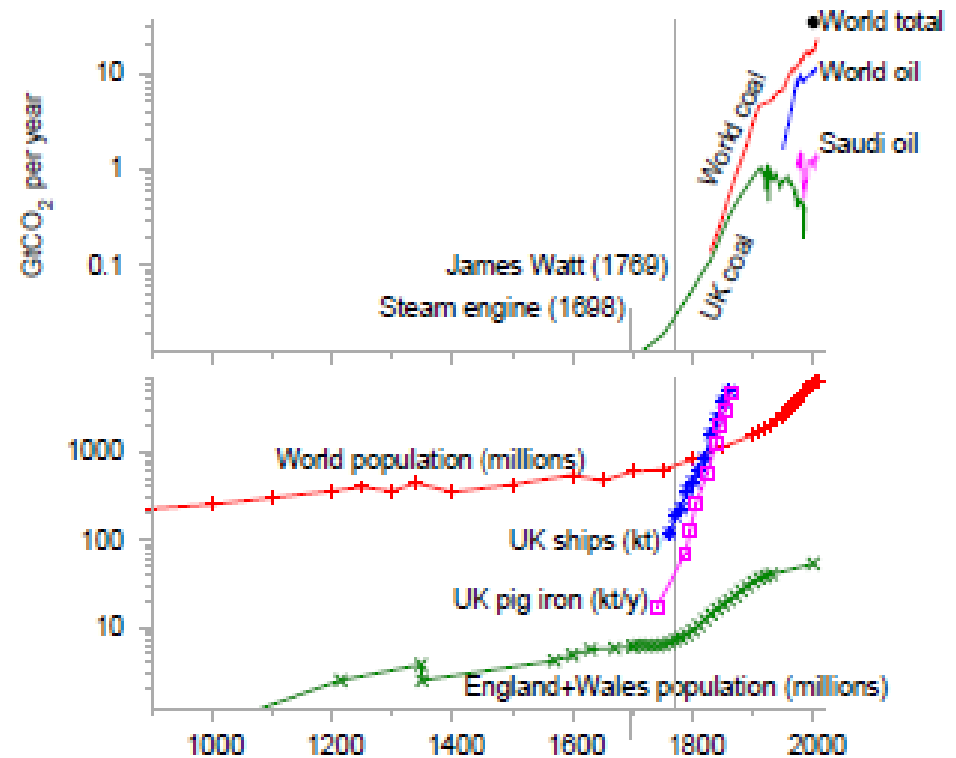
Η χρήση του άνθρακα συνεχίζει να αυξάνει σε σχέση με εκτιμήσεις του 2003!

Ενεργειακή Πρόκληση και Περιβάλλον

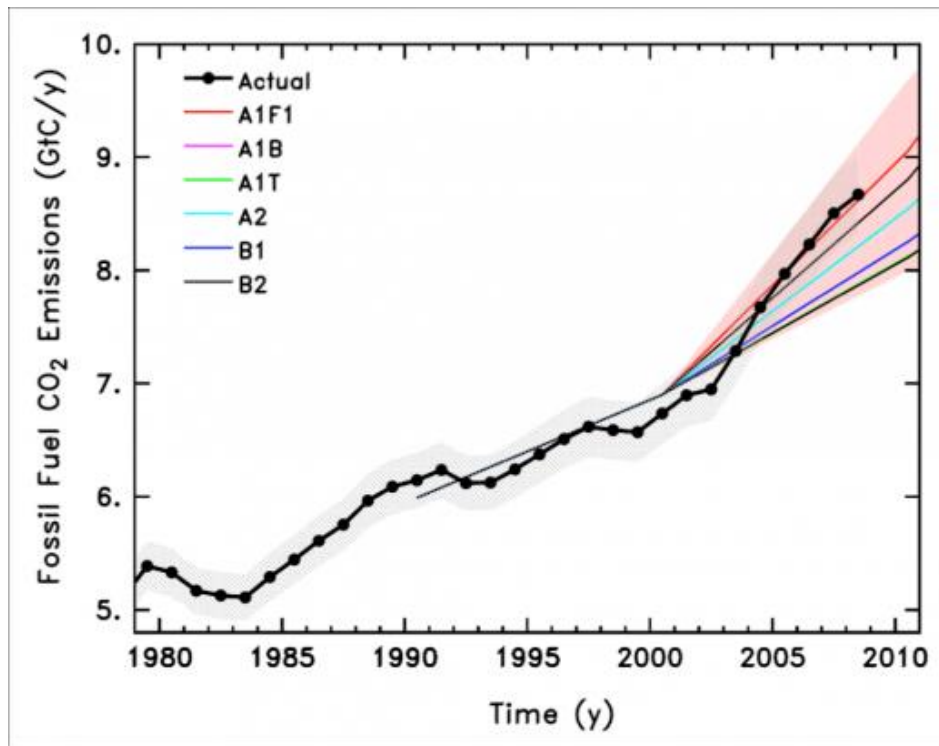
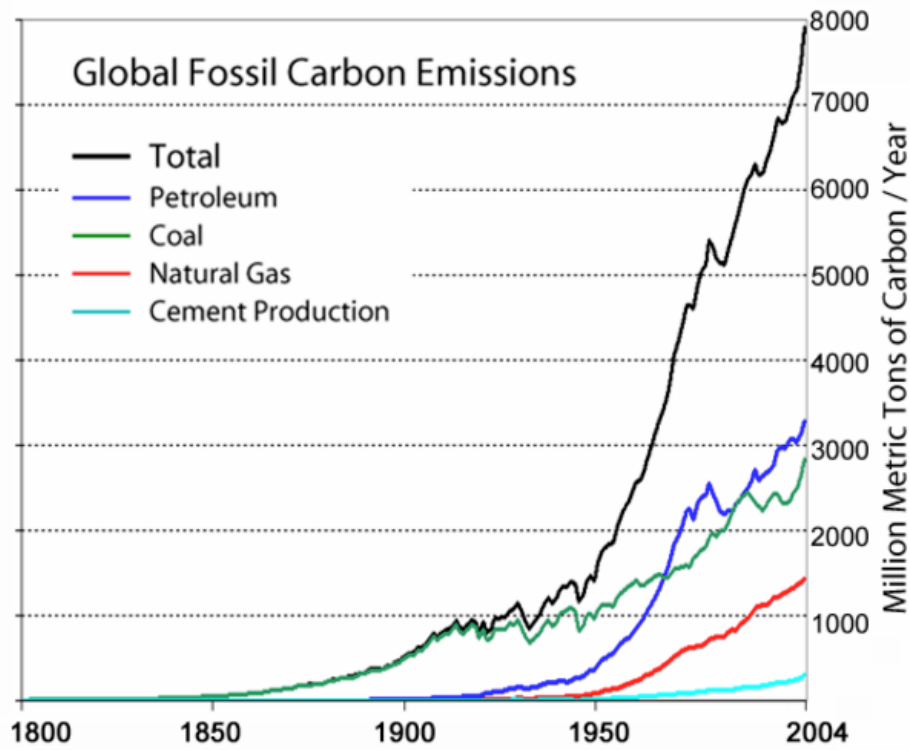
Συγκέντρωση CO₂ τα τελευταία 1100 χρόνια



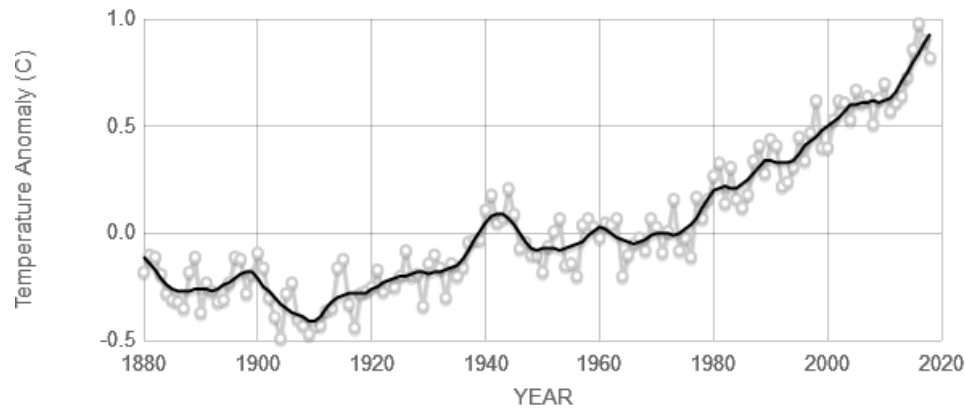
Συνέπειες βιομηχανικής επανάστασης



Ρυθμός αύξησης εκπομπών CO₂ μεγαλύτερος από προβλέψεις

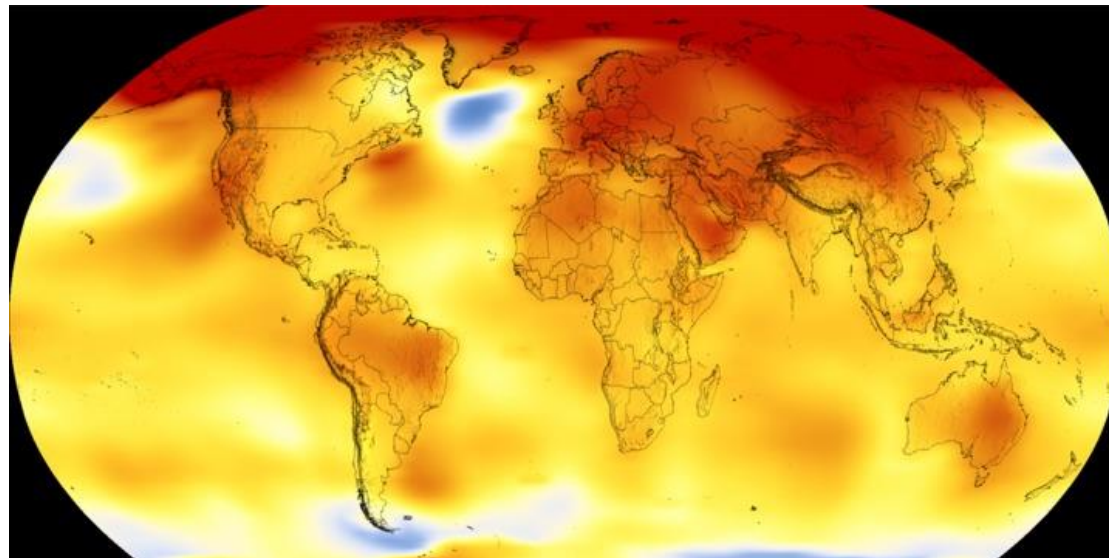
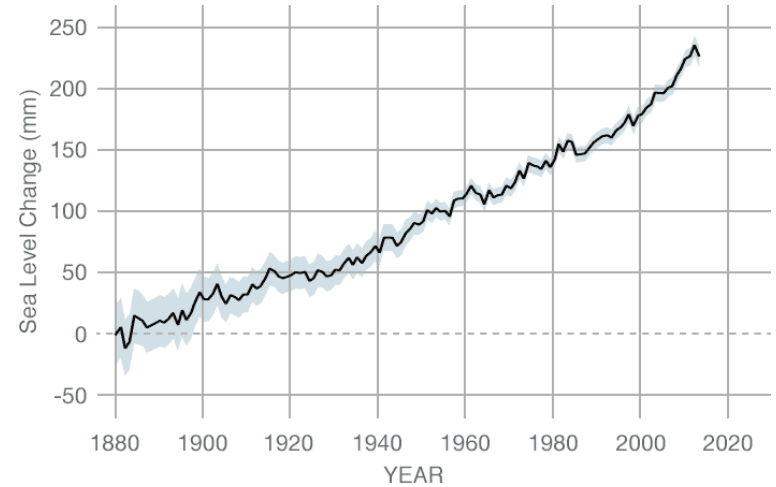


Αύξηση θερμοκρασίας γης : 0.8 °C το
2018 σε σχέση με μέση τιμή 1951-1980



Source: climate.nasa.gov

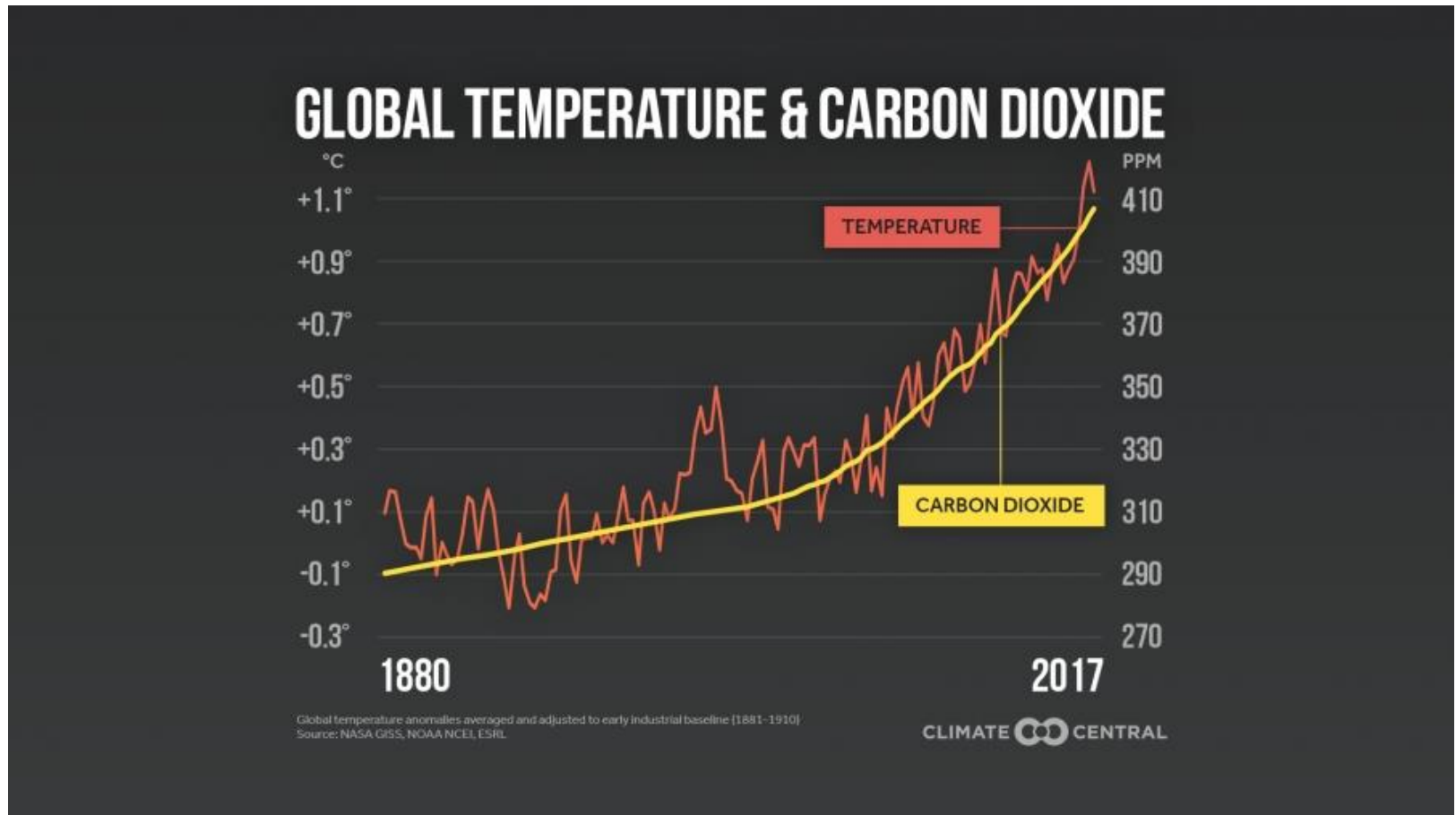
Αύξηση στάθμης θάλασσας: + 3.2 mm
κάθε χρόνο



Temperature Difference (Fahrenheit)



