

Μεγάλα και Μικρά ΥΗΕ

Ο ρόλος τους στο ενεργειακό σύστημα της χώρας

Ι.Π. Στεφανάκος

Δρ. Πολ. Μηχανικός, τ. Επίκ. Καθηγητής ΕΜΠ



ΕΛΛΗΝΙΚΗ
ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΗ
ΕΤΑΙΡΕΙΑ
ΕΔΑΦΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ
& ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΗΣ
ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ



ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΥΔΡΟΔΥΝΑΜΙΚΟ (GWh)

☐	Ολικό Θεωρητικό Υδροδυναμικό	80.000
☐	Τεχνικά Εκμεταλλεύσιμο	20.000
☐	Οικονομικά Εκμεταλλεύσιμο	15.000
☐	Παραγωγή το 1995 από εισροές (μέσο)	3.511
☐	Παραγωγή το 2001 από εισροές (ξηρό)	2.037
☐	Παραγωγή το 2010 από εισροές (υγρό)	6.036
☐	Αξιοποίηση Υδροδυναμικού	32 %
☐	Συνολική Παραγωγή το 2010	52.366
☐	Ποσοστό Παραγωγής από ΥΗΕ το 2010	11,5 %
☐	Ισχύς ΥΗΕ 3.200 MW (Αναστρέψιμα 700 MW)	

ΠΑΓΚΟΣΜΙΟ ΥΔΡΟΔΥΝΑΜΙΚΟ (TWh)

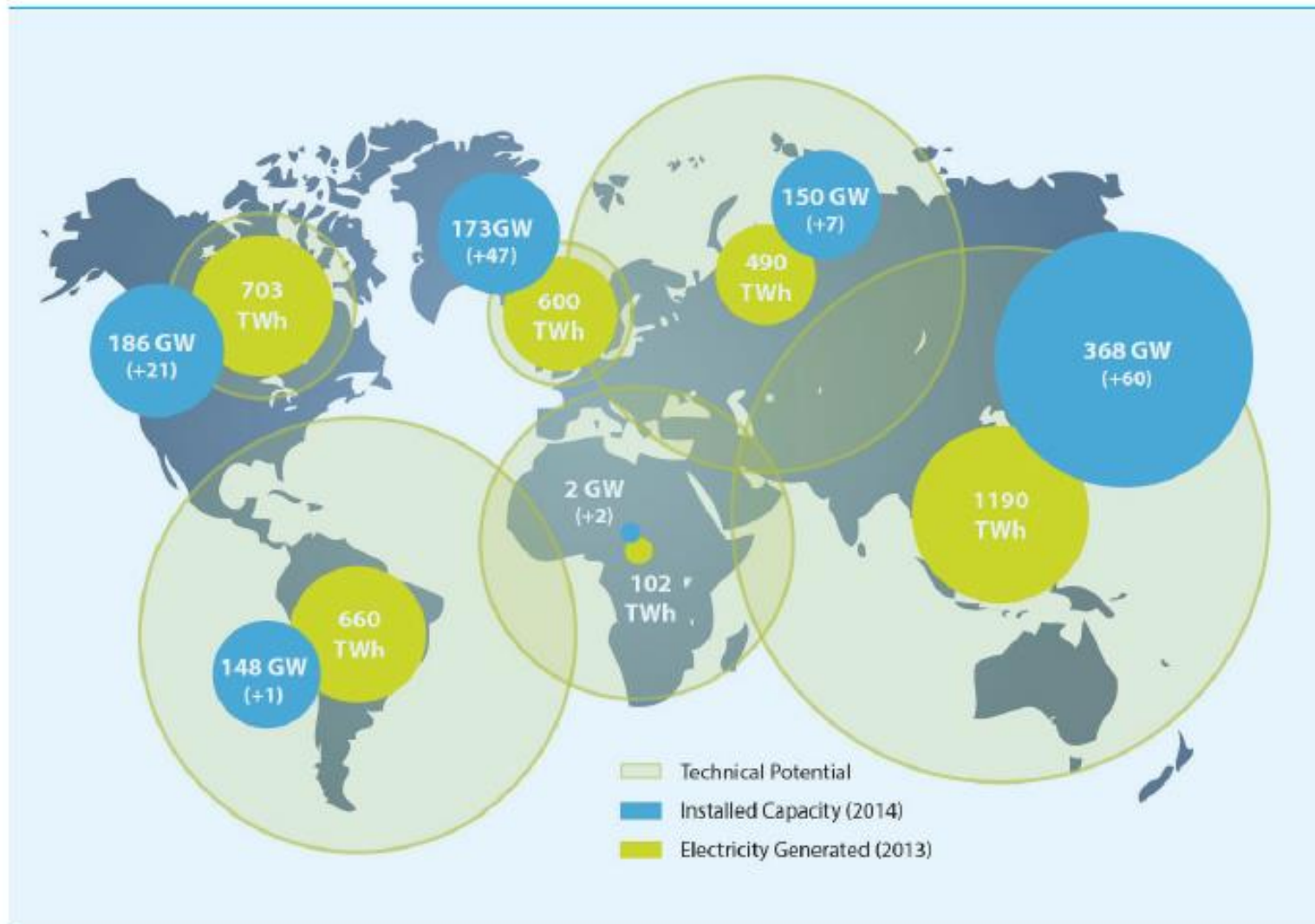
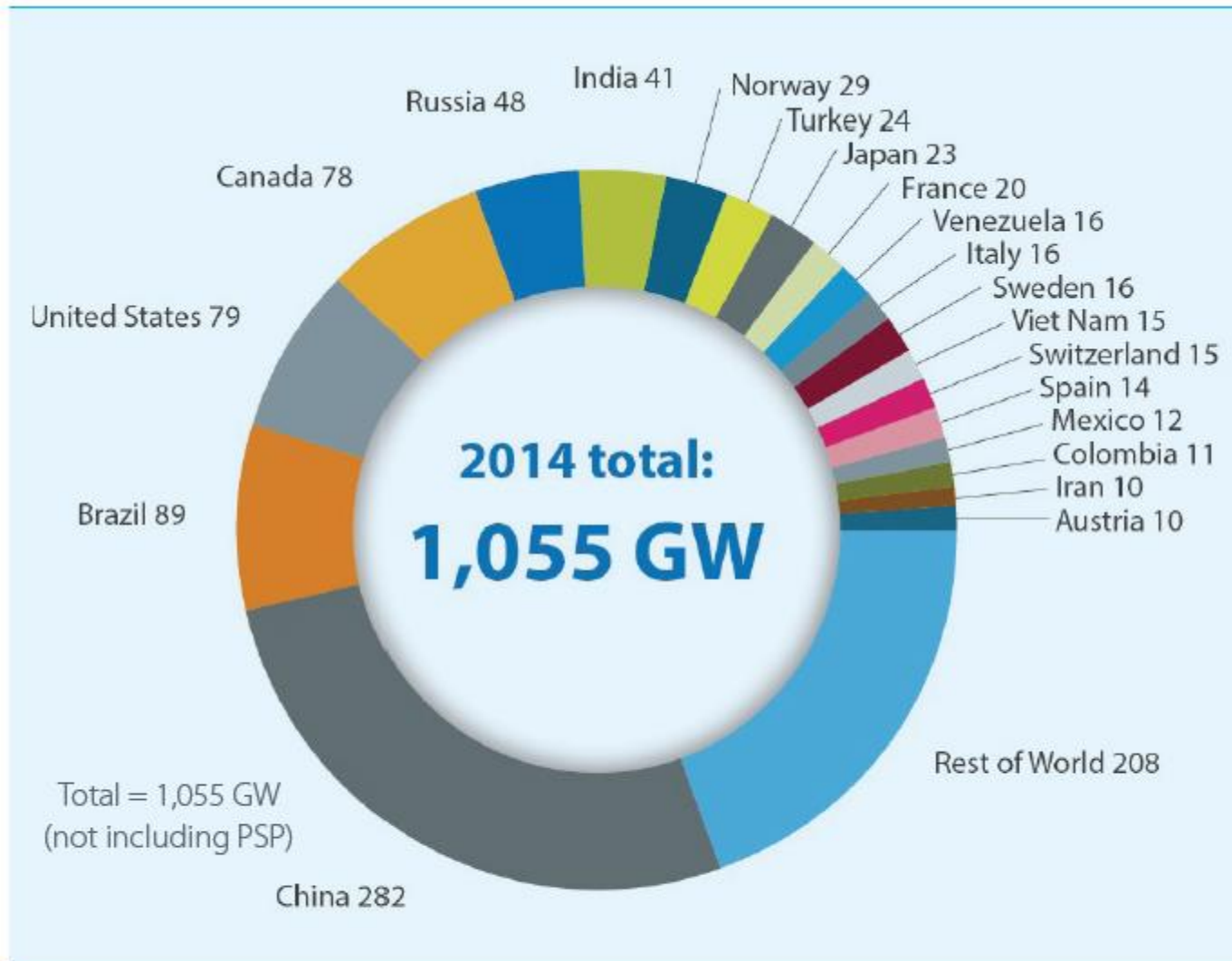