Συσχέτιση αύξησης θερμοκρασίας και συγκέντρωσης CO₂



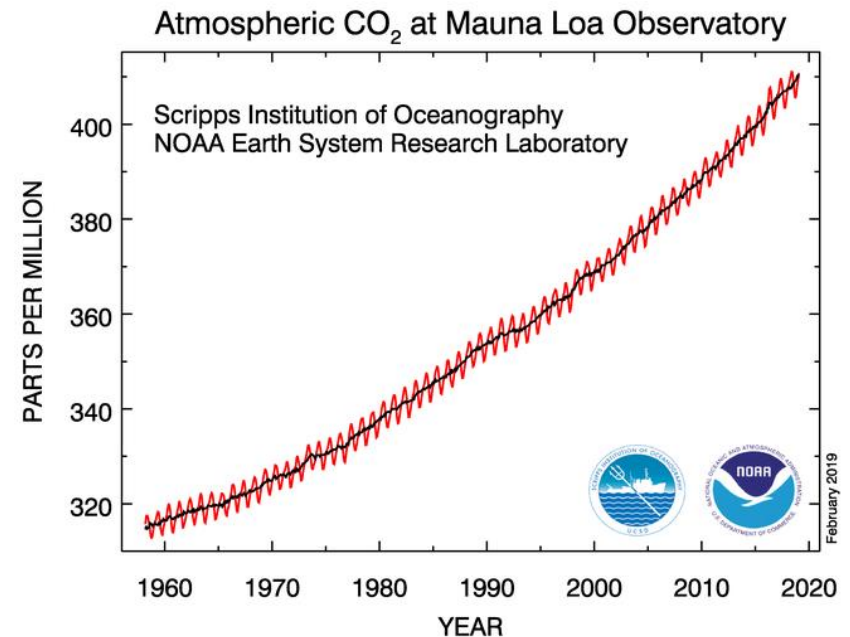
CO₂: ο θερμοστάτης της γης



NASA GISS/ Lilly Del Valle

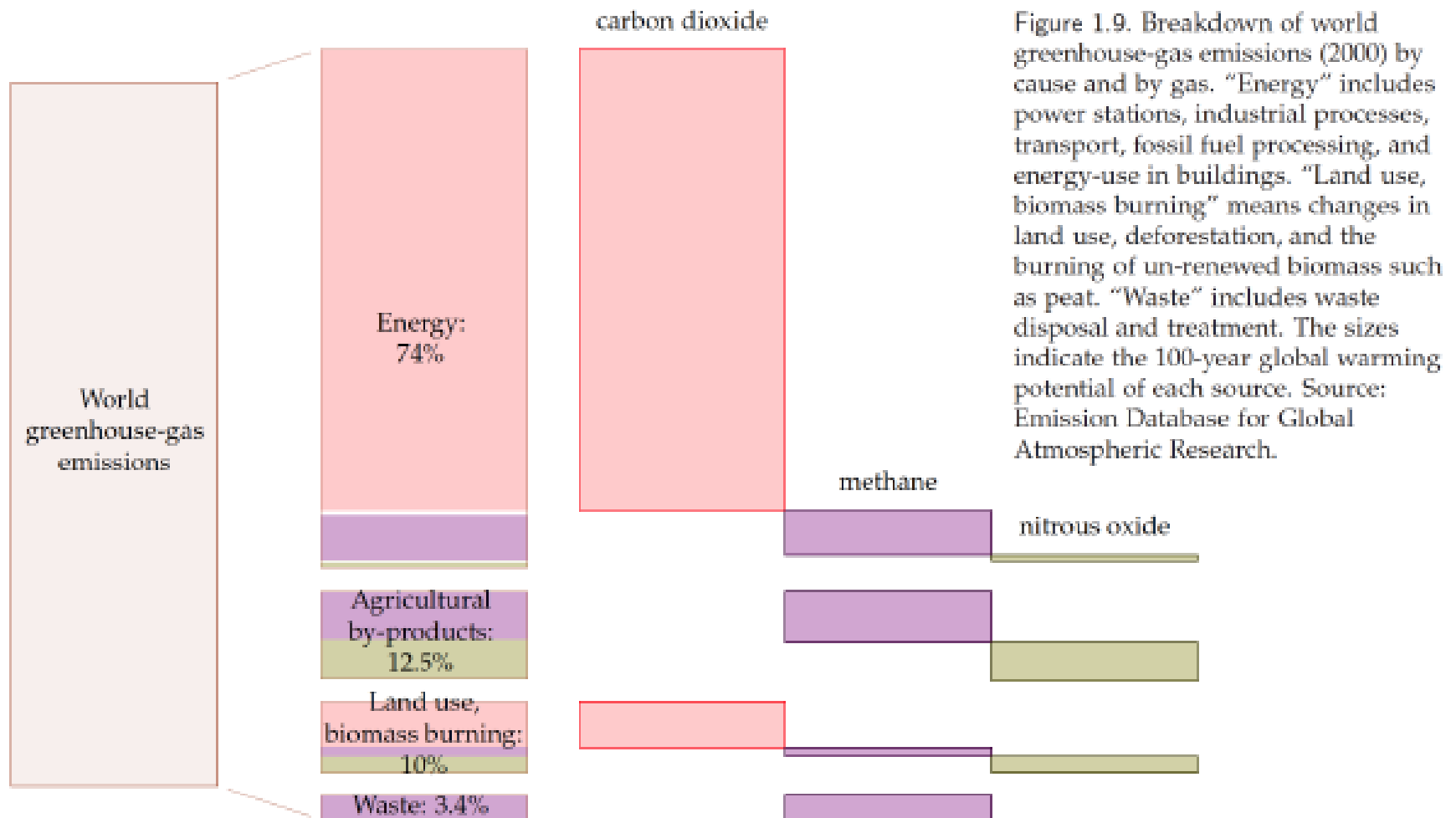
Ιανουάριος 2019: 410.83 ppm

Ιανουάριος 2018: 407.96 ppm



<https://www.esrl.noaa.gov>

74% των εκπομπών GHG προέρχεται από την παραγωγή ενέργειας (2000)

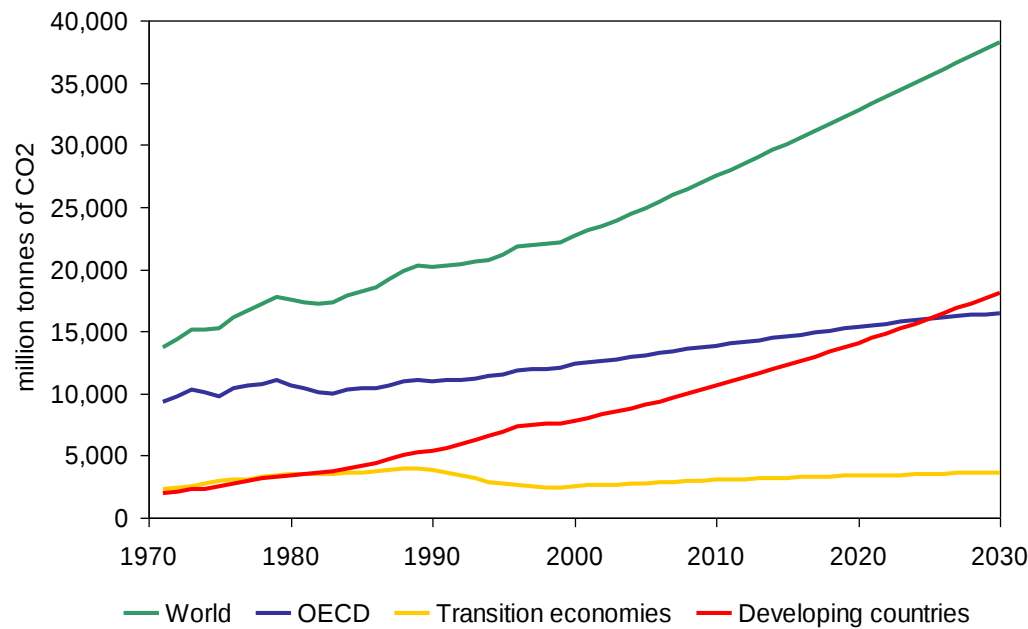


Sustainable Energy – Without the Hot Air, by David MacKay

Ενεργειακή Πρόκληση και Περιβάλλον

Α. Αύξηση της θερμοκρασίας της γης $> 2^{\circ}\text{C}$ $\rightarrow$ απρόβλεπτες και μη αντιστρεπτές αλλαγές στον πλανήτη

Β. Αύξηση της εκπομπής CO_2 κατά 1.8 % το χρόνο στην τιμή των 38 δισεκατομμυρίων τόνων το 2030 - 70% μεγαλύτερη των επιπέδων του 2000 (1 Gt ισοδύναμος με 2750 κτίρια Empire State)



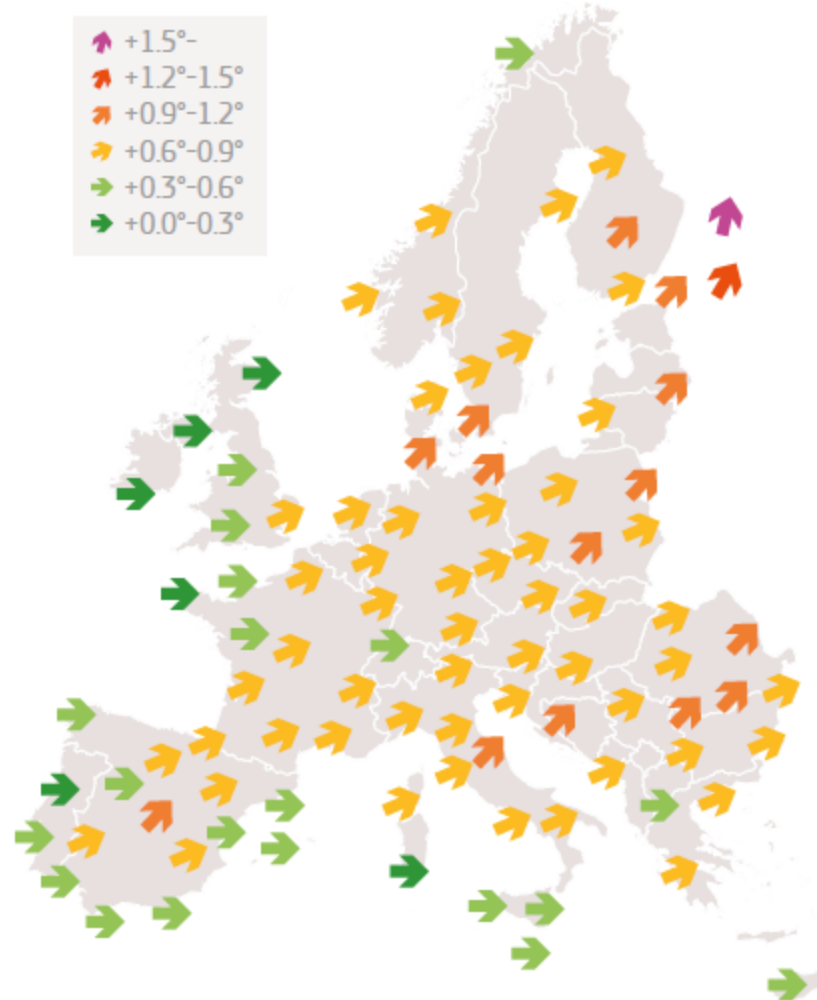
<http://www.worldenergyoutlook.org/>



Γ. Αύξηση της τιμής του πετρελαίου και του φυσικού αερίου

Δ. Εξάντληση των ορυκτών καυσίμων

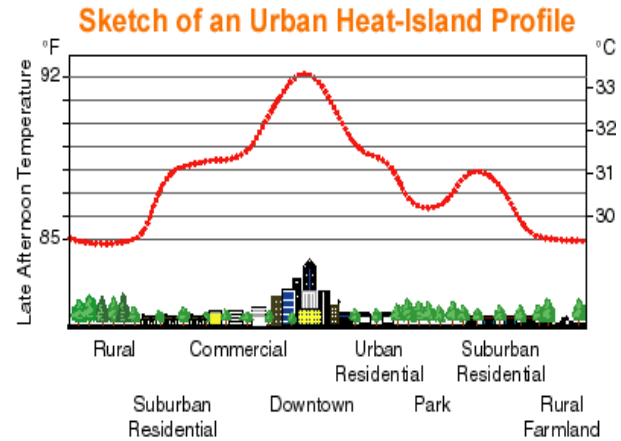
Οι Ευρωπαϊκές πόλεις είναι ήδη τουλάχιστον 1 °C πιο θερμές σε σχέση με τον 20 αιώνα



Source: European Data Journalism Network

Μεταβολή μικροκλίματος-Φαινόμενο Αστικής Θερμικής Νησίδας (ΑΘΝ)

- Στις αστικές περιοχές εμφανίζονται θερμοκρασίες έως και 10 °C υψηλότερες από τις μη-αστικές περιοχές που τις περιβάλλουν
- Στο Αγρίνιο, την πιο ζεστή πόλη της Ελλάδας τον Αύγουστο, μετρήσαμε θερμοκρασίες στο κέντρο της πόλης μέχρι και 6 βαθμούς μεγαλύτερες από τα αγροτικά προάστια κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού του 2011.



- Η ΑΘΝ αυξάνει την απαίτηση ισχύος για δροσισμό και ηλεκτρισμό οδηγώντας σε υψηλότερες εκπομπές αερίων θερμοκηπίου
- Αυξάνει τη χημική διάβρωση των κτιριακών υλικών
- Αυξάνει το δείκτη δυσφορίας, ακόμα και του ρυθμού θνησιμότητας κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού

Ενέργεια & κλιματική αλλαγή

1979: 1^ο συνέδριο ΗΕ στη Γενεύη με σκεπτικισμό και πρόταση περισσότερης έρευνας πριν την αναζήτηση μέτρων αντιμετώπισης

1988: Δημιουργία Διακυβερνητικής Επιτροπής για την Αλλαγή του Κλίματος (IPCC) από ΗΕ και WMO

1992: Συνάντηση Rio και απόφαση αναγκαιότητας λήψης μέτρων

1997: Πρωτόκολλο Κιότο (μείωση εκπομπών CO₂ κατά μέσο όρο 5.2% το 2012 αν και επιτρέπεται σε ορισμένες χώρες η αύξηση όπως π.χ. η Ελλάδα). Σε ισχύ το 2005.

2009: Πολιτικές EU για στόχους 20% μείωση εκπομπών GHG -20% συμμετοχή των ΑΠΕ στην ενεργειακή κατανάλωση -20% αύξηση της ενεργειακής απόδοσης το 2020

2014: Πολιτικές EU για στόχους 40% μείωση εκπομπών GHG (σε σχέση με 1990) -32% συμμετοχή των ΑΠΕ στην τελική ενεργειακή κατανάλωση -32.5% αύξηση της ενεργειακής απόδοσης το 2030 (1990-2017: 22% μείωση εκπομπών GHG)

2015: Συμφωνία Παρισιού (COP 21)- Διατήρηση της αύξησης της μέσης παγκόσμιας θερμοκρασίας σε πολύ χαμηλότερο από 2 ° C πάνω από τα προβιομηχανικά επίπεδα και επιδίωξη του περιορισμού της αύξησης της θερμοκρασίας στους 1.5 ° C.

11/2018: Κλιματικά ουδέτερη οικονομία της EU για το 2050

Στρατηγικές προτεραιότητες:

- ΠΛΗΡΗΣ ΑΠΑΛΛΑΓΗ ΤΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΤΗΣ ΕΥΡΩΠΗΣ ΑΠΟ ΕΚΠΟΜΠΕΣ CO₂
Μεγάλης κλίμακας ηλεκτροδότηση του ενεργειακού συστήματος σε συνδυασμό με την ανάπτυξη των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας θα απαλλάξει τον ενεργειακό εφοδιασμό από εκπομπές CO₂ και θα μειώσει σημαντικά την εξάρτηση από προμηθευτές τρίτων χωρών
- ΚΑΘΑΡΗ, ΑΣΦΑΛΗ ΚΑΙ ΣΥΝΔΕΔΕΜΕΝΗ ΚΙΝΗΤΙΚΟΤΗΤΑ
Απαλλαγή του τομέα των μεταφορών από εκπομπές CO₂ με τη χρήση εναλλακτικών μέσων μεταφοράς, συνδεδεμένη και αυτοματοποιημένη οδήγηση σε συνδυασμό με το την ανάπτυξη ηλεκτρικών οχημάτων και την ενισχυμένη χρήση εναλλακτικών καυσίμων
- ΜΕΓΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΤΩΝ ΟΦΕΛΩΝ ΑΠΟ ΤΗΝ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ
Μείωση της κατανάλωσης ενέργειας στο μισό μεταξύ του 2005 και του 2050

Στρατηγικές προτεραιότητες ΕΥ (συνέχεια):

- ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΟΣ ΕΚΣΥΓΧΡΟΝΙΣΜΟΣ

Εκσυγχρονισμός υφιστάμενων εγκαταστάσεων και επένδυση σε νέες τεχνολογίες και συστήματα ουδέτερες σε εκπομπές άνθρακα και συμβατές με την κυκλική οικονομία

- ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΕΞΥΠΝΩΝ ΔΙΚΤΥΩΝ, ΥΠΟΔΟΜΩΝ ΚΑΙ ΣΥΝΔΕΣΕΩΝ

Σύγχρονη και έξυπνη υποδομή, εξασφαλίζοντας τη βέλτιστη σύνδεση των τομέων και την ενίσχυση των περιφερειακών συνεργασιών, είναι ο ακρογωνιαίος λίθος της ενεργειακής μεταφοράς και διανομής του αύριο

- ΠΡΟΩΘΗΣΗ ΤΗΣ ΒΙΟΚΟΝΟΜΙΑΣ ΚΑΙ ΤΗΣ ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑΣ ΟΥΣΙΩΔΩΝ ΔΕΣΜΕΥΤΩΝ ΑΝΘΡΑΚΑ

Δημιουργία φυσικών δεσμευτών άνθρακα με την ανάπτυξη πιο βιώσιμης χρήσης της γης και της γεωργίας

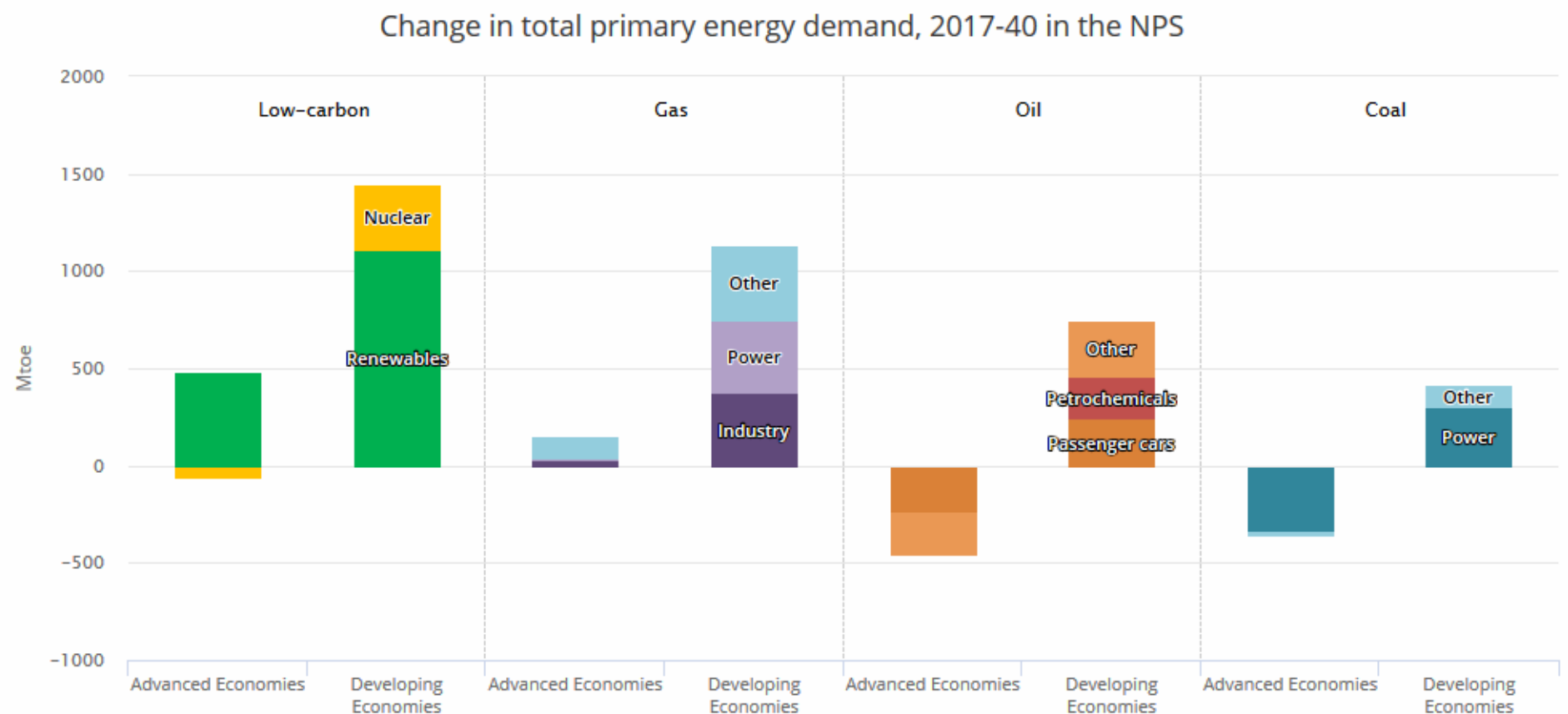
- ΑΠΟΜΑΚΡΥΝΣΗ ΕΝΑΠΟΜΕΙΝΑΝΤΩΝ ΕΚΠΟΜΠΩΝ CO₂ ΜΕ ΔΕΣΜΕΥΣΗ ΚΑΙ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗ ΑΝΘΡΑΚΑ

Αντιστάθμιση του υπολοίπου των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου στην οικονομία και δημιουργία αρνητικών εκπομπών

IEA-2018: Σενάρια μελλοντικής ενεργειακής ζήτησης

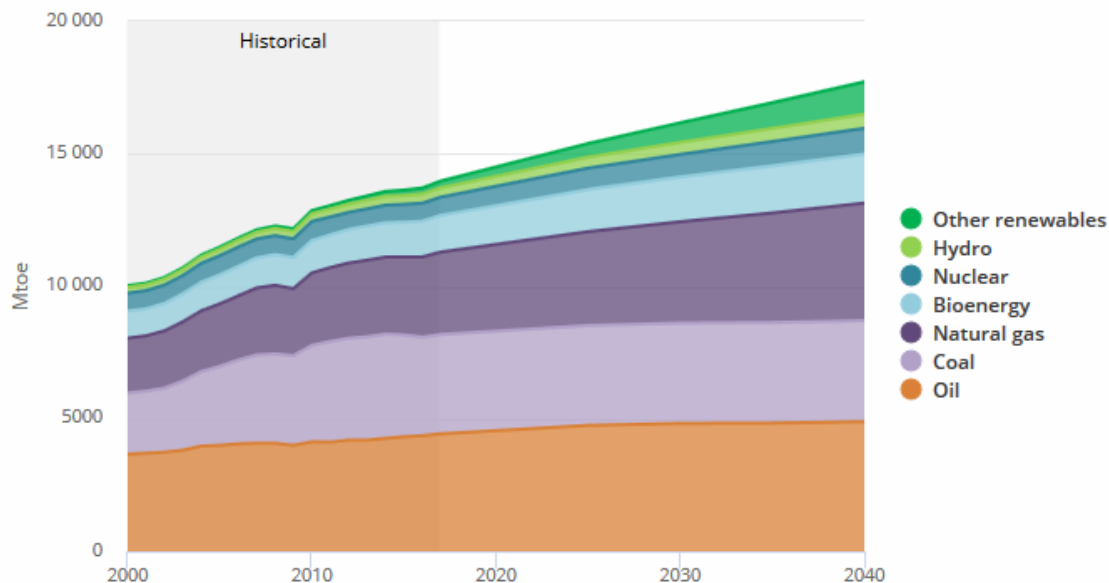
NPS: σενάριο νέων πολιτικών κρατών με βάση τις δεσμεύσεις και τα προγράμματα που υλοποιούν

SDS: σενάριο βιώσιμης ανάπτυξης που βασίζεται στους δείκτες Βιώσιμης Ανάπτυξης των Ηνωμένων Εθνών και των στόχων της συμφωνίας του Παρισιού (2015)

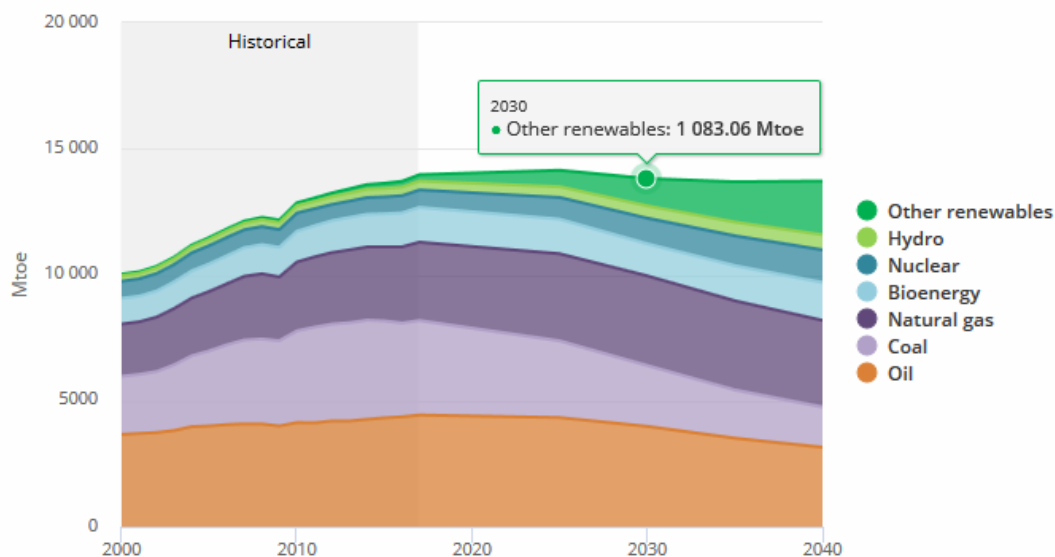


Συνολική παγκόσμια πρωτογενής ενεργειακή ζήτηση

Στο σενάριο Νέων Πολιτικών (υλοποίηση δεσμεύσεων κρατών) δεν προβλέπεται μείωση χρήσης των συμβατικών ορυκτών καυσίμων



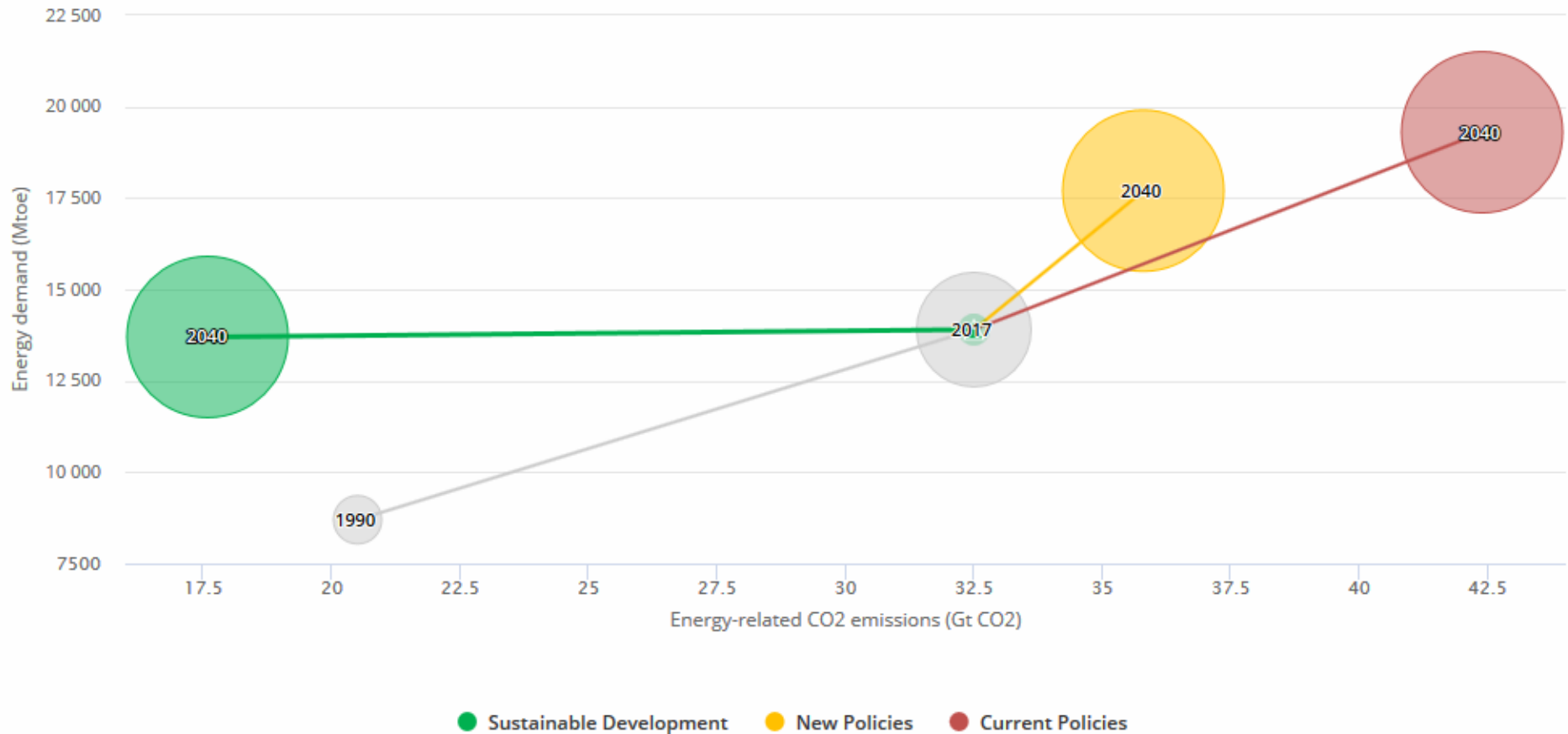
Στο σενάριο που βασίζεται στους δείκτες Βιώσιμης Ανάπτυξης των Ηνωμένων Εθνών και της συμφωνίας του Παρισιού προβλέπεται μείωση χρήσης των συμβατικών ορυκτών καυσίμων



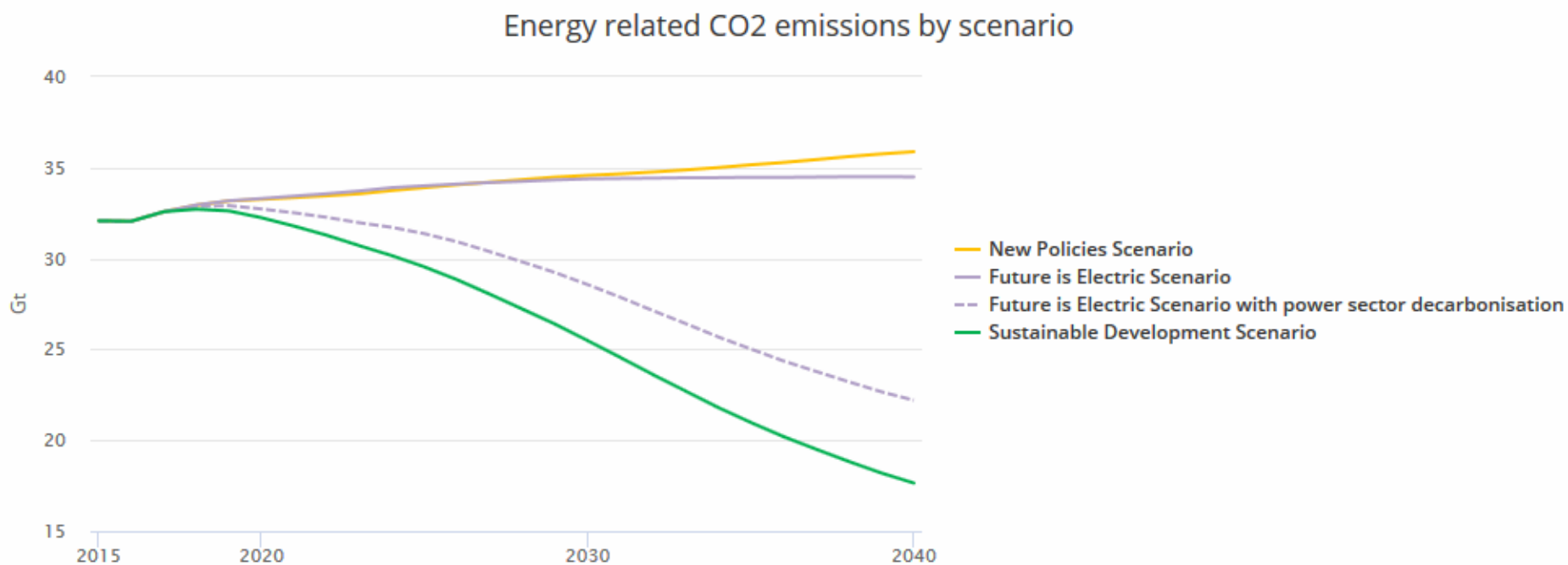
Εκπομπές CO₂ στο μέλλον για διαφορετικά ενεργειακά σενάρια