Figure 4. Global hydropower technical potential, generation and installed capacity by region. Pumped storage is shown in brackets.

ΠΑΓΚΟΣΜΙΑ ΥΔΡΟΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΙΣΧΥΣ (GW)

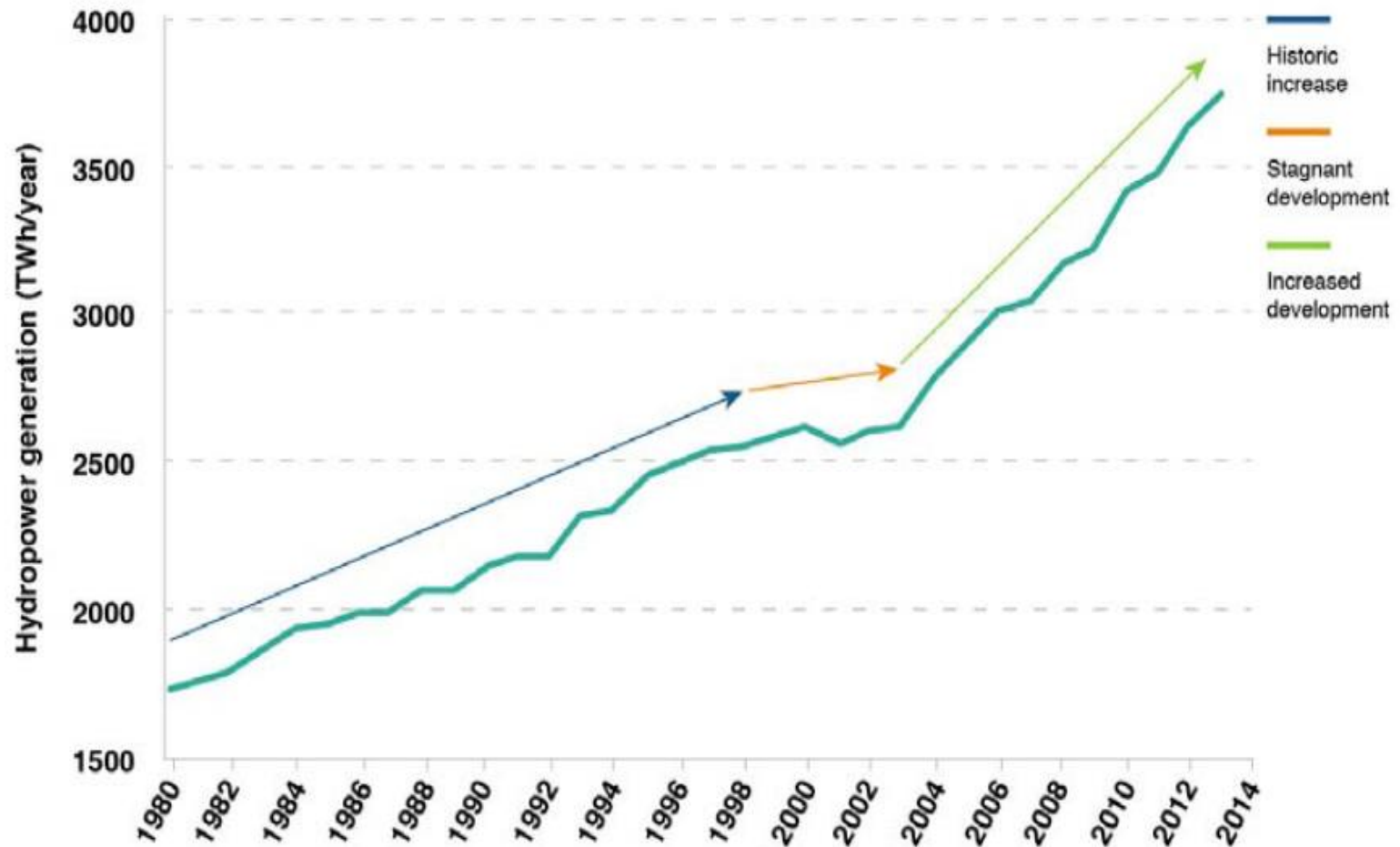


Πηγή ΙΗΑ

ΠΑΓΚΟΣΜΙΑ ΥΔΡΟΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΠΑΡΑΓΩΓΗ (TWh) 1980-2013

Figure 1 – Global total hydropower generation since 1980

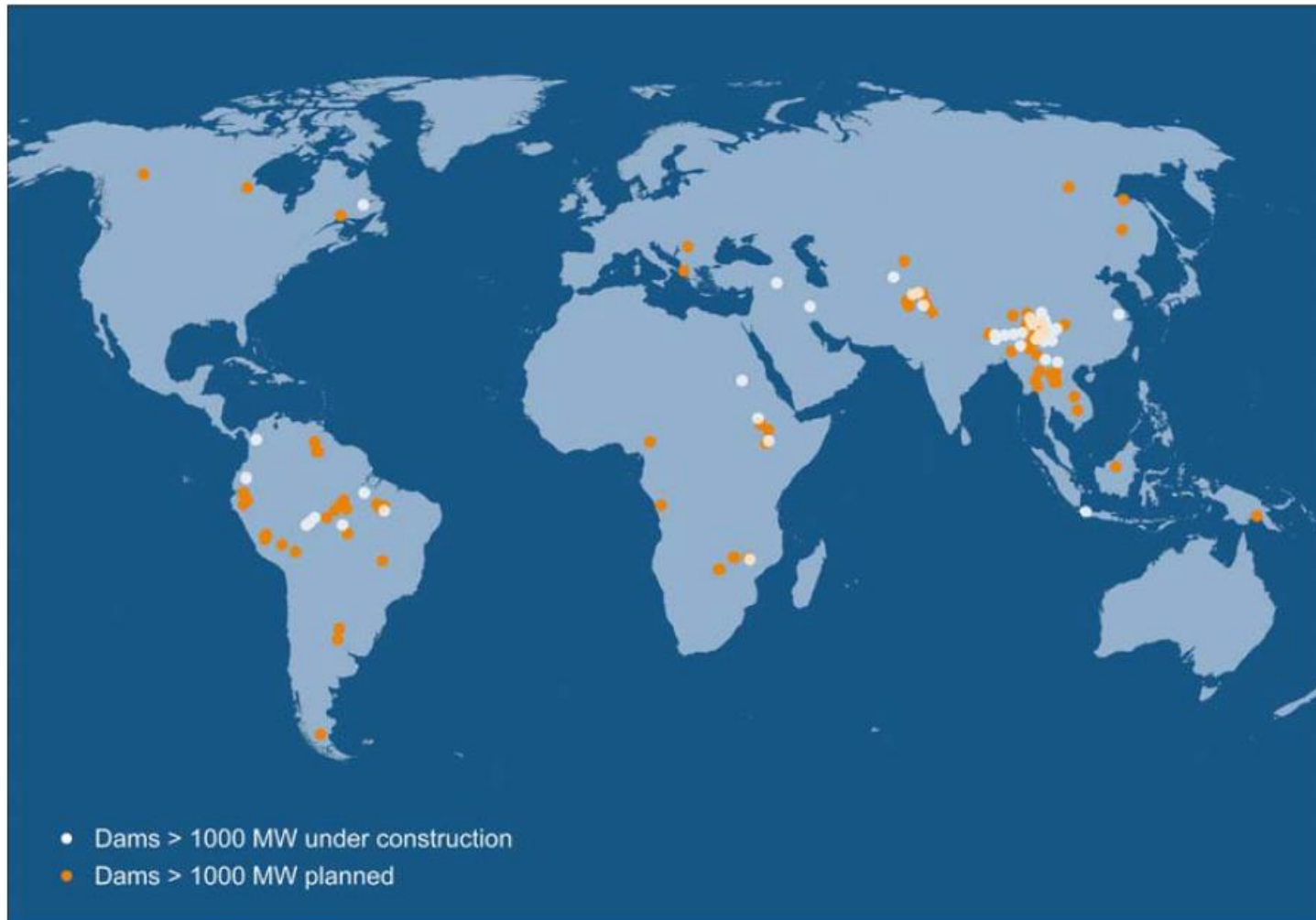
Source: IHA, EIA, REN21 - Renewables 2014 Global Status Report