World primary energy demand and energy-related CO₂ emissions by scenario

Bubble size represents size of global economy



Εκπομπές CO₂ στο μέλλον για διαφορετικά ενεργειακά σενάρια

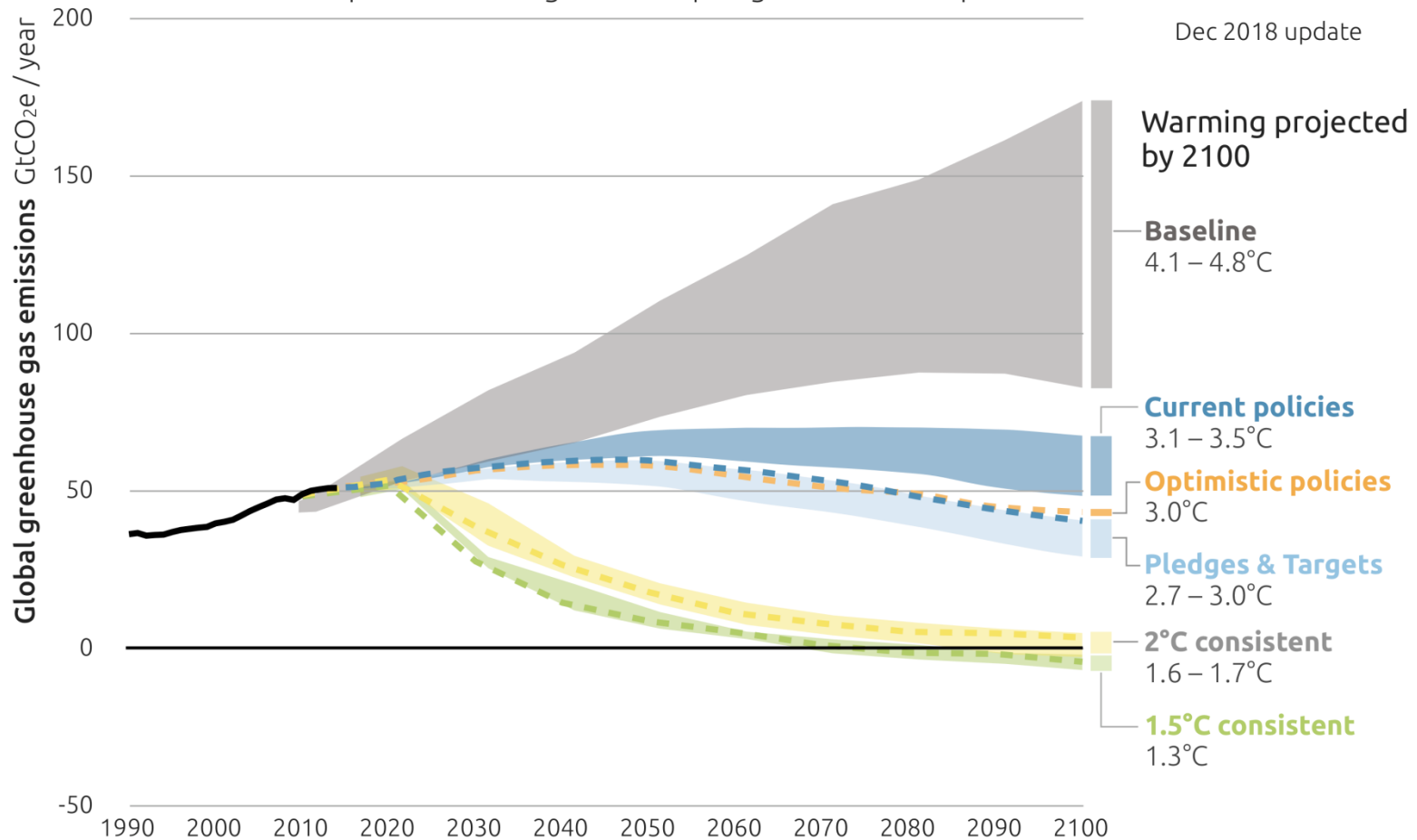


2100 WARMING PROJECTIONS

Emissions and expected warming based on pledges and current policies



Dec 2018 update



CAT: Εκτίμηση πολιτικών 32 χωρών που συνεισφέρουν το 80% των εκπομπών

Ελληνική Ενεργειακή Πρόκληση

Υπάρχουσες Εγχώριες Πηγές Ενέργειας

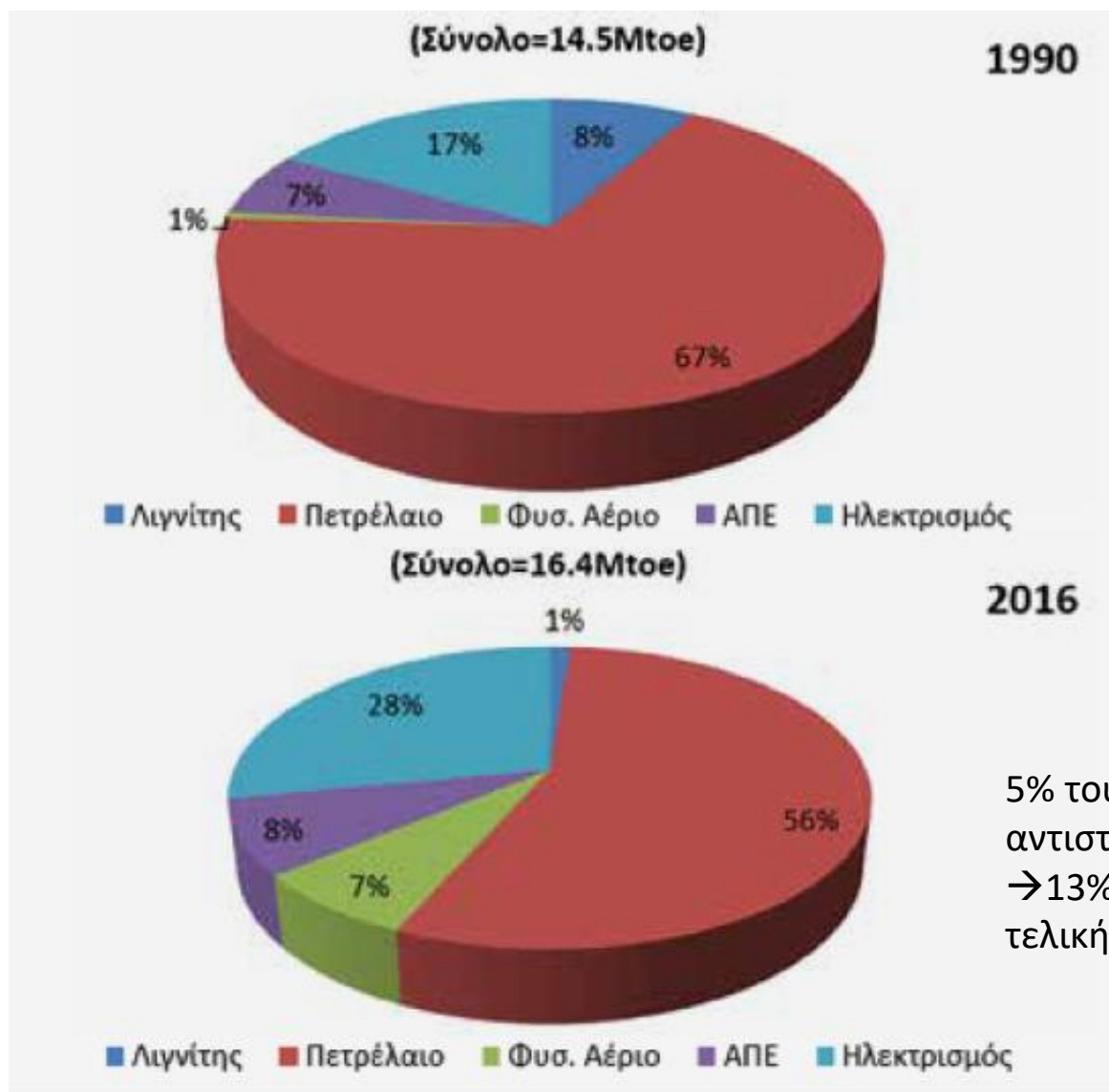
- Λιγνίτης: Αποδεδειγμένα αποθέματα 6.8 Gton
Παραγωγή 61.9 Mton (50 χρόνια)

14 μονάδες (3903.9 MW) με σημαντική μείωση της συνεισφοράς τους στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από το 2005-2018
- Πετρέλαιο: Αποδεδειγμένα αποθέματα Πρίνου: 40 Mbbls;
Εκτιμώμενα: Κατάκολο 10.5 Mbbls; Ιωάννινα 187 Mbbls;
Άγνωστα: Αιτωλοακαρνανία?, Κρήτη?, Ιόνιο?
Παραγωγή Πρίνου 2018→BP: 1.1 Mbbls=1664 GWh/year (μικρότερη από μηνιαία παραγωγή ηλεκτρισμού στην Ελλάδα (4000 GWh)); 1981-2018:110 Mbbls
- Ανανεώσιμες: Δέσμευση για κάλυψη 20% των αναγκών ως το 2020

Όμως:

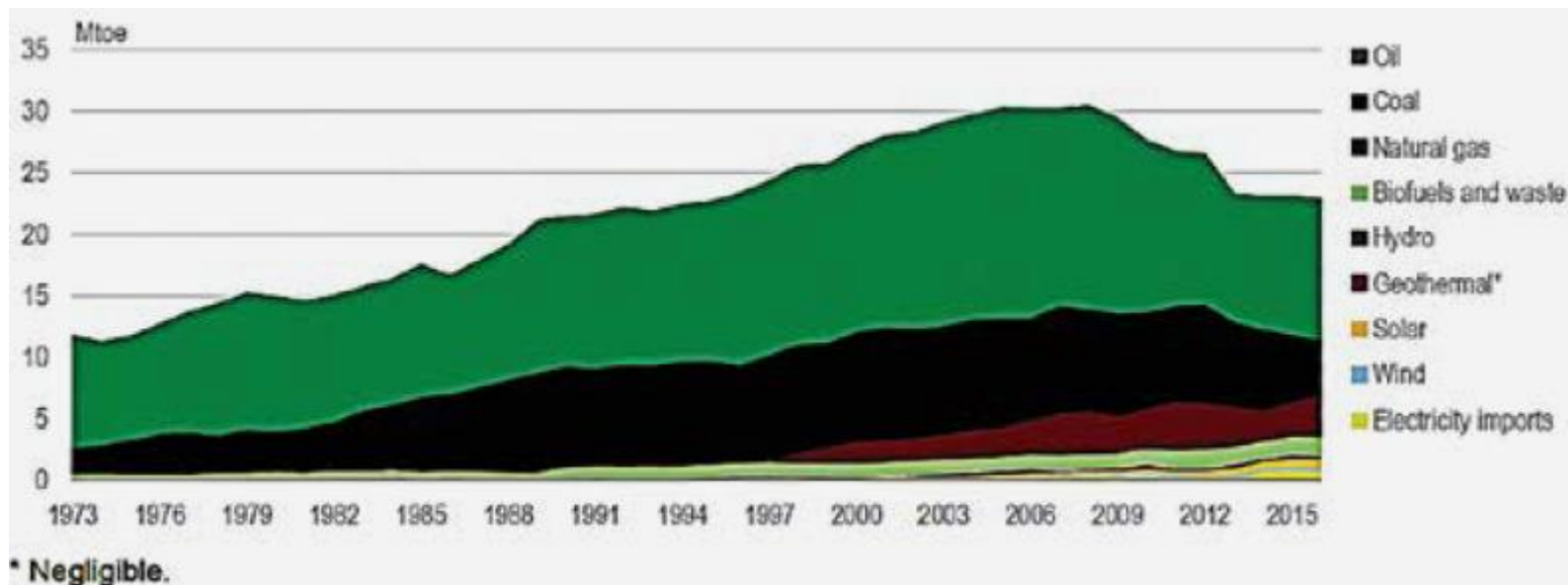
- Το κύριο φορτίο προέρχεται από λιγνίτη, πετρέλαιο και φυσικό αέριο (εισαγωγή)
- Υδροηλεκτρικά εργοστάσια και ανανεώσιμες πηγές ενέργειας χρησιμοποιούνται σε ώρες αιχμής
- Μακροχρόνια, η Ελλάδα θα βρεθεί αντιμέτωπη με την παγκόσμια ενεργειακή πρόκληση

Συνολική Τελική Κατανάλωση Καυσίμων (TFC) στην Ελλάδα, 1990 και 2016

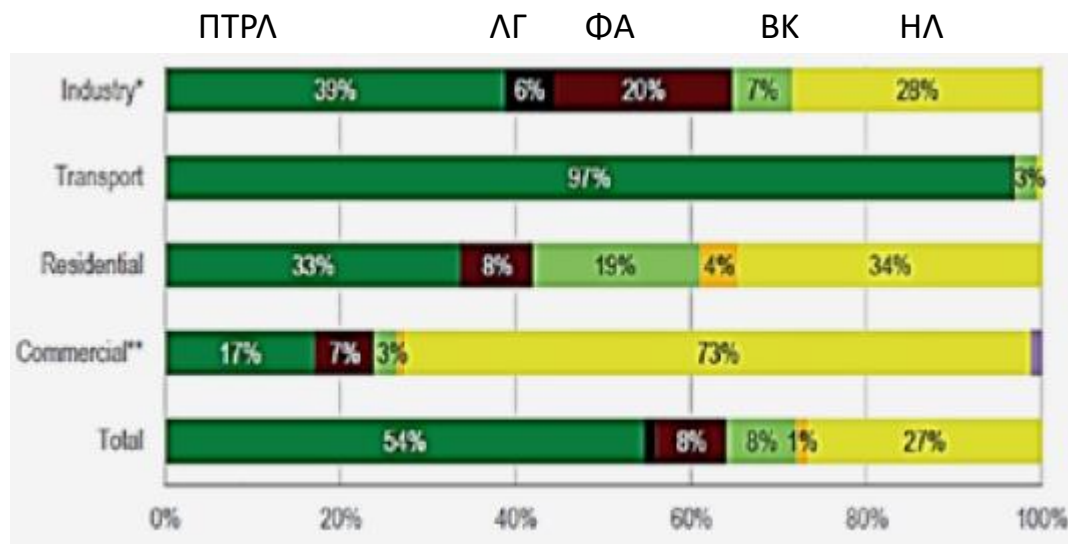


5% του ηλεκτρισμού
αντιστοιχεί στις ΑΠΕ
→ 13% συνολικό ΑΠΕ στην
τελική κατανάλωση

Συνολική Τελική Ενεργειακή Κατανάλωση της Ελλάδας ανά Κλάδο, 1973-2015



Πηγή: IEA



Η τελική κατανάλωση ενέργειας στην Ελλάδα (16.4 Mtoe= 200.000 GWh το 2015) προέρχεται κυρίως από εισαγωγές πετρελαίου (Ιράκ, Καζακστάν, Ιράν κλπ.)

Πηγή: IEA

Διάγραμμα ενεργειακής ροής για την Ελλάδα

Εισαγωγές
410 375 GWh

Παραγωγή
98 943 GWh

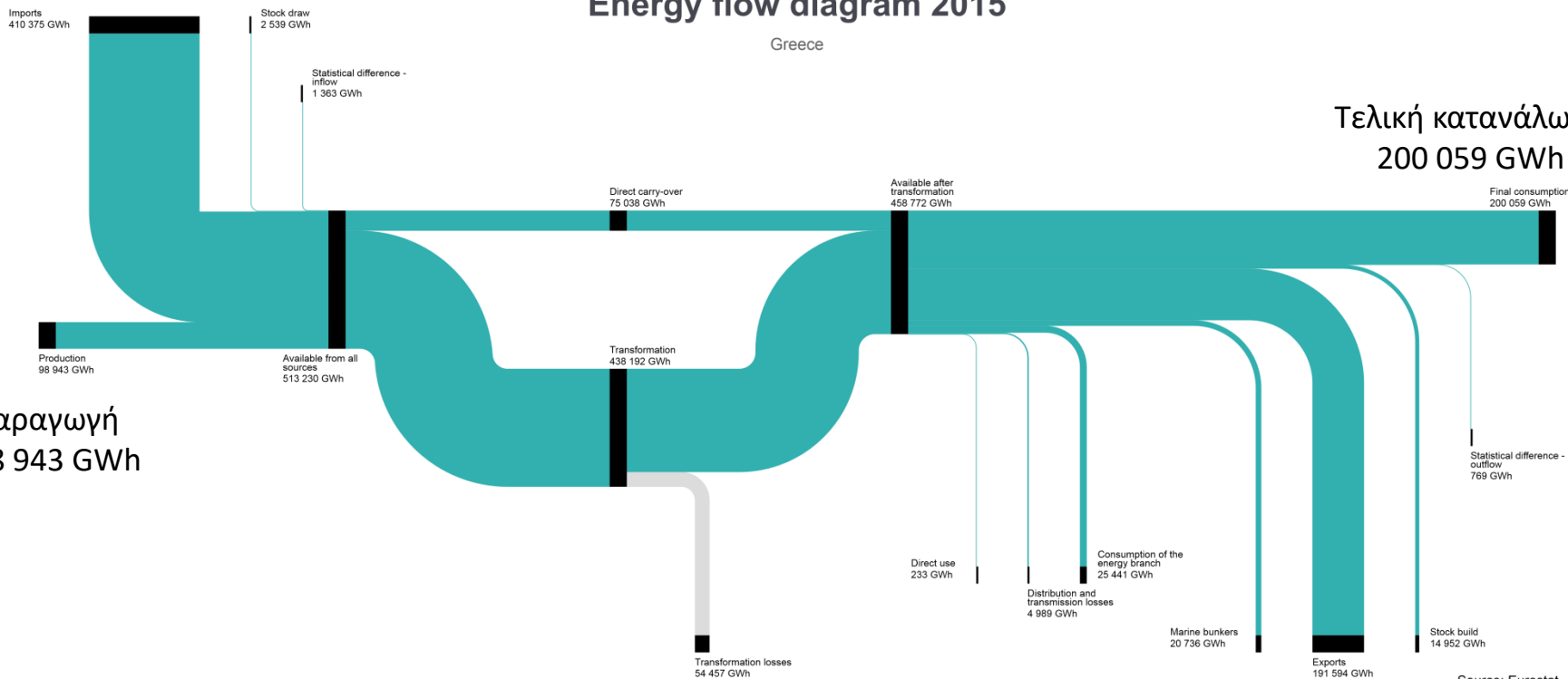
Energy flow diagram 2015

Greece

Τελική κατανάλωση
200 059 GWh

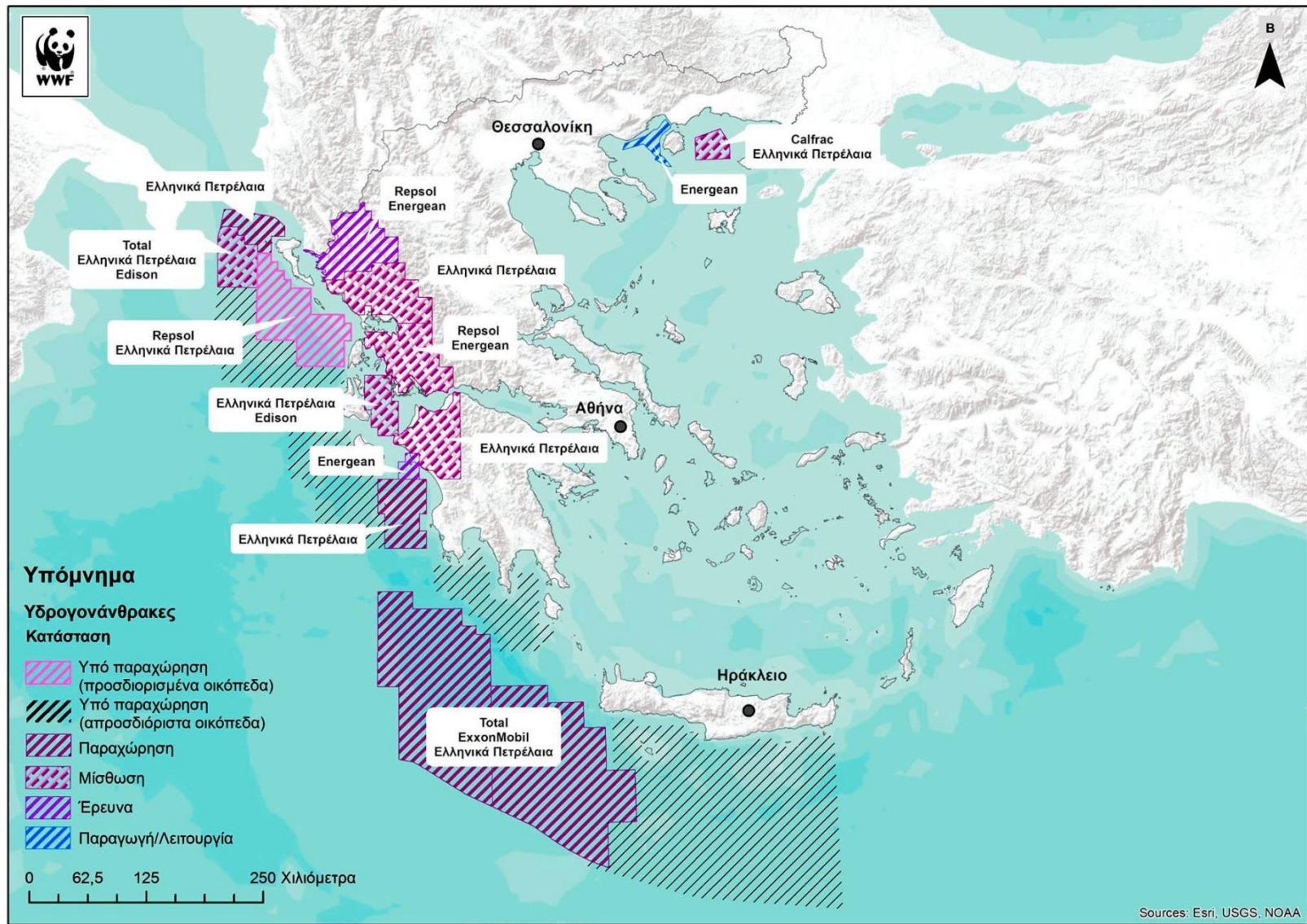
Απώλειες Μετατροπών
54 457 GWh

Εξαγωγές
191 594 GWh



Source: Eurostat

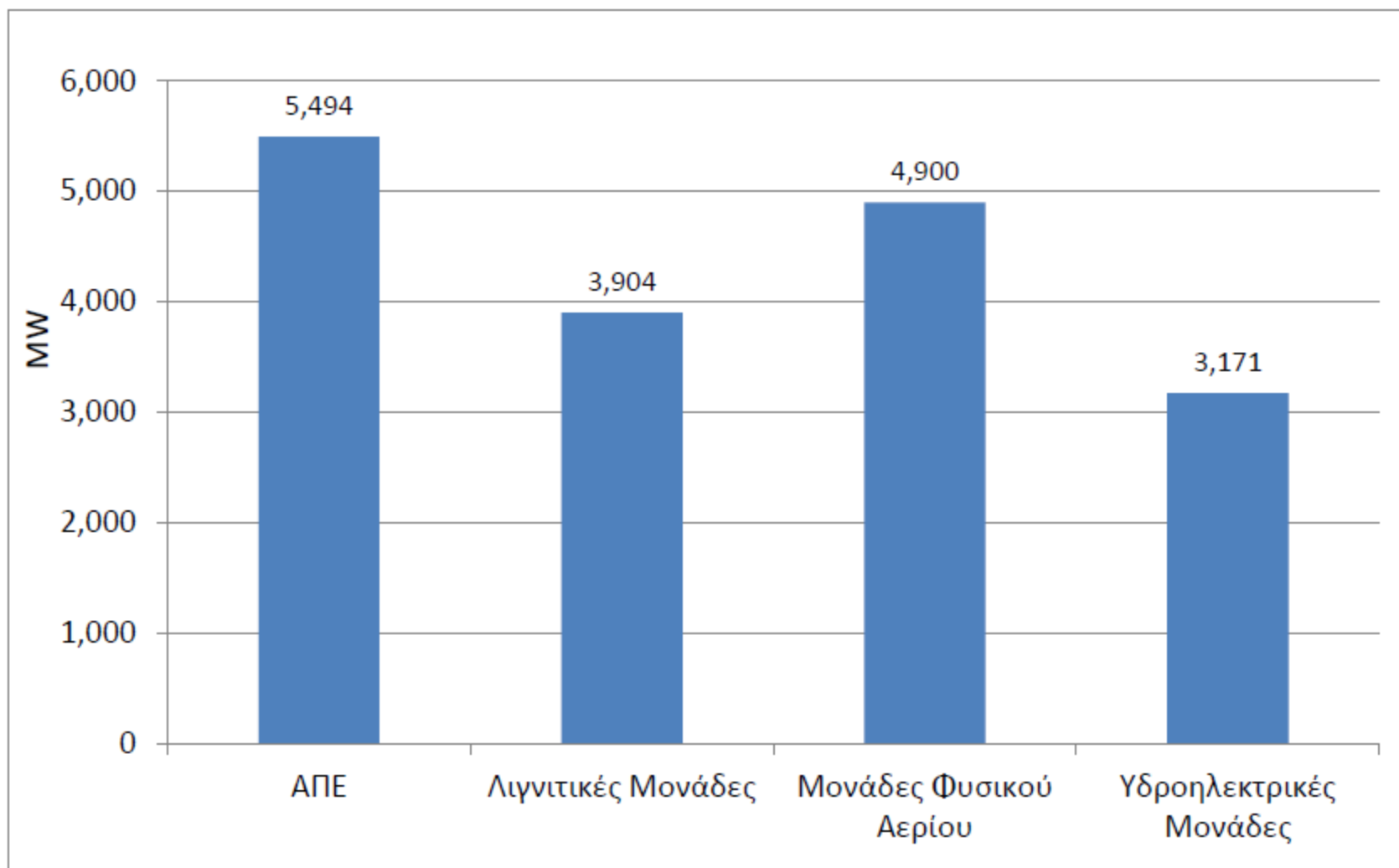
Οικόπεδα πετρελαίων?



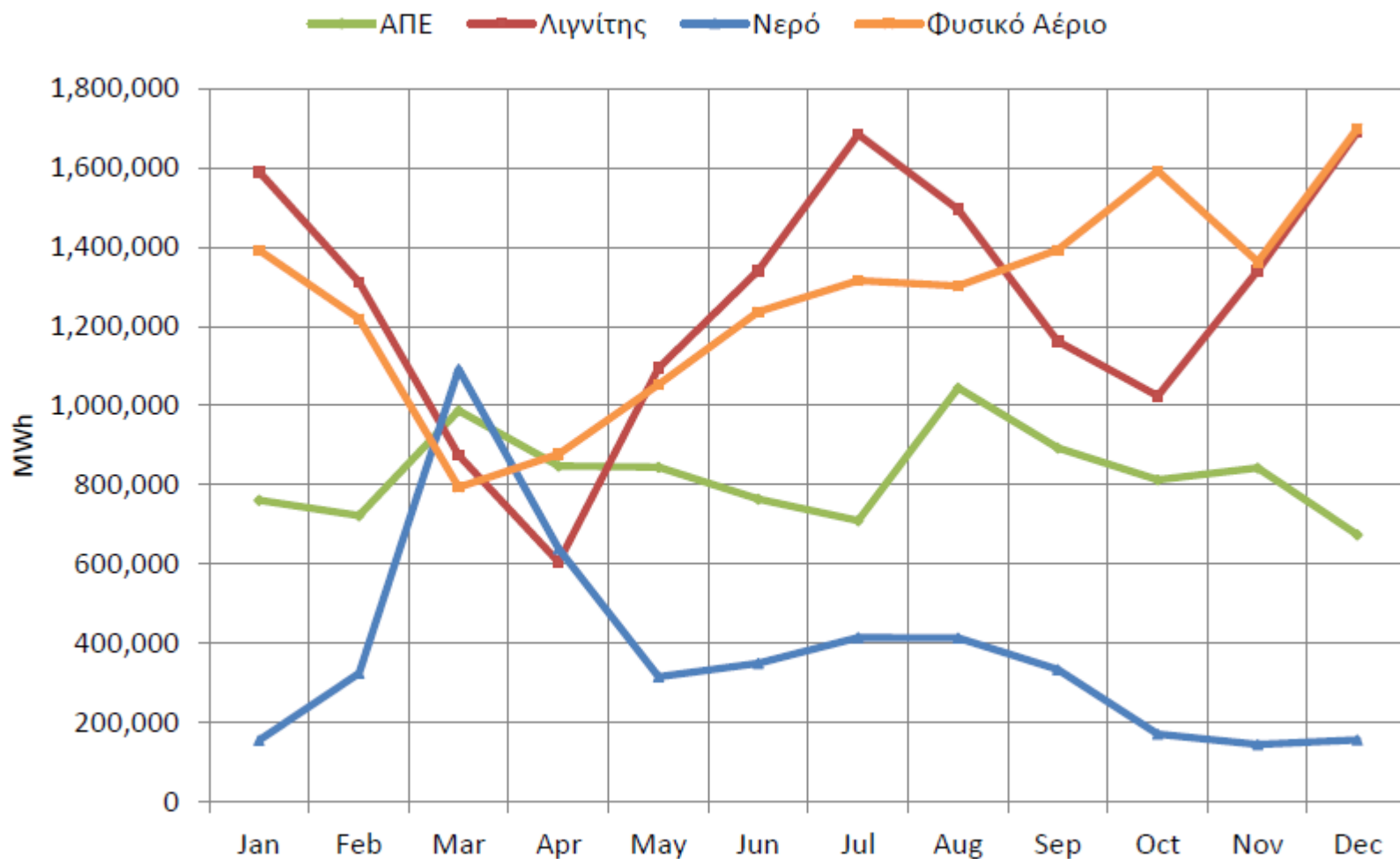
Εγκατεστημένη ισχύς μονάδων στο διασυνδεδεμένο σύστημα ανά καύσιμο

Energy Exchange Group

ΜΗΝΙΑΙΟ ΔΕΛΤΙΟ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΣΥΝΑΛΛΑΓΩΝ ΗΕΠ ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ 2019



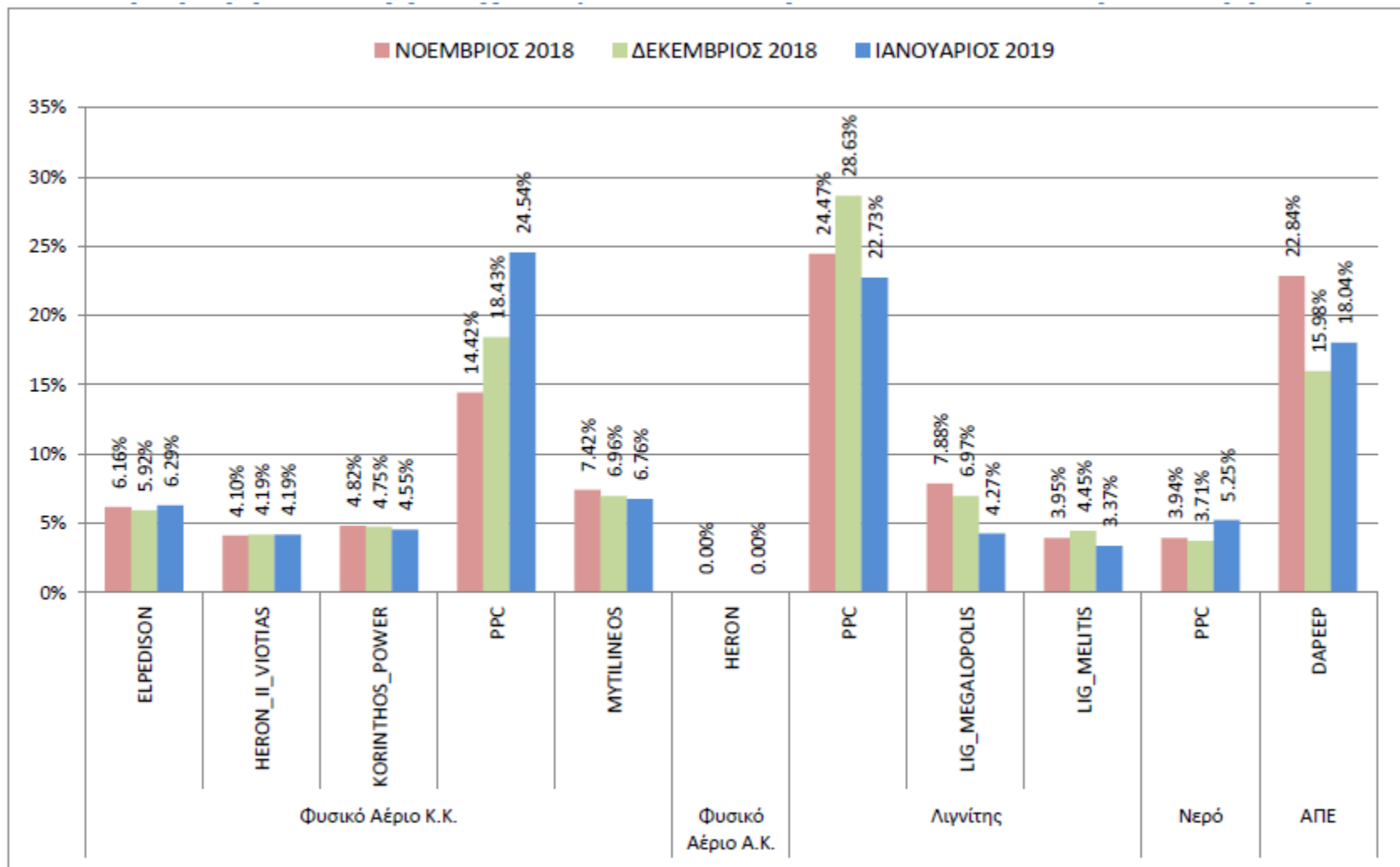
Παραγωγή ηλεκτρισμού ανά τύπο καυσίμου το 2018 στο διασυνδεδεμένο σύστημα