ΠΑΓΚΟΣΜΙΑ ΥΔΡΟΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΠΡΟΟΠΤΙΚΗ

Figure 2 – Global distribution of future hydropower dams (under construction or planned)

Source: Zarfl et al. (2015), *A global boom in hydropower dam construction*

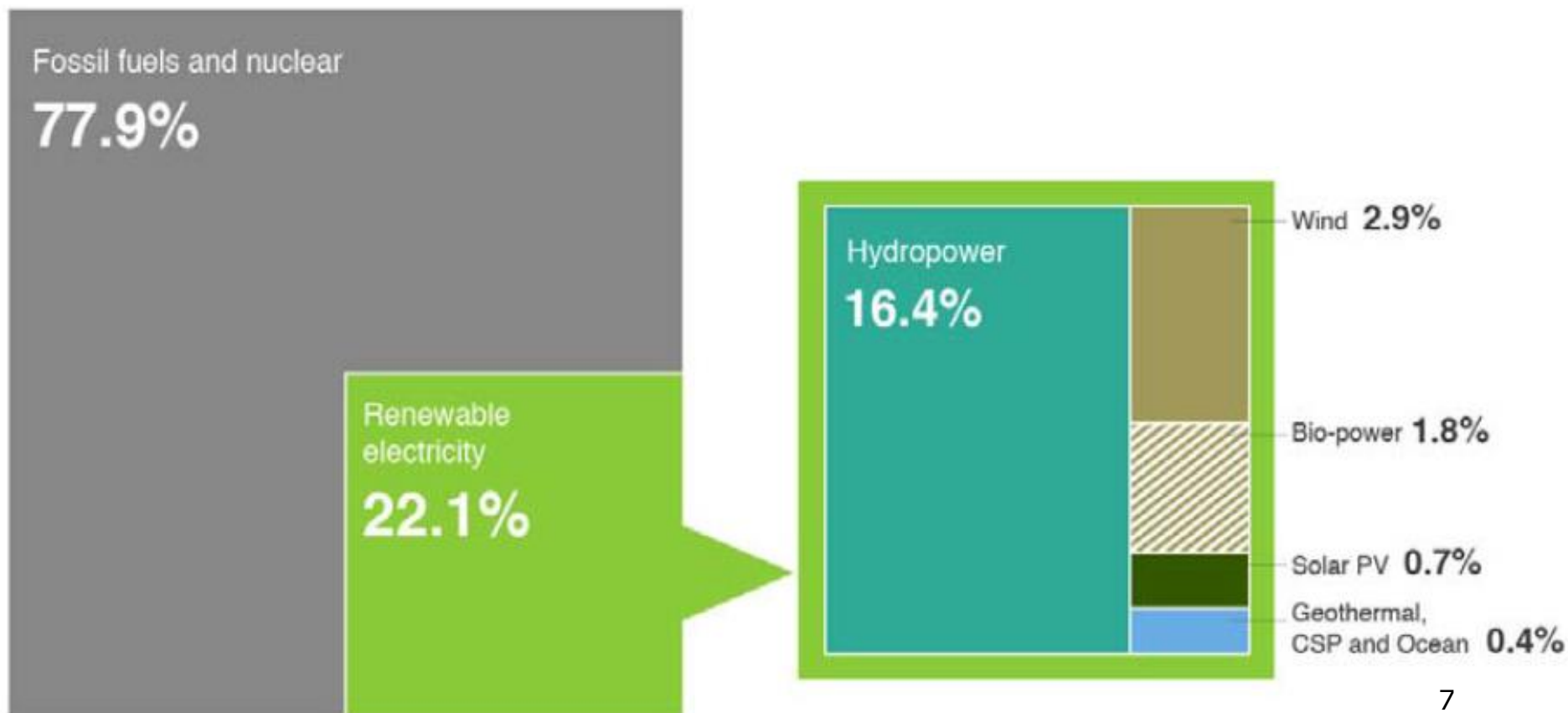


Πηγή WEC

ΠΑΓΚΟΣΜΙΑ ΠΟΣΟΣΤΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΑΠΟ ΑΠΕ (2013)

Figure 3 – Estimated renewable energy share of global electricity production, 2013

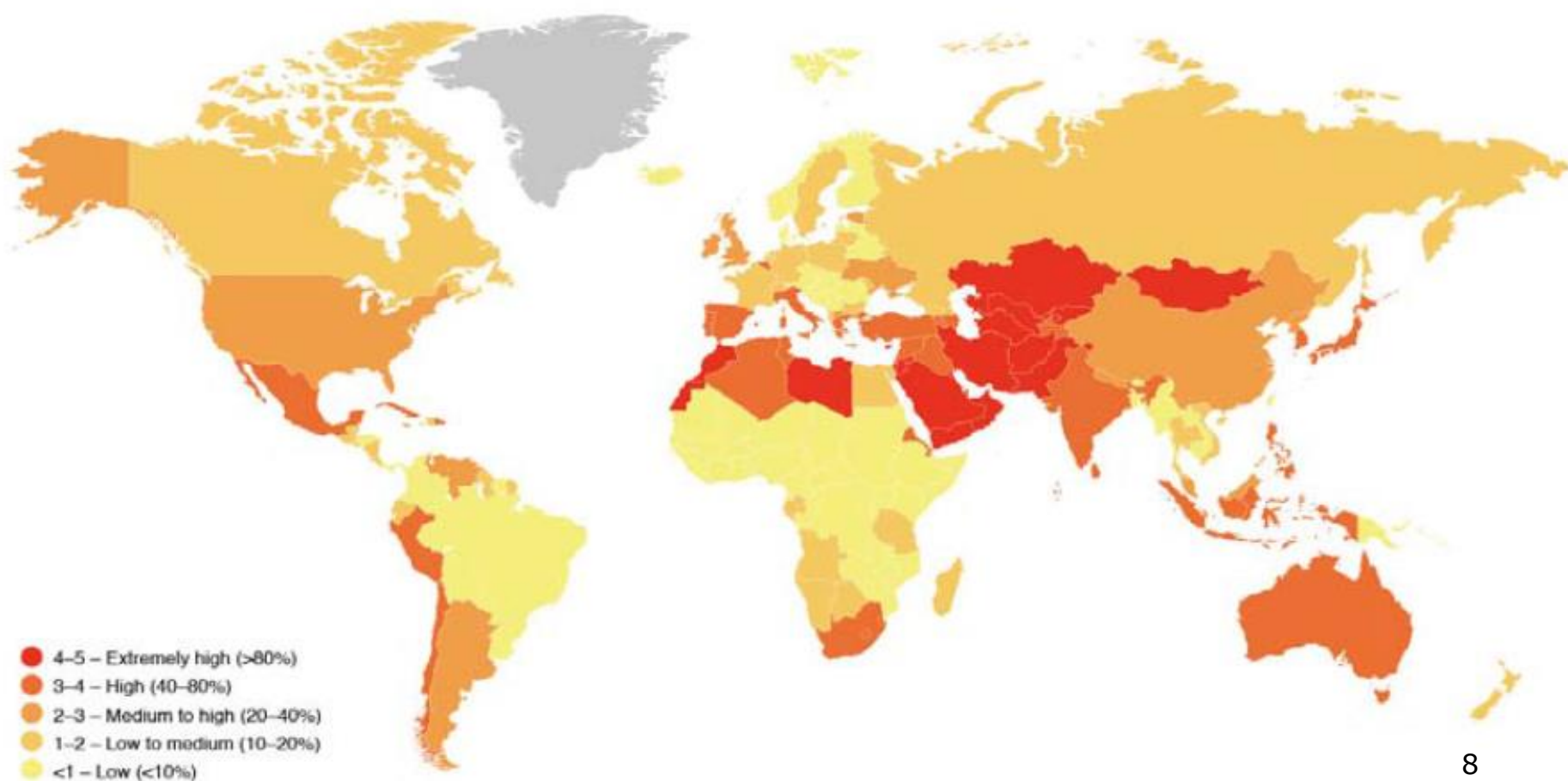
Source: REN21 - Renewables 2014 Global Status Report



ΠΑΓΚΟΣΜΙΑ 'ΠΙΕΣΗ' ΕΛΛΕΙΨΗΣ ΝΕΡΟΥ ΑΝΑ ΧΩΡΑ

Figure 7 – World baseline water stress by country

Source: WRI Aqueduct



27 Υδροηλεκτρικά έργα της ΔΕΗ σε λειτουργία

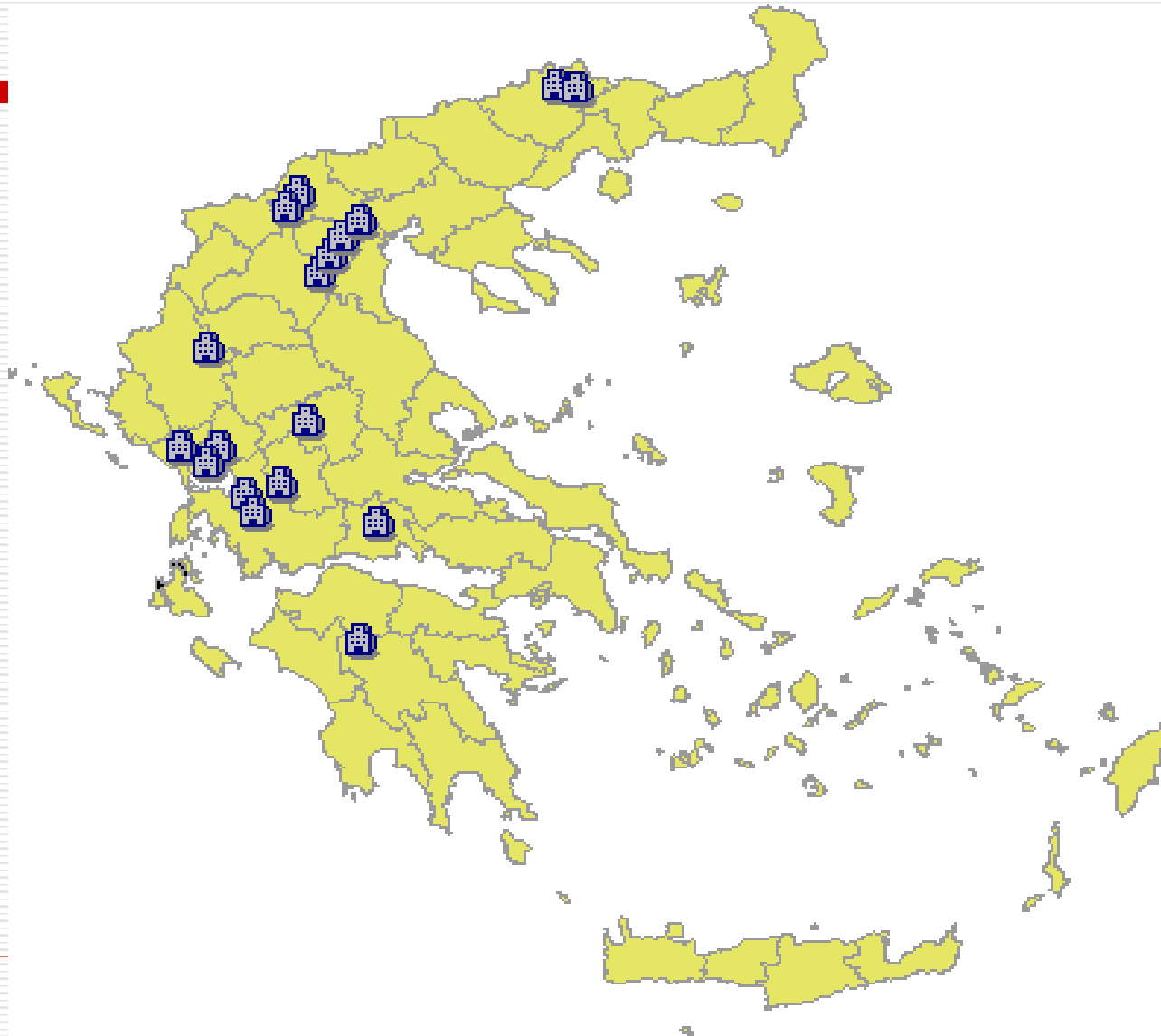
16 ΜΕΓΑΛΑ ΥΗ ΕΡΓΑ

- ✓ ΑΓΡΑΣ (1954)
- ✓ ΛΑΔΩΝΑΣ (1955)
- ✓ ΠΛΑΣΤΗΡΑΣ (1960)
- ✓ ΚΡΕΜΑΣΤΑ (1966)
- ✓ ΚΑΣΤΡΑΚΙ (1969)
- ✓ ΕΔΕΣΣΑΙΟΣ (1969)
- ✓ ΠΟΛΥΦΥΤΟ (1974)
- ✓ ΠΟΥΡΝΑΡΙ (1981)
- ✓ ΑΣΩΜΑΤΑ (1985)
- ✓ ΣΦΗΚΙΑ (1985)
- ✓ ΣΤΡΑΤΟΣ (1989)
- ✓ ΠΗΓΕΣ ΑΩΟΥ (1990)
- ✓ ΘΗΣΑΥΡΟΣ (1997)
- ✓ ΠΟΥΡΝΑΡΙ II (1999)
- ✓ ΠΛΑΤΑΝΟΒΡΥΣΗ (1999)
- ✓ ΙΛΑΡΙΩΝΑΣ (2013)