Πηγή: Energy exchange group

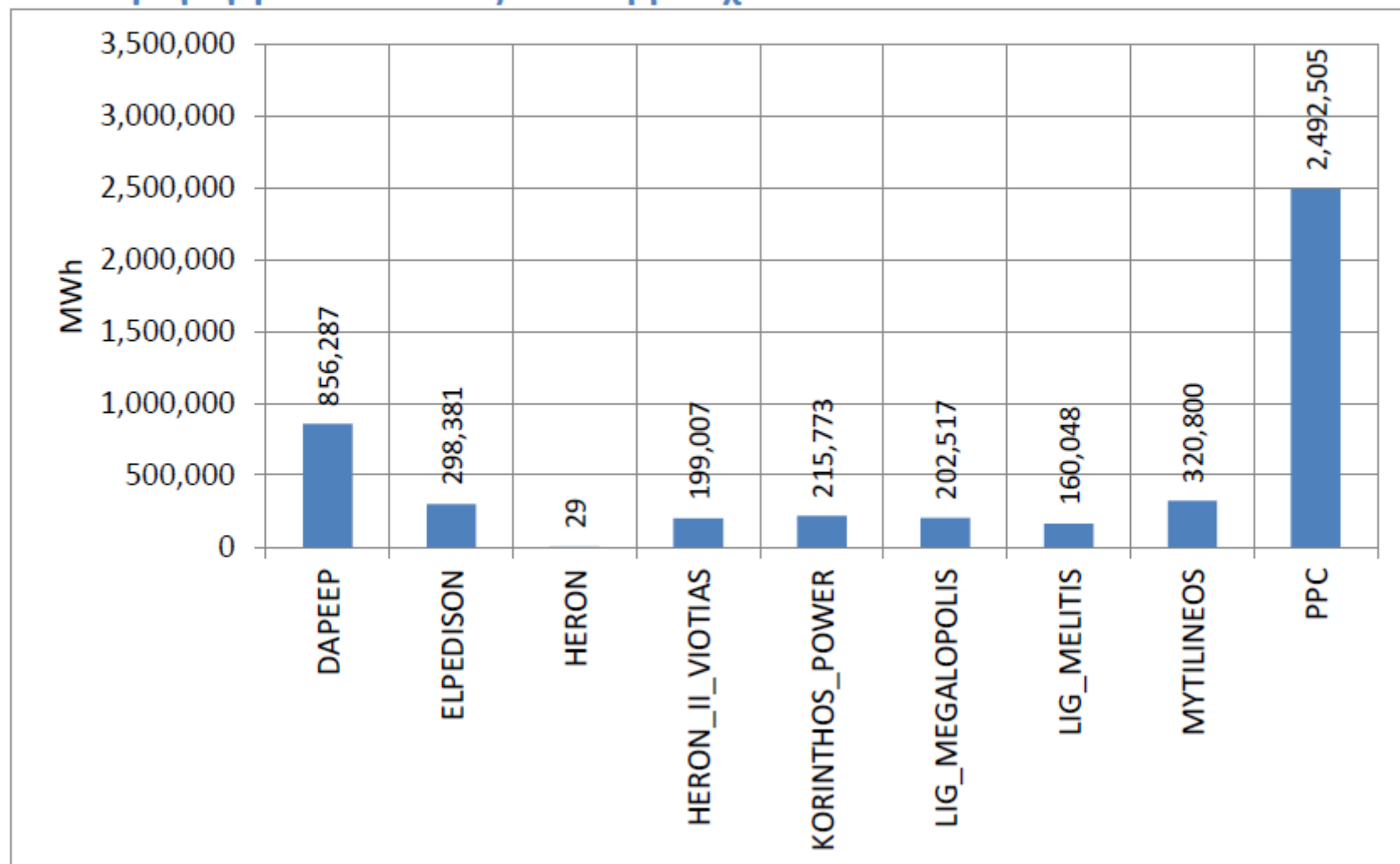
Λιγνίτης (3.904 GW): 33.90%, Φυσικό αέριο (4.900 GW) : 33.96%, Νερό (3.171 GW) : 10.06%, ΑΠΕ (5.494 GW) : 22.08%, (Πίστωση ~ 60 €/MWh)

Ποσοστό (%) στο σύνολο της μηνιαίας παραγωγής Ιανουαρίου 2019 ανά συμμετέχοντα και ανά τύπο καυσίμου σε σύγκριση με τους προηγούμενους μήνες



Πηγή: Energy exchange group

4.2 Παραγωγή και Πιστώσεις ανά Συμμετέχοντα

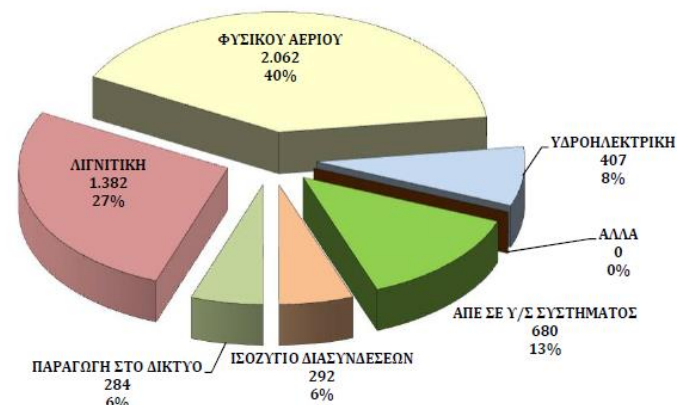


3.7. ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΚΑΤΑΝΕΜΟΜΕΝΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΣΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ

ΜΟΝΑΔΑ	ΚΑΥΣΙΜΟ/ΤΕΧΝΟΛ.	ΠΑΡΑΓΩΓΟΣ	ΚΑΘΑΡΗ ΙΣΧΥΣ (MW)	ΚΑΘΑΡΗ ΠΑΡΑΓΩΓΗ (MWh)	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΗΣ (%)
ΥΗΣ ΑΓΡΑ	ΥΔΡΟΗΛΕΚΤΡΙΚΟ	ΔΕΗ Α.Ε.	50	2.568	7%
ΥΗΣ ΑΣΦΜΑΤΩΝ	ΥΔΡΟΗΛΕΚΤΡΙΚΟ	ΔΕΗ Α.Ε.	108	17.839	22%
ΥΗΣ ΕΔΕΣΣΑΙΟΥ	ΥΔΡΟΗΛΕΚΤΡΙΚΟ	ΔΕΗ Α.Ε.	19	1.604	11%
ΥΗΣ ΘΗΣΑΥΡΟΥ	ΥΔΡΟΗΛΕΚΤΡΙΚΟ	ΔΕΗ Α.Ε.	384	16.827	6%
ΥΗΣ ΙΔΑΡΙΩΝΑ	ΥΔΡΟΗΛΕΚΤΡΙΚΟ	ΔΕΗ Α.Ε.	153	15.830	14%
ΥΗΣ ΚΑΣΤΡΑΚΙΟΥ	ΥΔΡΟΗΛΕΚΤΡΙΚΟ	ΔΕΗ Α.Ε.	320	42.122	18%
ΥΗΣ ΚΡΕΜΑΣΤΩΝ	ΥΔΡΟΗΛΕΚΤΡΙΚΟ	ΔΕΗ Α.Ε.	437	41.841	13%
ΥΗΣ ΛΑΔΩΝΑ	ΥΔΡΟΗΛΕΚΤΡΙΚΟ	ΔΕΗ Α.Ε.	70	39.093	75%
ΥΗΣ Ν. ΠΛΑΣΤΗΡΑ	ΥΔΡΟΗΛΕΚΤΡΙΚΟ	ΔΕΗ Α.Ε.	130	3.708	4%
ΥΗΣ ΠΗΓΩΝ ΑΠΟΥ	ΥΔΡΟΗΛΕΚΤΡΙΚΟ	ΔΕΗ Α.Ε.	210	35.560	23%
ΥΗΣ ΠΛΑΤΑΝΟΒΡΥΣΗΣ	ΥΔΡΟΗΛΕΚΤΡΙΚΟ	ΔΕΗ Α.Ε.	116	17.907	21%
ΥΗΣ ΠΟΥΛΥΦΥΤΟΥ	ΥΔΡΟΗΛΕΚΤΡΙΚΟ	ΔΕΗ Α.Ε.	375	53.389	19%
ΥΗΣ ΠΟΥΡΝΑΡΙΟΥ Ι	ΥΔΡΟΗΛΕΚΤΡΙΚΟ	ΔΕΗ Α.Ε.	300	53.775	24%
ΥΗΣ ΠΟΥΡΝΑΡΙΟΥ ΙΙ	ΥΔΡΟΗΛΕΚΤΡΙΚΟ	ΔΕΗ Α.Ε.	34	8.051	32%
ΥΗΣ ΣΦΗΚΙΑΣ	ΥΔΡΟΗΛΕΚΤΡΙΚΟ	ΔΕΗ Α.Ε.	315	33.612	14%
ΥΗΣ ΣΤΡΑΤΟΥ Ι	ΥΔΡΟΗΛΕΚΤΡΙΚΟ	ΔΕΗ Α.Ε.	150	23.032	21%
ΑΗΣ ΑΓ. ΔΗΜΗΤΡΙΟΥ Ι	ΛΙΓΝΙΤΗΣ	ΔΕΗ Α.Ε.	274		
ΑΗΣ ΑΓ. ΔΗΜΗΤΡΙΟΥ ΙΙ	ΛΙΓΝΙΤΗΣ	ΔΕΗ Α.Ε.	274	123.813	61%
ΑΗΣ ΑΓ. ΔΗΜΗΤΡΙΟΥ ΙΙΙ	ΛΙΓΝΙΤΗΣ	ΔΕΗ Α.Ε.	283	149.051	71%
ΑΗΣ ΑΓ. ΔΗΜΗΤΡΙΟΥ ΙV	ΛΙΓΝΙΤΗΣ	ΔΕΗ Α.Ε.	283	114.940	55%
ΑΗΣ ΑΓ. ΔΗΜΗΤΡΙΟΥ V	ΛΙΓΝΙΤΗΣ	ΔΕΗ Α.Ε.	342	172.152	68%
ΑΗΣ ΑΜΥΝΤΑΙΟΥ Ι	ΛΙΓΝΙΤΗΣ	ΔΕΗ Α.Ε.	273	98.581	49%
ΑΗΣ ΑΜΥΝΤΑΙΟΥ ΙΙ	ΛΙΓΝΙΤΗΣ	ΔΕΗ Α.Ε.	273	97.973	48%
ΑΗΣ ΚΑΡΔΙΑΣ Ι	ΛΙΓΝΙΤΗΣ	ΔΕΗ Α.Ε.	271	20.184	10%
ΑΗΣ ΚΑΡΔΙΑΣ ΙΙ	ΛΙΓΝΙΤΗΣ	ΔΕΗ Α.Ε.	271		
ΑΗΣ ΚΑΡΔΙΑΣ ΙΙΙ	ΛΙΓΝΙΤΗΣ	ΔΕΗ Α.Ε.	280	129.493	62%
ΑΗΣ ΚΑΡΔΙΑΣ ΙV	ΛΙΓΝΙΤΗΣ	ΔΕΗ Α.Ε.	280	131.478	63%
ΑΗΣ ΜΕΓΑΛΟΠΟΛΗΣ ΙΙΙ	ΛΙΓΝΙΤΗΣ	ΑΙΓΝΙΤΙΚΗ ΜΕΓΑΛΟΠΟΛΗΣ Α.Ε.	255	118.362	62%
ΑΗΣ ΜΕΓΑΛΟΠΟΛΗΣ ΙV	ΛΙΓΝΙΤΗΣ	ΑΙΓΝΙΤΙΚΗ ΜΕΓΑΛΟΠΟΛΗΣ Α.Ε.	256	68.770	36%
ΑΗΣ ΜΕΛΙΤΗΣ Ι	ΛΙΓΝΙΤΗΣ	ΑΙΓΝΙΤΙΚΗ ΜΕΛΙΤΗΣ Α.Ε.	289	156.984	73%
ΑΗΣ ΚΟΜΟΤΙΝΗΣ Ι	Φ.Α. ΣΥΝΔ. ΚΥΚΛΟΣ	ΔΕΗ Α.Ε.	476	223.821	63%
ΑΗΣ ΛΑΥΡΙΟΥ ΙV	Φ.Α. ΣΥΝΔ. ΚΥΚΛΟΣ	ΔΕΗ Α.Ε.	550	127.580	31%
ΑΗΣ ΛΑΥΡΙΟΥ V	Φ.Α. ΣΥΝΔ. ΚΥΚΛΟΣ	ΔΕΗ Α.Ε.	378	246.217	88%
ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ	Φ.Α. ΣΥΝΔ. ΚΥΚΛΟΣ	ELPEDISON ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ Α.Ε.	400	207.742	70%
ΑΗΣ ΛΑΙΒΕΡΙΟΥ 5	Φ.Α. ΣΥΝΔ. ΚΥΚΛΟΣ	ΔΕΗ Α.Ε.	417	277.466	89%
ΑΗΣ ΜΕΓΑΛΟΠΟΛΗΣ V	Φ.Α. ΣΥΝΔ. ΚΥΚΛΟΣ	ΔΕΗ Α.Ε.	500	235.062	63%
ΛΑΟΥΜΝΙΟΝ	Φ.Α. ΣΥΝΔ. ΚΥΚΛΟΣ	ΜΥΤΙΛΗΝΑΙΟΣ ΑΝΩΝΥΜΟΣ ΕΤΑΙ	334	104.159	42%
ELPEDISON ΘΙΣΒΗ	Φ.Α. ΣΥΝΔ. ΚΥΚΛΟΣ	ELPEDISON ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ Α.Ε.	410	88.431	29%
ΗΡΩΝ ΙΙ ΒΟΙΩΤΙΑΣ	Φ.Α. ΣΥΝΔ. ΚΥΚΛΟΣ	ΗΡΩΝ ΙΙ ΒΟΙΩΤΙΑΣ Α.Ε.	422	196.833	63%
KORINTHOS POWER	Φ.Α. ΣΥΝΔ. ΚΥΚΛΟΣ	KORINTHOS POWER Α.Ε.	433	208.452	65%
PROTERGIA_CC	Φ.Α. ΣΥΝΔ. ΚΥΚΛΟΣ	ΜΥΤΙΛΗΝΑΙΟΣ ΑΝΩΝΥΜΟΣ ΕΤΑΙ	433	219.496	68%
ΗΡΩΝ ΘΕΡΜΟΗΛΕΚΤΡΙΚΗ Ι	Φ.Α. ΑΕΡΙΟΣΤΡΟΒΙΛΟΣ	ΗΡΩΝ ΘΕΡΜΟΗΛΕΚΤΡΙΚΗ Α.Ε.	49	352	1%
ΗΡΩΝ ΘΕΡΜΟΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΙΙ	Φ.Α. ΑΕΡΙΟΣΤΡΟΒΙΛΟΣ	ΗΡΩΝ ΘΕΡΜΟΗΛΕΚΤΡΙΚΗ Α.Ε.	49	213	1%
ΗΡΩΝ ΘΕΡΜΟΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΙΙΙ	Φ.Α. ΑΕΡΙΟΣΤΡΟΒΙΛΟΣ	ΗΡΩΝ ΘΕΡΜΟΗΛΕΚΤΡΙΚΗ Α.Ε.	49	351	1%
ΣΥΝΟΛΟ			11.976	3.924.714	44%

ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ & ΙΣΟΖΥΓΙΟ ΔΙΑΣΥΝΔΕΣΕΩΝ (GWh)

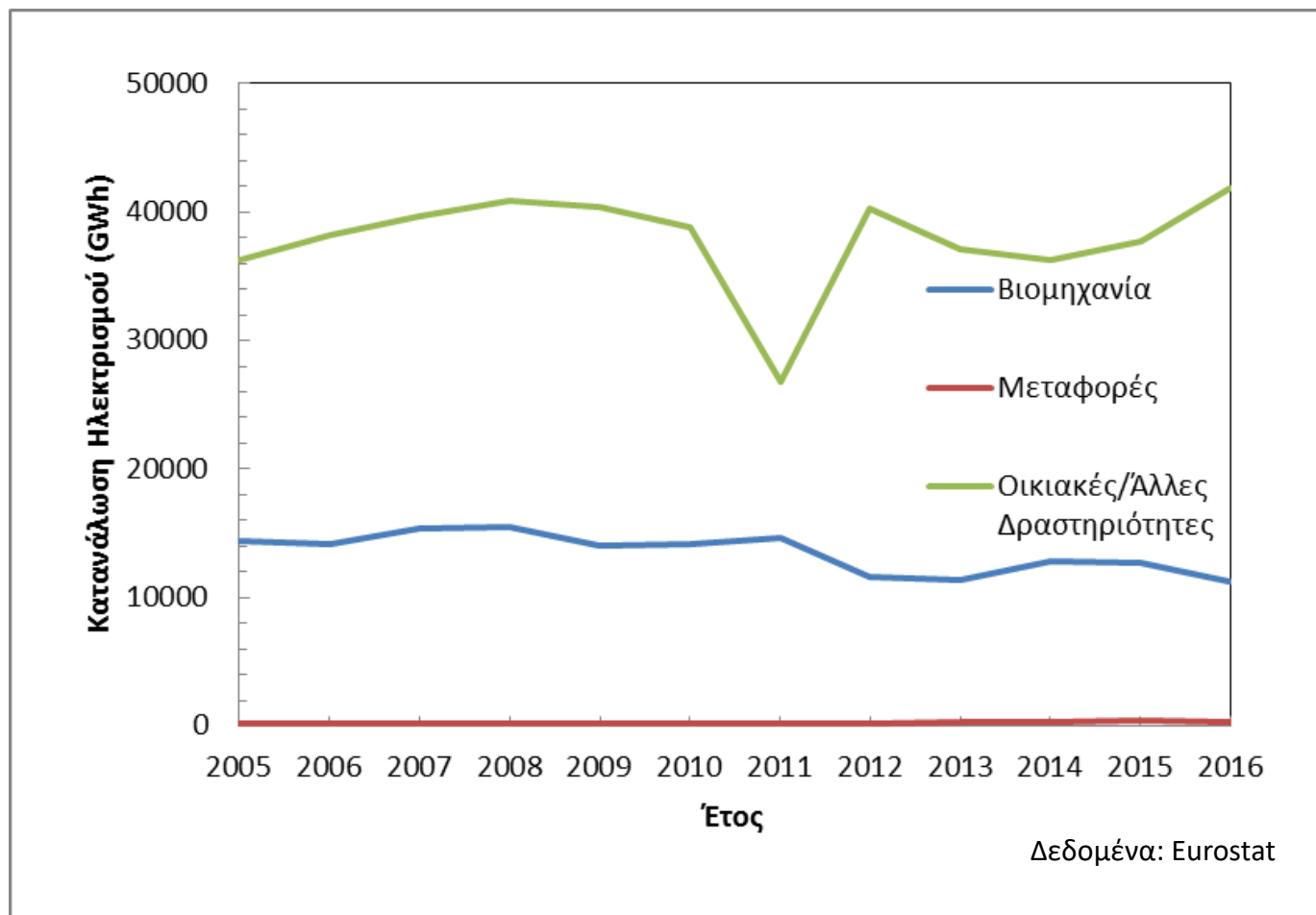
5.106 GWh



Η παραγωγή αναφέρεται στο σημείο έγχυσης στο Σύστημα.