11 ΜΙΚΡΑ ΥΗ ΕΡΓΑ

- ✓ ΓΛΑΥΚΟΣ (1927)
- ✓ ΒΕΡΜΙΟ (1929)
- ✓ ΑΓΙΑ ΚΡΗΤΗΣ (1929)
- ✓ ΑΛΜΥΡΟΣ ΚΡΗΤΗΣ (1931)
- ✓ ΑΓ. ΙΩΑΝΝΗΣ ΣΕΡΡΩΝ (1931)
- ✓ ΛΟΥΡΟΣ (1954)
- ✓ ΓΚΙΩΝΑ (1988)
- ✓ ΣΤΡΑΤΟΣ II (1988)
- ✓ ΜΑΚΡΟΧΩΡΙ (1992)
- ✓ ΑΓ. ΒΑΡΒΑΡΑ ΑΛΙΑΚΜ. (2008)
- ✓ ΣΜΟΚΟΒΟ (2008)

Γεωγραφική κατανομή των μεγαλύτερων (>8 MW) Υδροηλεκτρικών έργων της ΔΕΗ



Μεγάλα Υδροηλεκτρικά Έργα της ΔΕΗ

Έτος ένταξης & ωφέλιμος όγκος ταμιευτήρα (εκατ. m³)

ΕΤΟΣ ΕΝΤΑΞΗΣ

- ✓ ΑΓΡΑΣ (1954)
- ✓ ΛΑΔΩΝΑΣ (1955)
- ✓ ΠΛΑΣΤΗΡΑΣ (1960)
- ✓ ΚΡΕΜΑΣΤΑ (1966)
- ✓ ΚΑΣΤΡΑΚΙ (1969)
- ✓ ΕΔΕΣΣΑΙΟΣ (1969)
- ✓ ΠΟΛΥΦΥΤΟ (1974)
- ✓ ΠΟΥΡΝΑΡΙ (1981)
- ✓ ΑΣΩΜΑΤΑ (1985)
- ✓ ΣΦΗΚΙΑ (1985)
- ✓ ΣΤΡΑΤΟΣ (1989)
- ✓ ΠΗΓΕΣ ΑΩΟΥ (1990)
- ✓ ΘΗΣΑΥΡΟΣ (1997)
- ✓ ΠΟΥΡΝΑΡΙ II (1999)
- ✓ ΠΛΑΤΑΝΟΒΡΥΣΗ (1999)
- ✓ ΙΛΑΡΙΩΝΑΣ (2013)

ΟΦΕΛΙΜΟΣ ΟΓΚΟΣ ΤΑΜΙΕΥΤΗΡΑ

- ✓ ΑΓΡΑΣ (3,8)
- ✓ ΛΑΔΩΝΑΣ (46,2)
- ✓ ΠΛΑΣΤΗΡΑΣ (300)
- ✓ ΚΡΕΜΑΣΤΑ (2.805)
- ✓ ΚΑΣΤΡΑΚΙ (53)
- ✓ ΕΔΕΣΣΑΙΟΣ (0,46)
- ✓ ΠΟΛΥΦΥΤΟ (1.020)
- ✓ ΠΟΥΡΝΑΡΙ (303)
- ✓ ΑΣΩΜΑΤΑ (10)
- ✓ ΣΦΗΚΙΑ (16)
- ✓ ΣΤΡΑΤΟΣ (11)
- ✓ ΠΗΓΕΣ ΑΩΟΥ (145)
- ✓ ΘΗΣΑΥΡΟΣ (570)
- ✓ ΠΟΥΡΝΑΡΙ II (3,6)
- ✓ ΠΛΑΤΑΝΟΒΡΥΣΗ (12)
- ✓ ΙΛΑΡΙΩΝΑΣ (412)

ΣΥΝΟΛΟ (5.700 εκατ. m³)

Antiquity

Tiryns dam

(Maroukian et. al., 2004)

c. 1300 B.C.



Antiquity

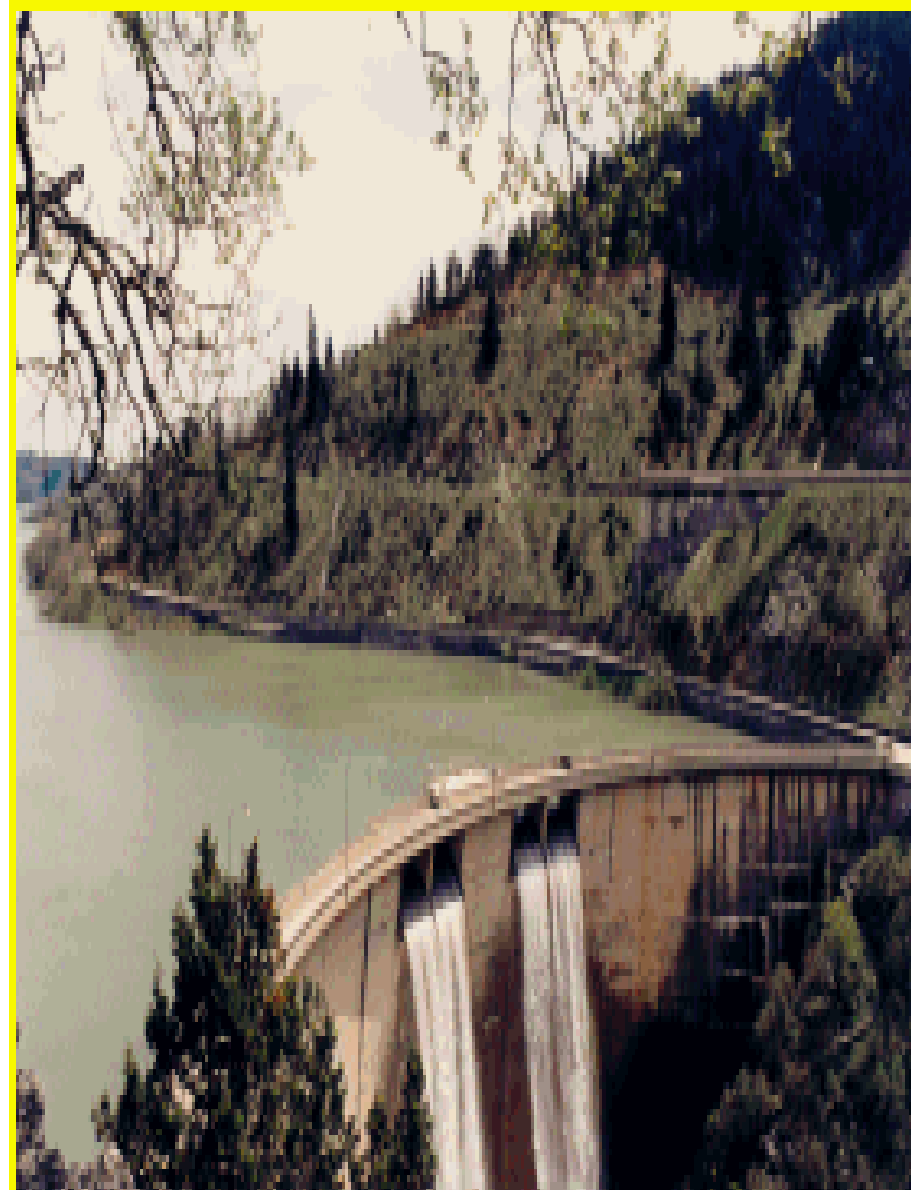
Alyzeia dam

(Moutafis, 2006)