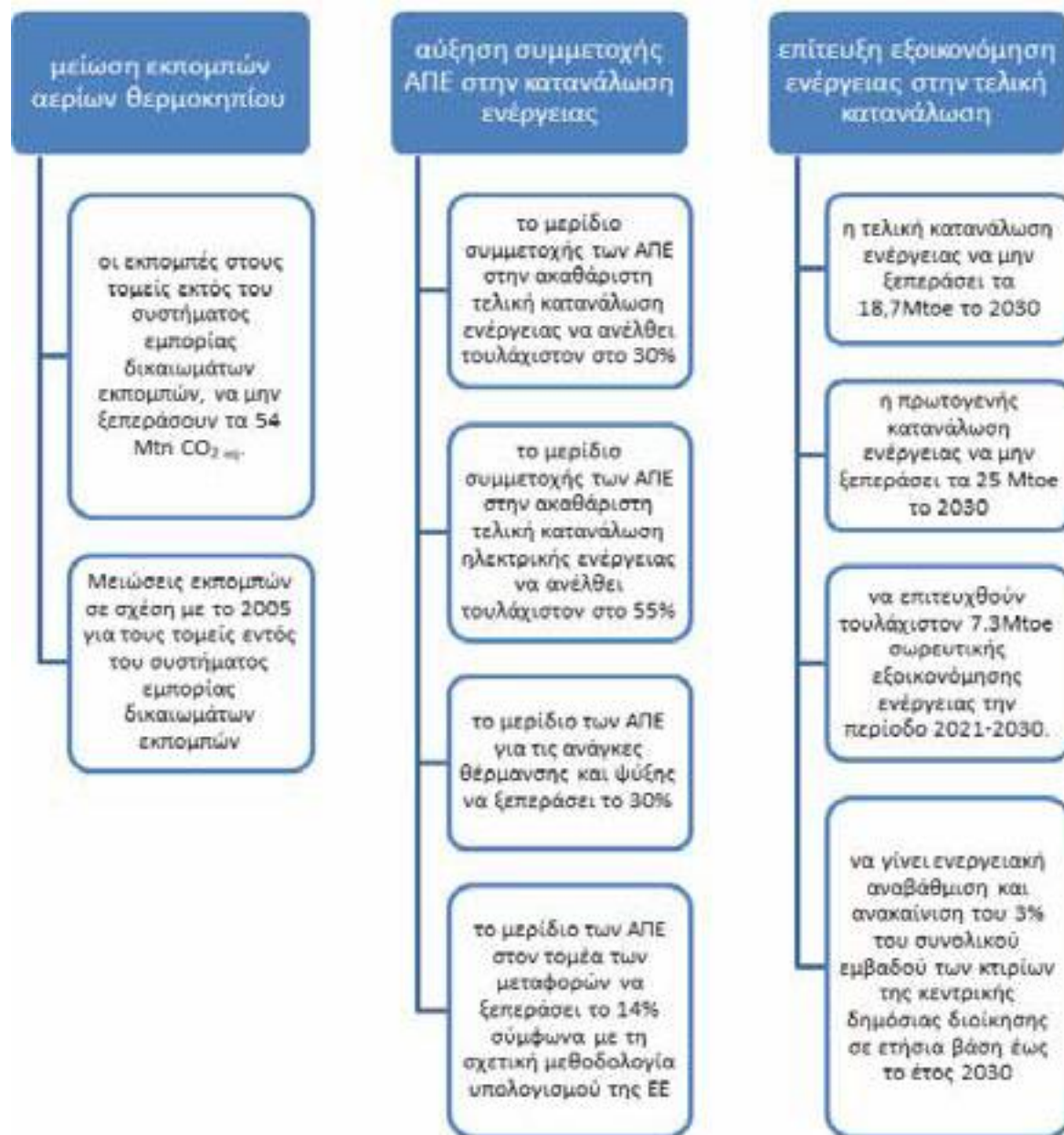
Η παραγωγή για τις Κατανεμόμενες μονάδες ΣΗΘΥΑ είναι η συνολική παραγωγή (συμβατική και ΣΗΘΥΑ).

Κατανάλωση ηλεκτρισμού στην Ελλάδα (GWh)



Την χρονική περίοδο 2006 – 2017, η κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας στην Ελλάδα μειώθηκε -2,4% κατ' έτος λόγω της οικονομικής κρίσης

Εθνικοί Στόχοι



Πως αντιμετωπίζεται η ενεργειακή πρόκληση;

- ☞ Ανακάλυψη νέων μεθόδων παραγωγής ενέργειας, ανταγωνιστικών, άφθονων, αποδεκτών και φιλικών προς το περιβάλλον
- ☞ Οι κυβερνήσεις προσανατολίζονται προς:
 - ανάπτυξη ευρείας κλίμακας εφαρμογών ΑΠΕ
 - έλεγχο της ενεργειακής ζήτησης

Ορισμένα συγκριτικά στοιχεία

Μέθοδος

Απαιτούνται για 1000 MWe:

Πυρηνική	<1 km ²
Φωτοβολταική	100 km ² @ 10% απόδοση
Αιολική	100 - 200 km ² (3,000 τουρμπίνες @ 1250 kW) (π.χ. Εάν γίνει εκμετάλλευση του συνολικού αιολικού δυναμικού των Περιοχών Αιολικής Προτεραιότητας: 3.190 τυπικές Α/Γ (ενδεικτικά 6.379 MWe))
Βιοαέριο	60 M χοίροι, 800 M κοτόπουλα, ή 6,200 km ² κοκκινογούλια
Βιοαλκοόλη	7,400 km ² πατάτες, 16,100 km ² καλαμπόκι, ή 272,000 km ² σιτάρι
Βιομάζα	30,000 km ² καυσόξυλο

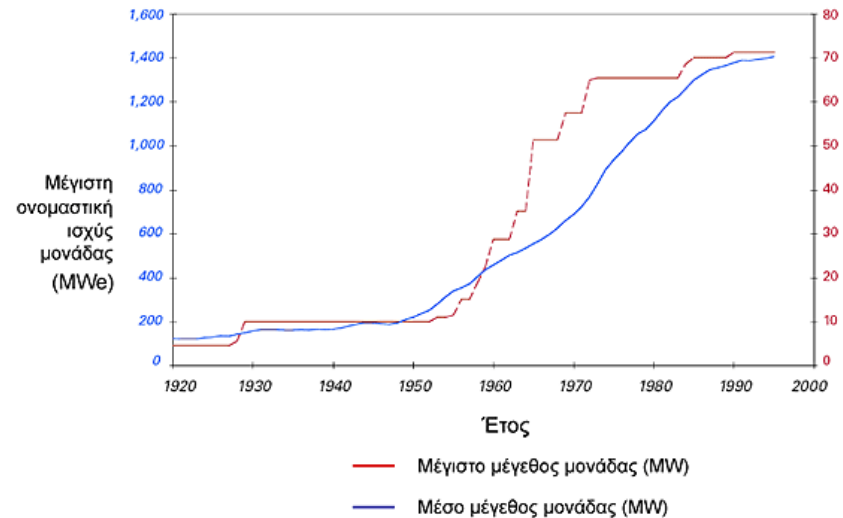
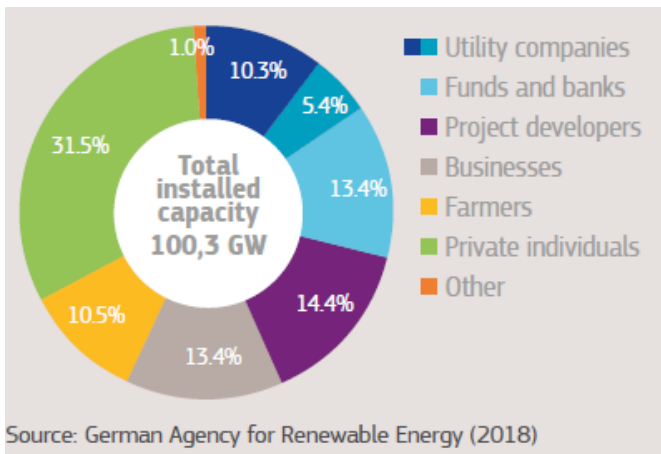
Πως αντιμετωπίζεται η ενεργειακή πρόκληση;

Το συγκεντρωτικό μοντέλο παραγωγής ενέργειας έχει αγγίξει πλέον τα όριά του

Δεν συμβαδίζει πια με τις πραγματικές ανάγκες των καταναλωτών (1 έως 10 KW ανά νοικοκυριό ή μικρή επιχείρηση)

Μόνο οι βιομηχανικοί και μεγάλοι εμπορικοί καταναλωτές απαιτούν περισσότερη ισχύ

Στη Γερμανία, το 1/3 της παραγωγής ΑΠΕ τα 2016 είναι από ιδιώτες



Σ. Ψωμάς, Εθνικό Κέντρο Περιβάλλοντος & Αειφόρου Ανάπτυξης, 2003
<http://docplayer.gr/307499-Energeia-perivallon-kai-epiheirimatikotita.html>

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ

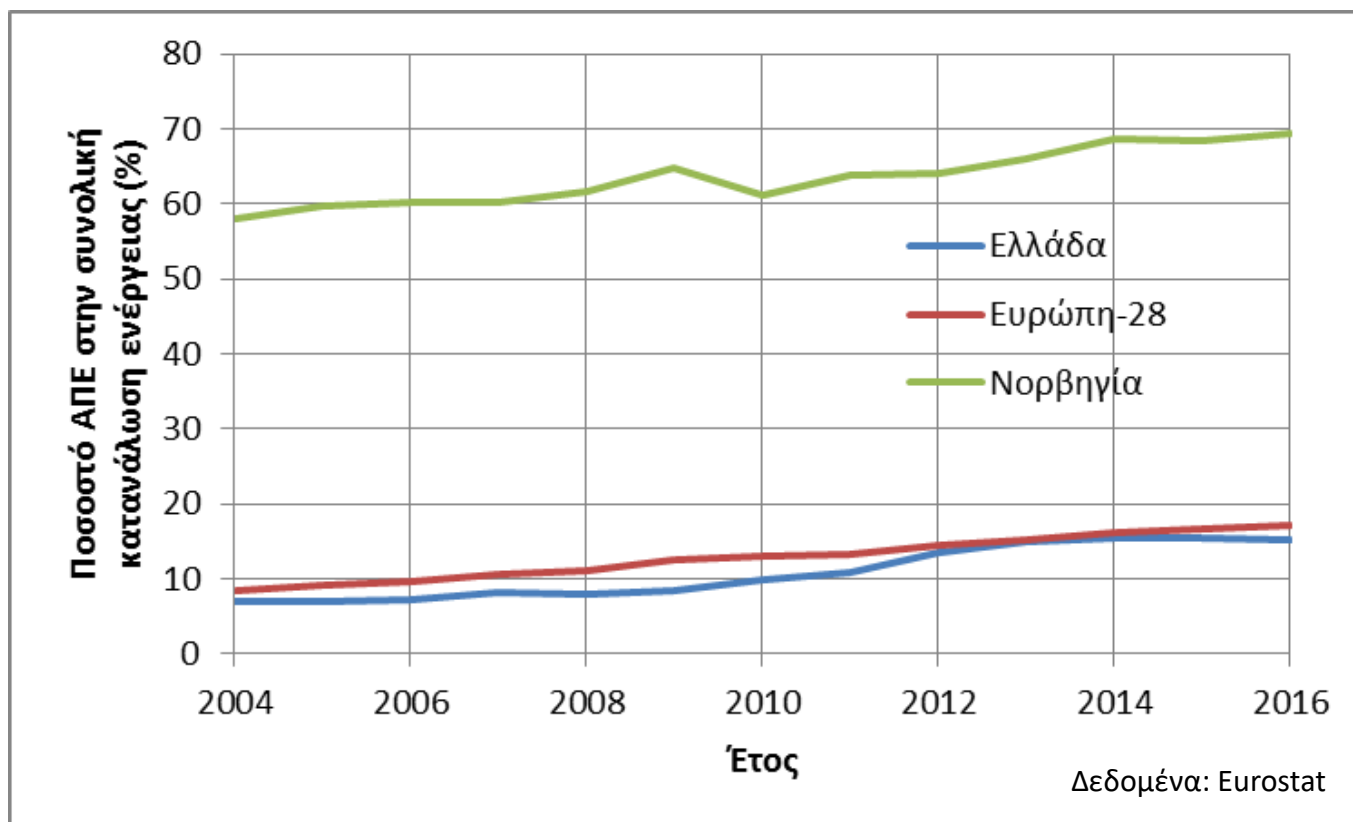
Πυρηνικός αντιδραστήρας
Ανθρακικός σταθμός
Αεριοστρόβιλος συνδυασμένου κύκλου
Βιομηχανική μονάδα συμπαραγωγής
Ανεμογεννήτρια
Μικροσυστήματα ισχύος
Κυψέλες καυσίμου οικιακού τύπου
Φωτοβολταϊκά

ΤΥΠΙΚΗ ΙΣΧΥΣ (KW)