c. 400 BC



ΦΡΑΓΜΑΤΑ - ΤΑΜΙΕΥΤΗΡΕΣ - ΥΠΕΡΧΕΙΛΙΣΤΕΣ Λάδωνα Πλαστήρα



1950-1960

Megdovas (Plastiras Lake) 83 m high

Power
Production

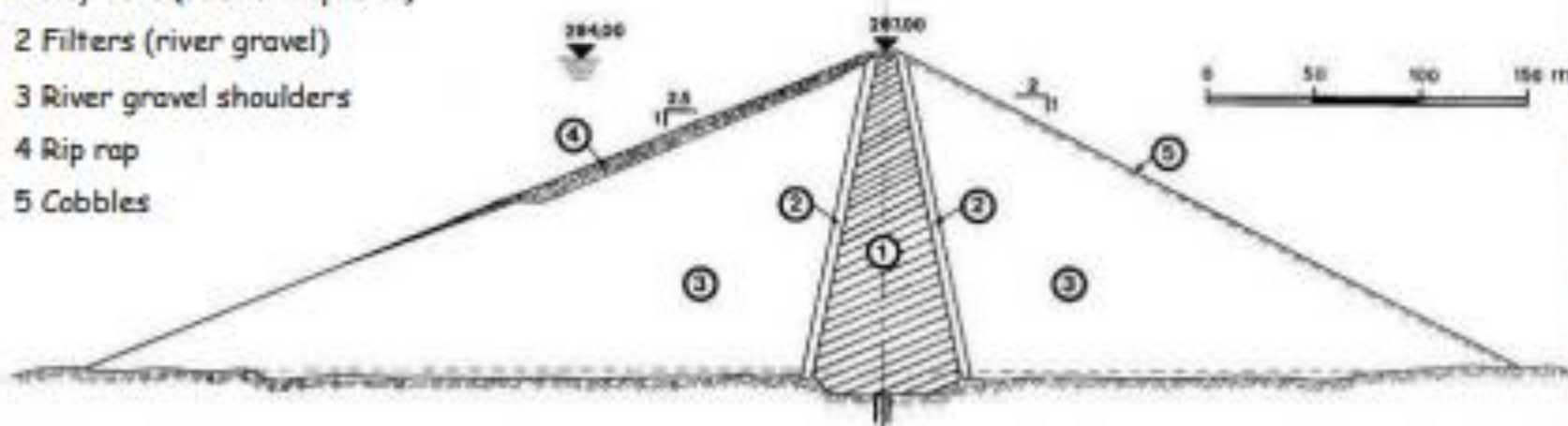


1960-1970

Kremasta (Aheloos River) 165 m high



- 1 Clay core (alluvial deposits)
- 2 Filters (river gravel)
- 3 River gravel shoulders
- 4 Rip rap
- 5 Cobbles



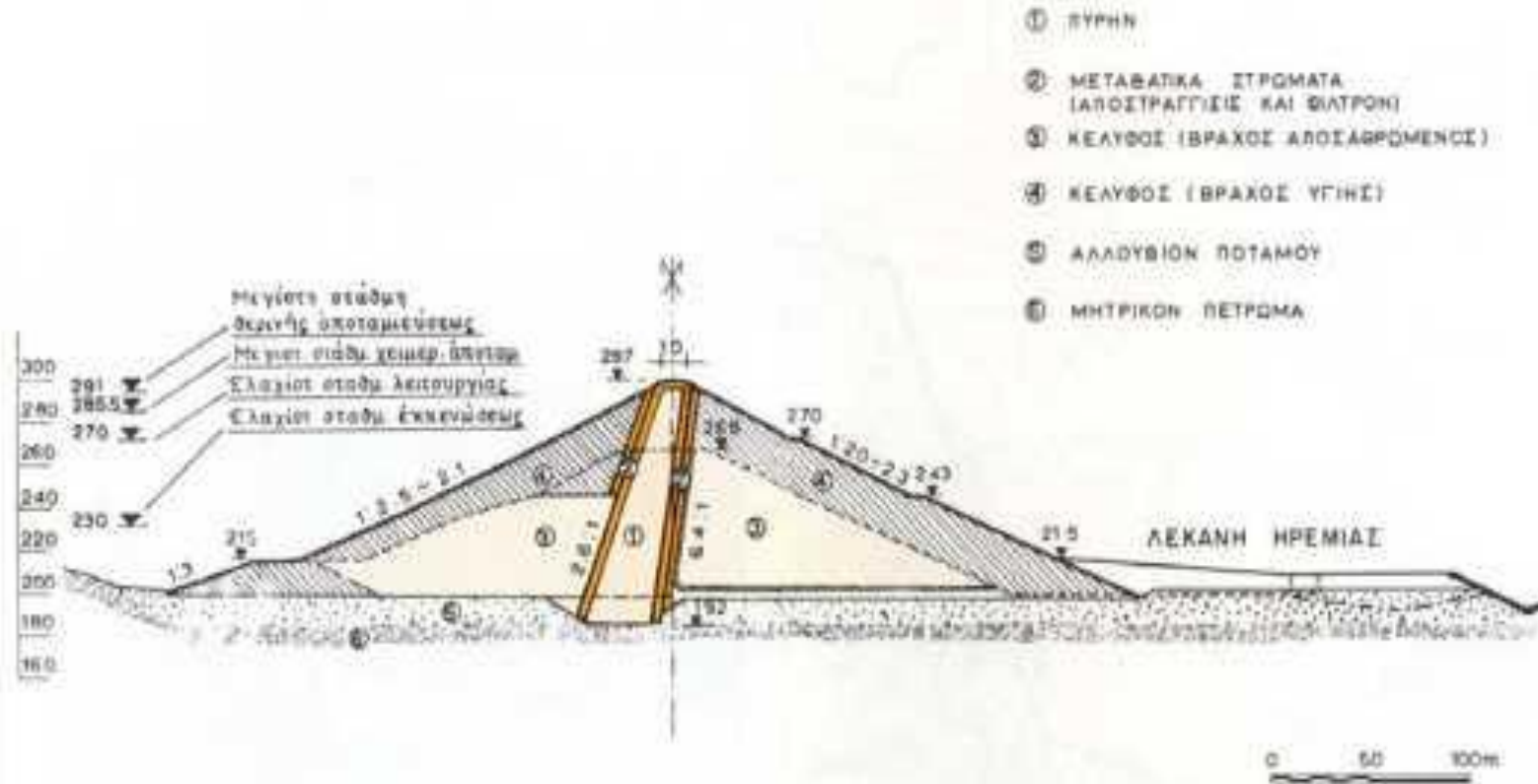
Siltstones - Sandstones - Calcareous Conglomerates



Εικόνα 3: Φράγμα ΥΗΕ Πολυφύτου

Το φράγμα είναι λιθόρριπτο με κεκλιμένο πυρήνα προς τα ανάντη.