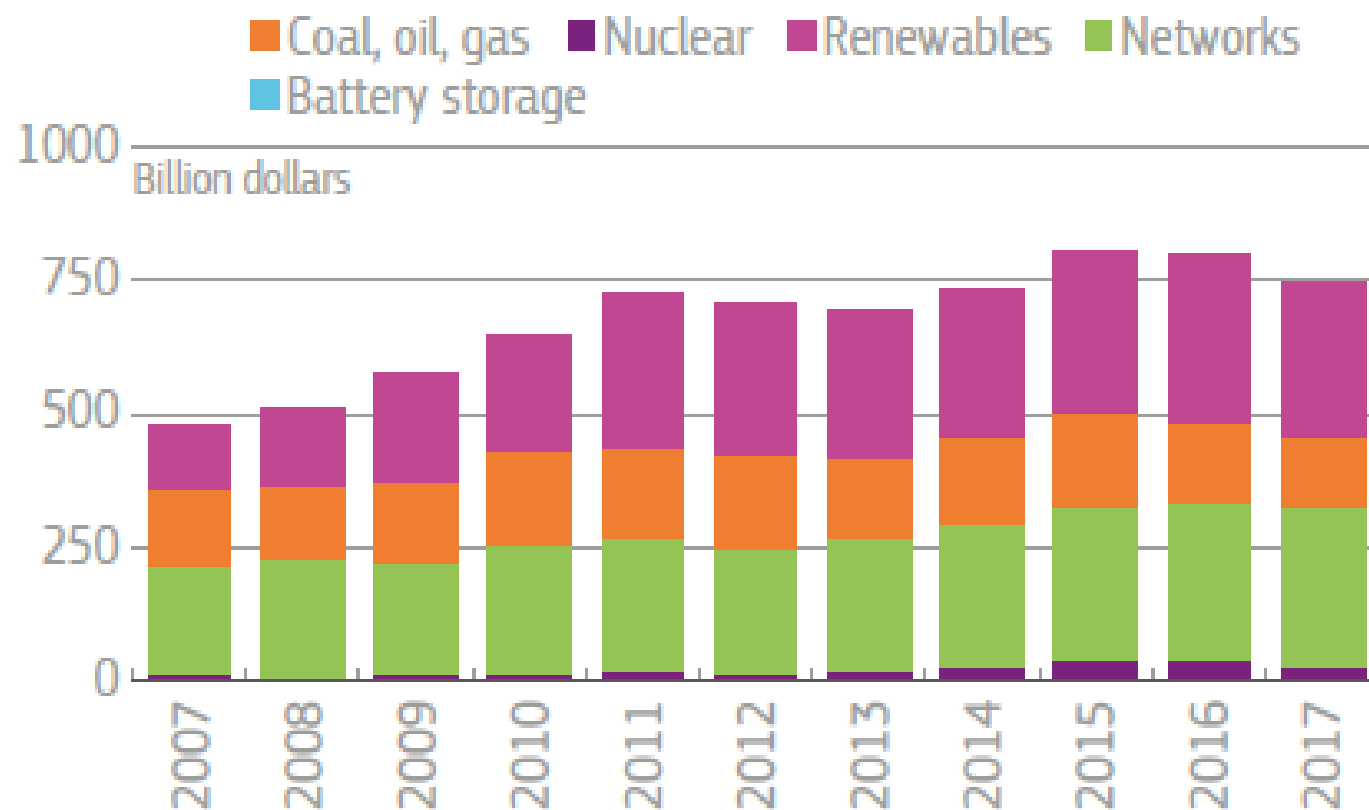
1.000.000
600.000
250.000
50.000
1.000
50
7
0,1

→ **μαζική μετάβαση στην
αποκεντρωμένη παραγωγή ενέργειας από
Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας**

Συμμετοχή των ΑΠΕ στη συνολική κατανάλωση ενέργειας (%)

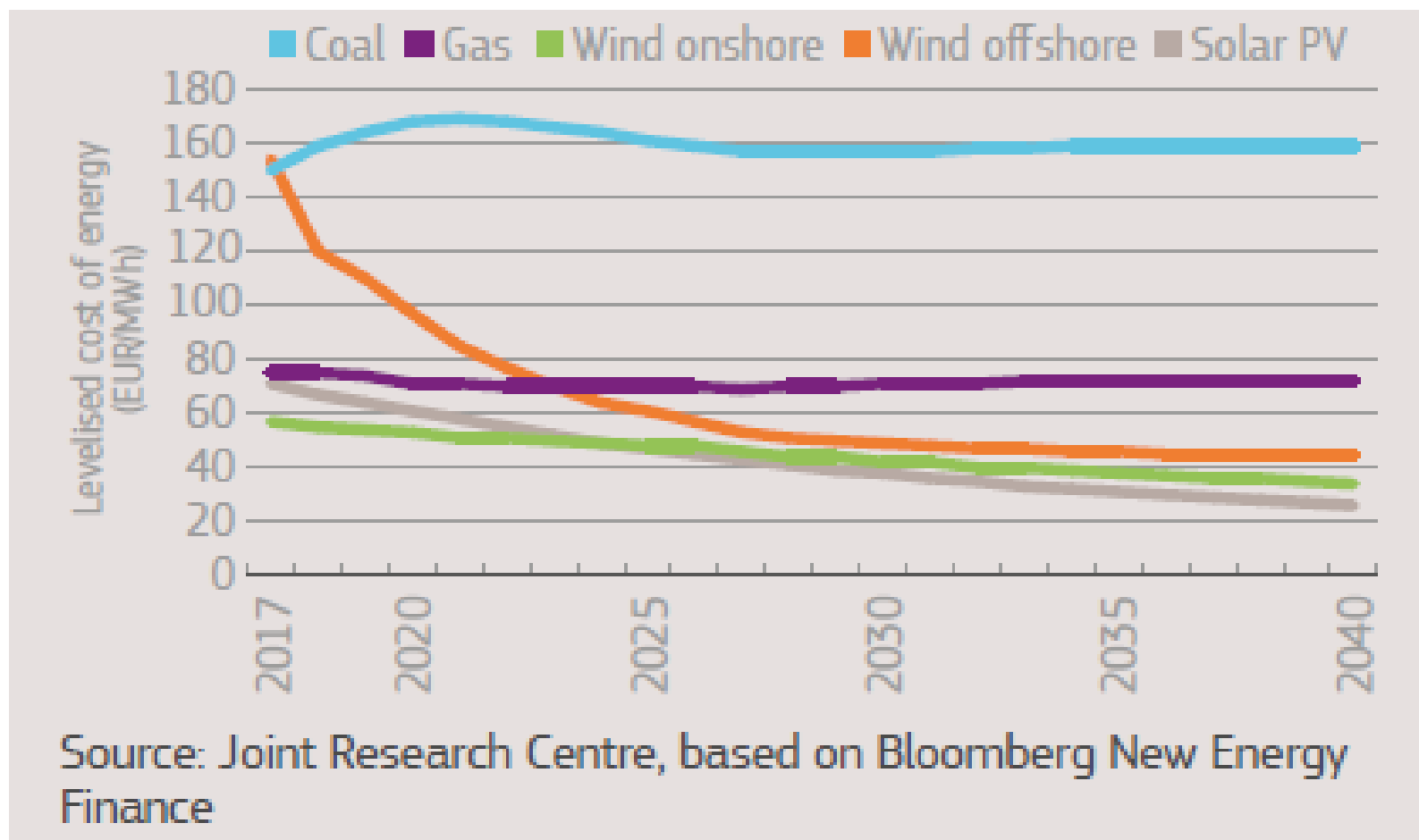


ΑΠΕ: Μεγαλύτερες επενδύσεις σε σχέση με συμβατικές



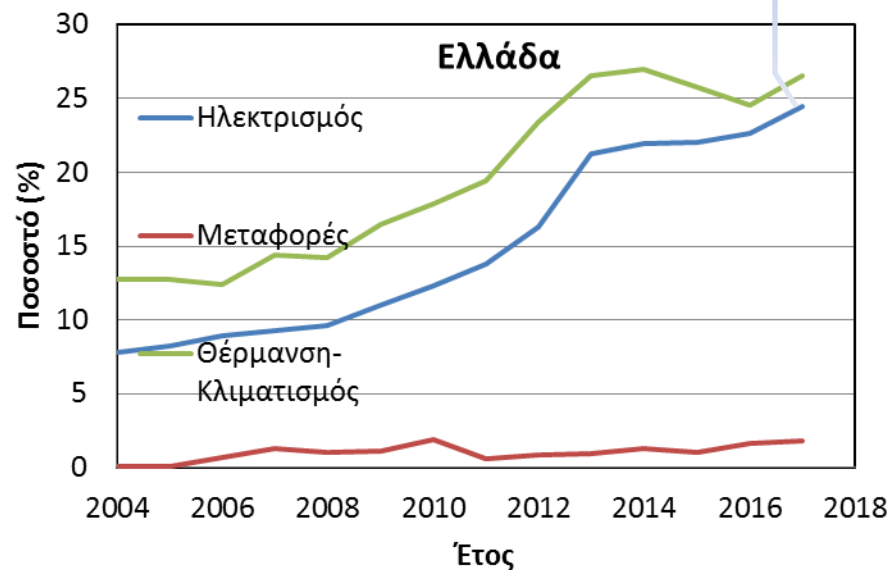
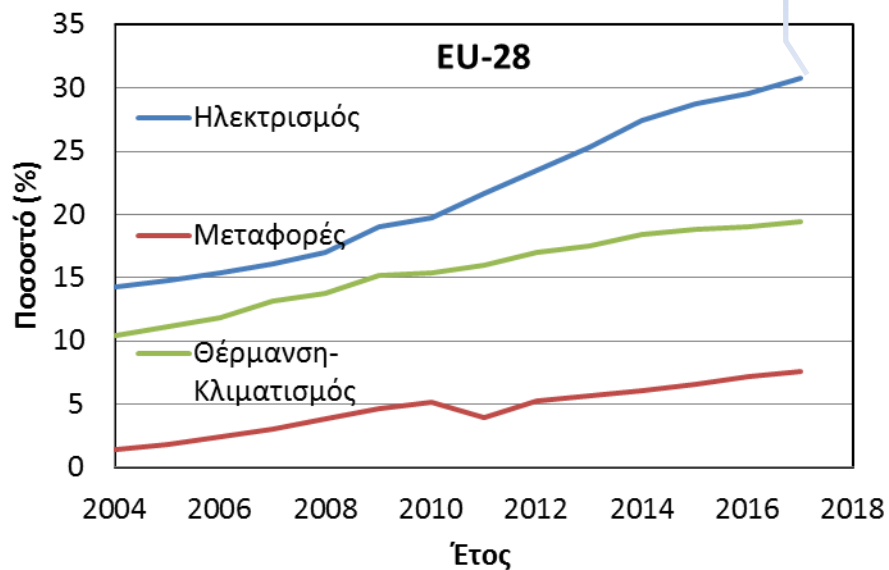
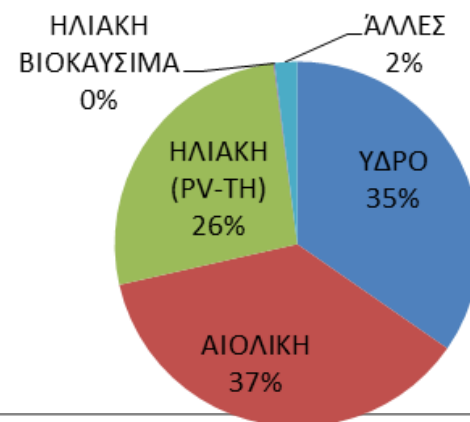
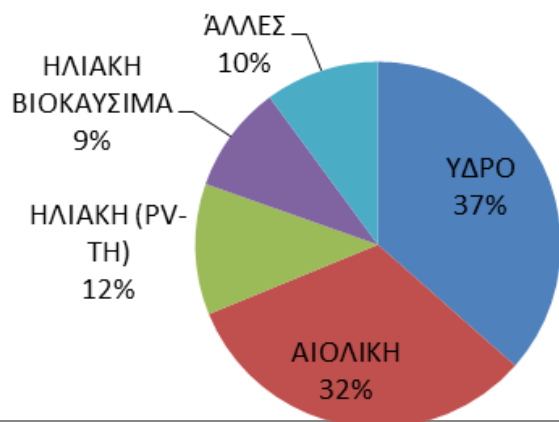
Source: International Energy Agency

ΑΠΕ: Πιο φτηνές στη Γερμανία από συμβατικές πηγές ενέργειας



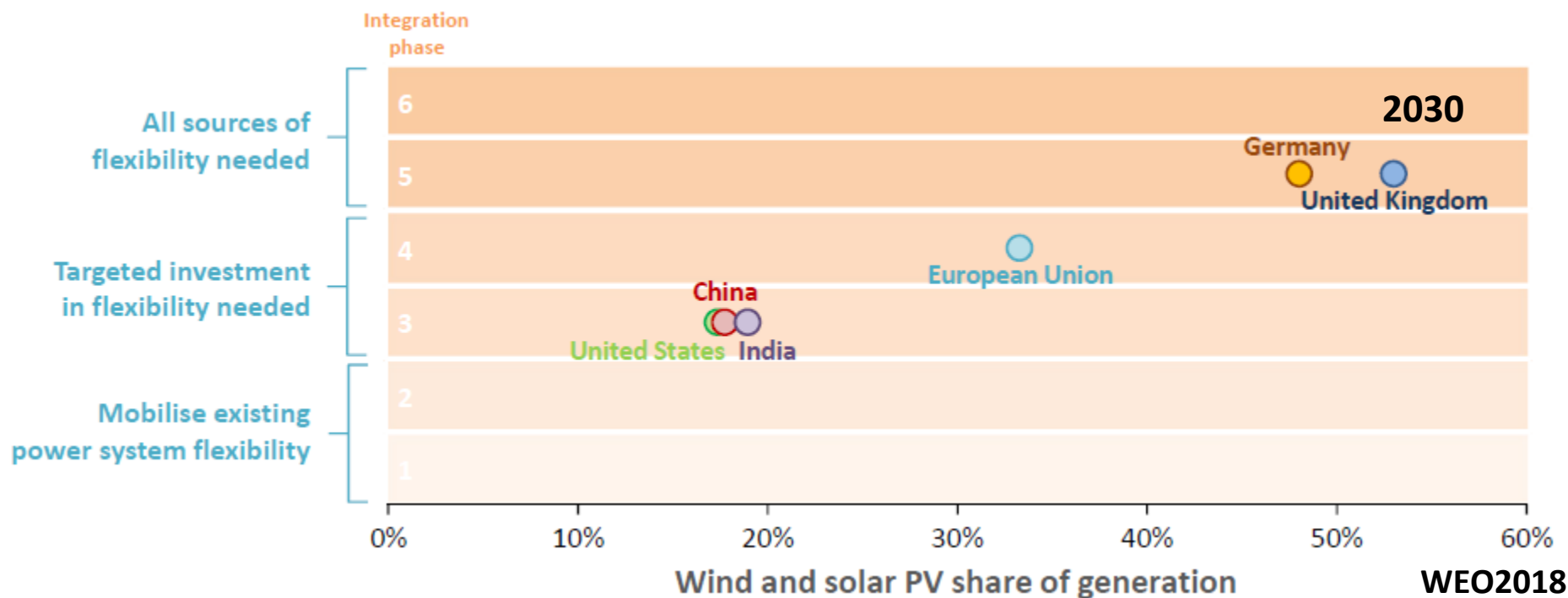
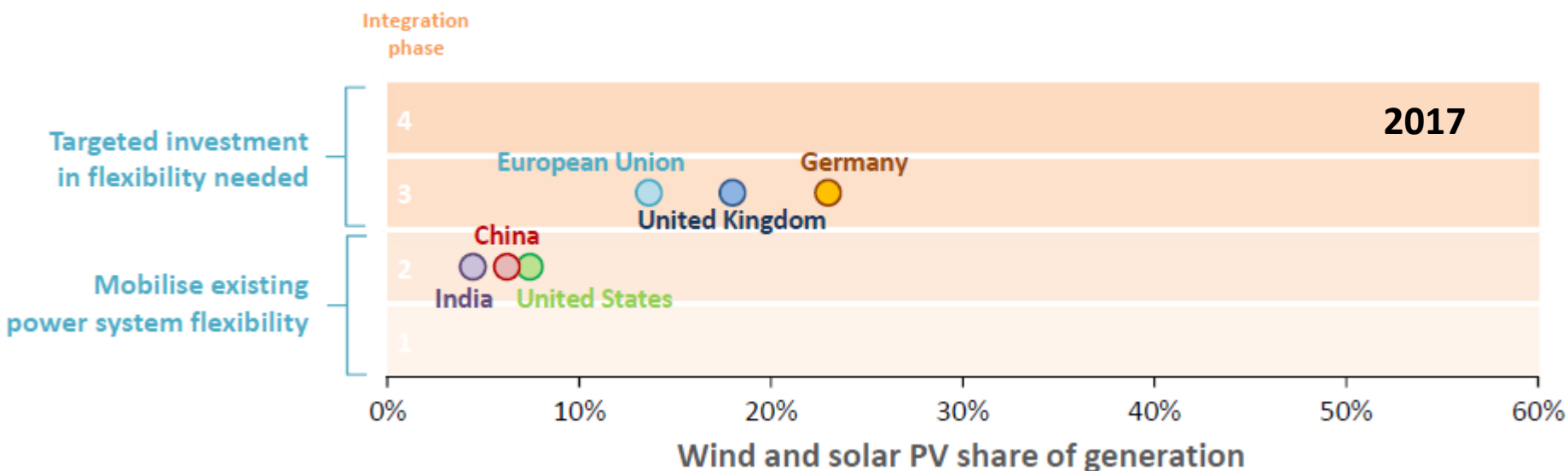
ΦΒ: μείωση 70% από το 2010

Συμμετοχή των ΑΠΕ στις επιμέρους καταναλώσεις (%)



Δεδομένα: Eurostat

Είναι εφικτή η μετάβαση σε 100% κάλυψη των ενεργειακών αναγκών από ΑΠΕ?



Νέες και αναδυόμενες ανάγκες

Εισαγωγές υλικών και επιμέρους τμημάτων ΑΠΕ στην ΕΕ