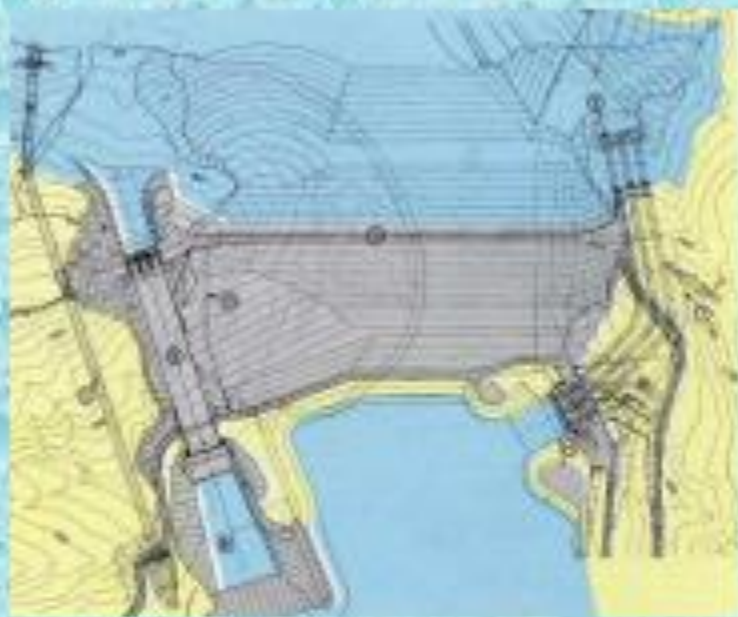
ΤΥΠΙΚΗ ΔΑΤΟΜΗ ΦΡΑΓΜΑΤΟΣ



Εικόνα 2: Φράγμα ΥΗΕ Πολυφύτου

1980-1990

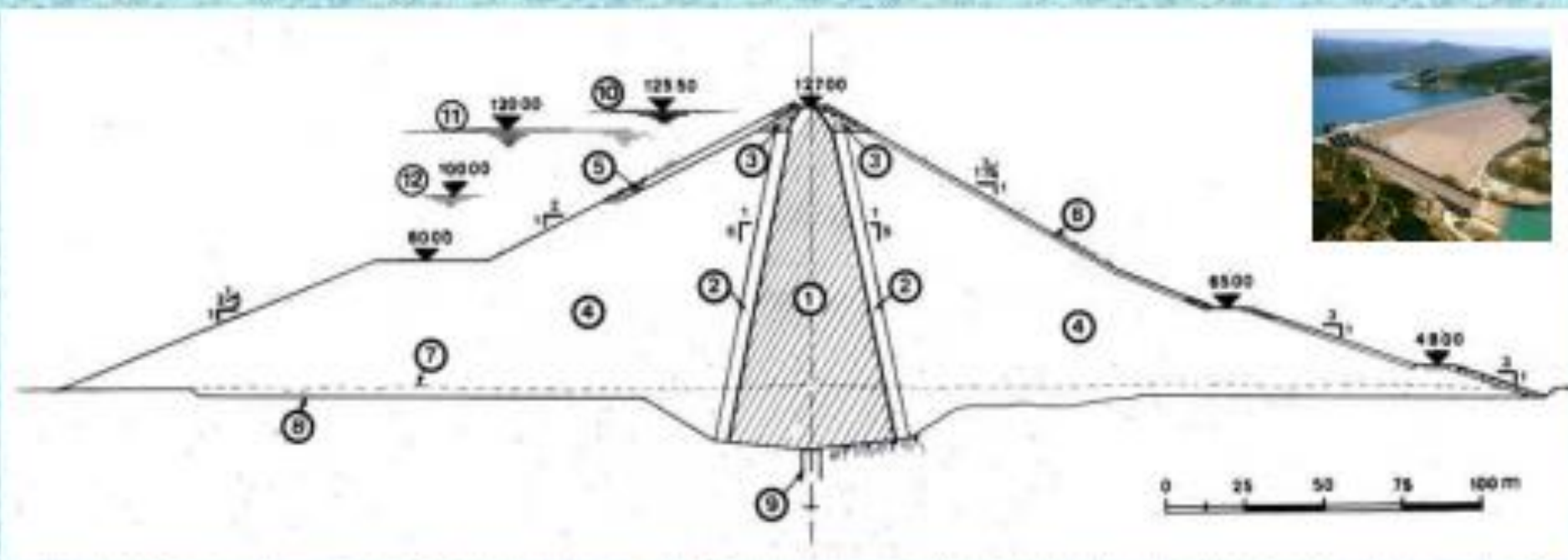
Pournari (Arachthos River) 107m high



Dam construction in Greece

1980-1990

Pournari (Arachthos River) 107m high



- 1 Impervious core
- 2 Transition zone
- 3 Transition zone at crest
- 4 River sand and gravel shells
- 5 Rockfill slope protection
- 6 Slope protection layer

- 7 Original ground
- 8 Dam excavation line
- 9 Grout curtain
- 10 Maximum flood level
- 11 Maximum power pool
- 12 Minimum power pool

4 ΥΔΡΟΗΛΕΚΤΡΙΚΟ ΕΡΓΟ ΣΦΗΚΙΑΣ

Ο ΥΗΣ βρίσκεται 20 χιλ. περίπου Νότια της Βέροιας. Το έργο στο σύνολό του αποτελείται από τον Ταμιευτήρα, την Σήραγγα Εκτροπής, το Φράγμα, τον Εκχειλιστή, τις Υδροληψίες, τις Σήραγγες Προσαγωγής, τον Υδροηλεκτρικό Σταθμό και τον Εκκενωτή Πυθμένα.



Εικόνα 4: ΥΗΕ Σφηκιάς και Φράγμα ΥΗΕ Σφηκιάς

5 ΥΔΡΟΗΛΕΚΤΡΙΚΟ ΕΡΓΟ ΑΣΩΜΑΤΩΝ

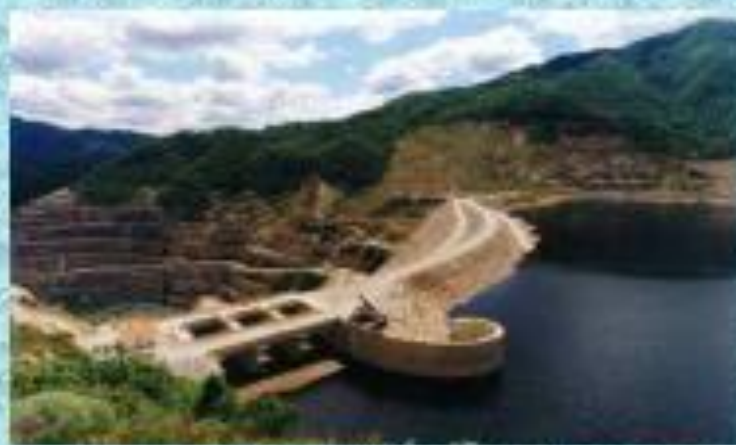
Ο ΥΗΣ βρίσκεται 8 χιλ. περίπου Νότια της Βέροιας. Το έργο στο σύνολό του αποτελείται από τον Ταμιευτήρα, την Σήραγγα Εκτροπής, το Φράγμα, τον Εκχειλιστή, τις Υδροληψίες, τις Σήραγγες Προσαγωγής, τον Υδροηλεκτρικό Σταθμό και τον Εκκενωτή Πυθμένα.



Εικόνα 7: ΥΗΕ Ασωμάτων και Φράγμα ΥΗΕ Ασωμάτων

1990-2000

Thissavros (Nestos River) 172m high



Example of Roller Compacted Concrete dam

Platanovrissi dam, Nestos River (Greece)
H=95 m, Built 1999





Κατασκευή στρώσης RCC – Φρ. Πλατανόβρυσης



Σχολή Πολυτεχνικών Μηχανικών - Τ.Υ.Π.&Περ. - Υδραυλικές Κατασκευές / Φράγματα - Ν.Ι. Μουτάφης

31



Καθαρισμός θεμελίωσης με νερό και πεπιεσμένο αέρα



Σχολή Πολυτεχνικών Μηχανικών - Τ.Υ.Π. & Περ. - Υδραυλικές Κατασκευές / Φράγματα - Ν.Ι. Μουτάφης

29



Διάστρωση RCC



Σχολή Πολιτικών Μηχανικών - Τ.Υ.Π.&Περ. - Υδραυλικές Κατασκευές / Φράγματα - Ν.Ι. Μουτάφης

32



Συμπύκνωση RCC



Σχολή Πολυτεχνικών Μηχανικών - Τ.Υ.Π. & Περ. - Υδραυλικές Κατασκευές / Φράγματα - Ν.Ι. Μουτάφης

33

Platanovrissi



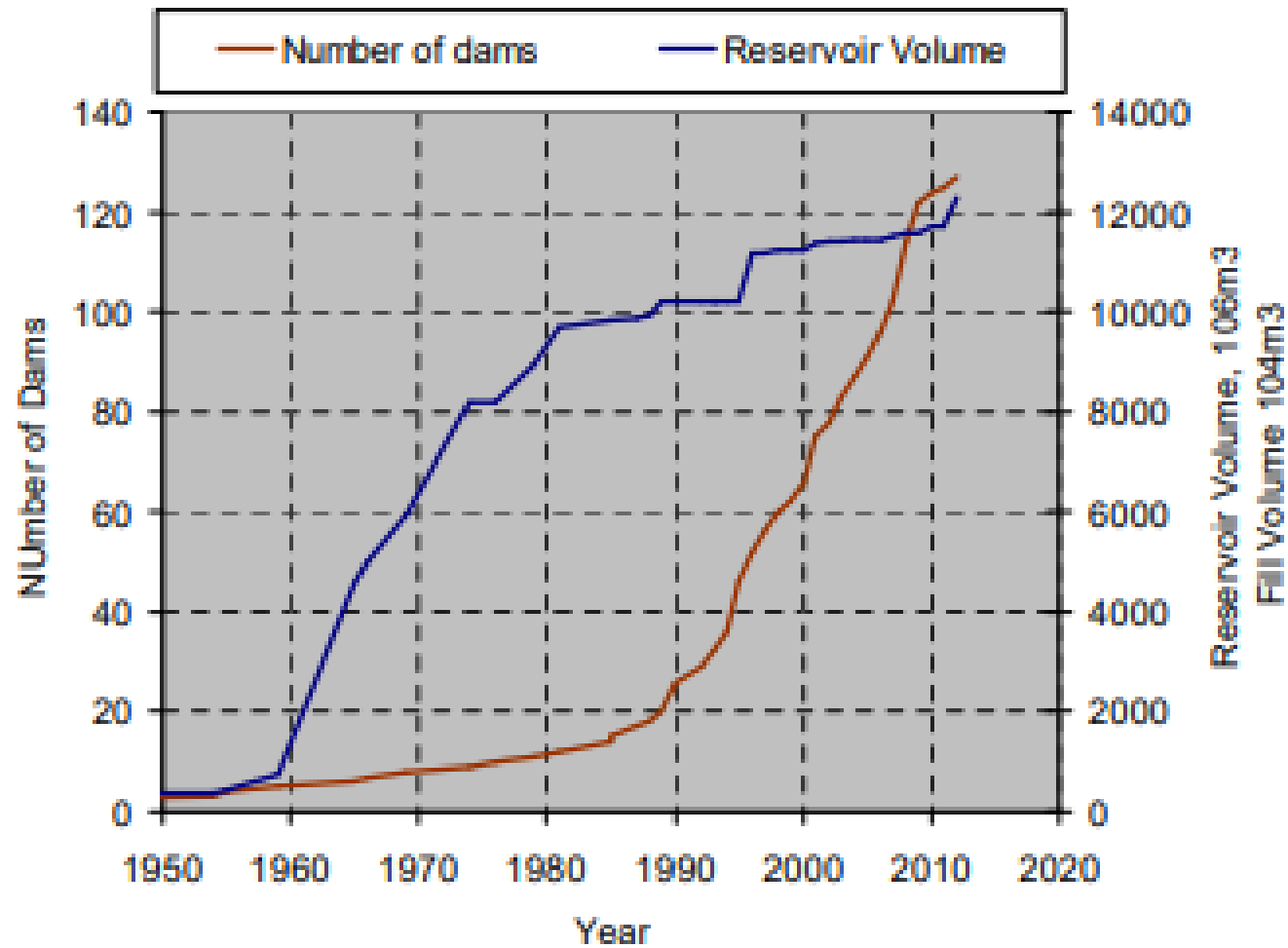
Platanovrissi



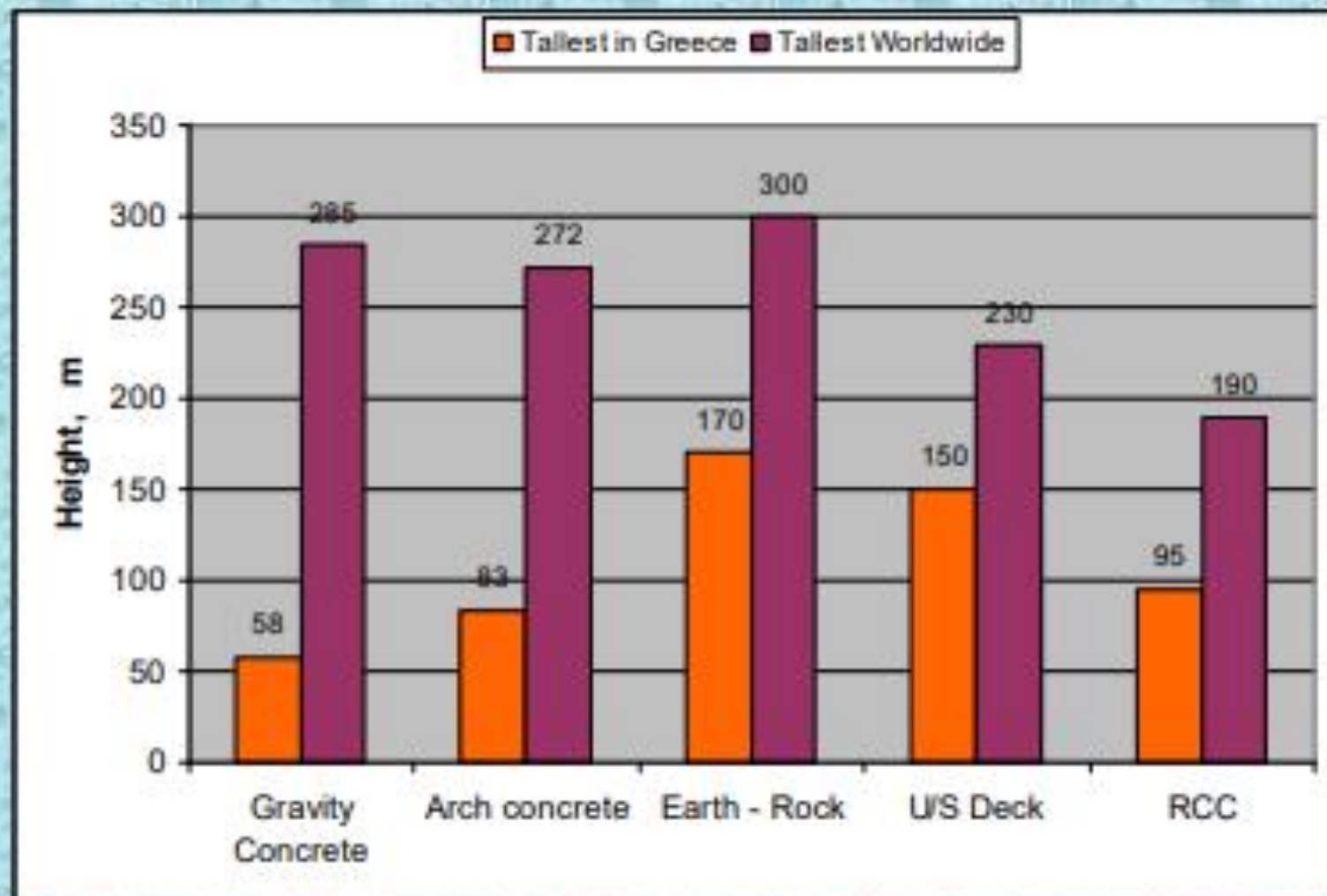
Introduction to Dam engineering

Numbers and Volumes - Evolution

Number of Dams + Reservoir Volume

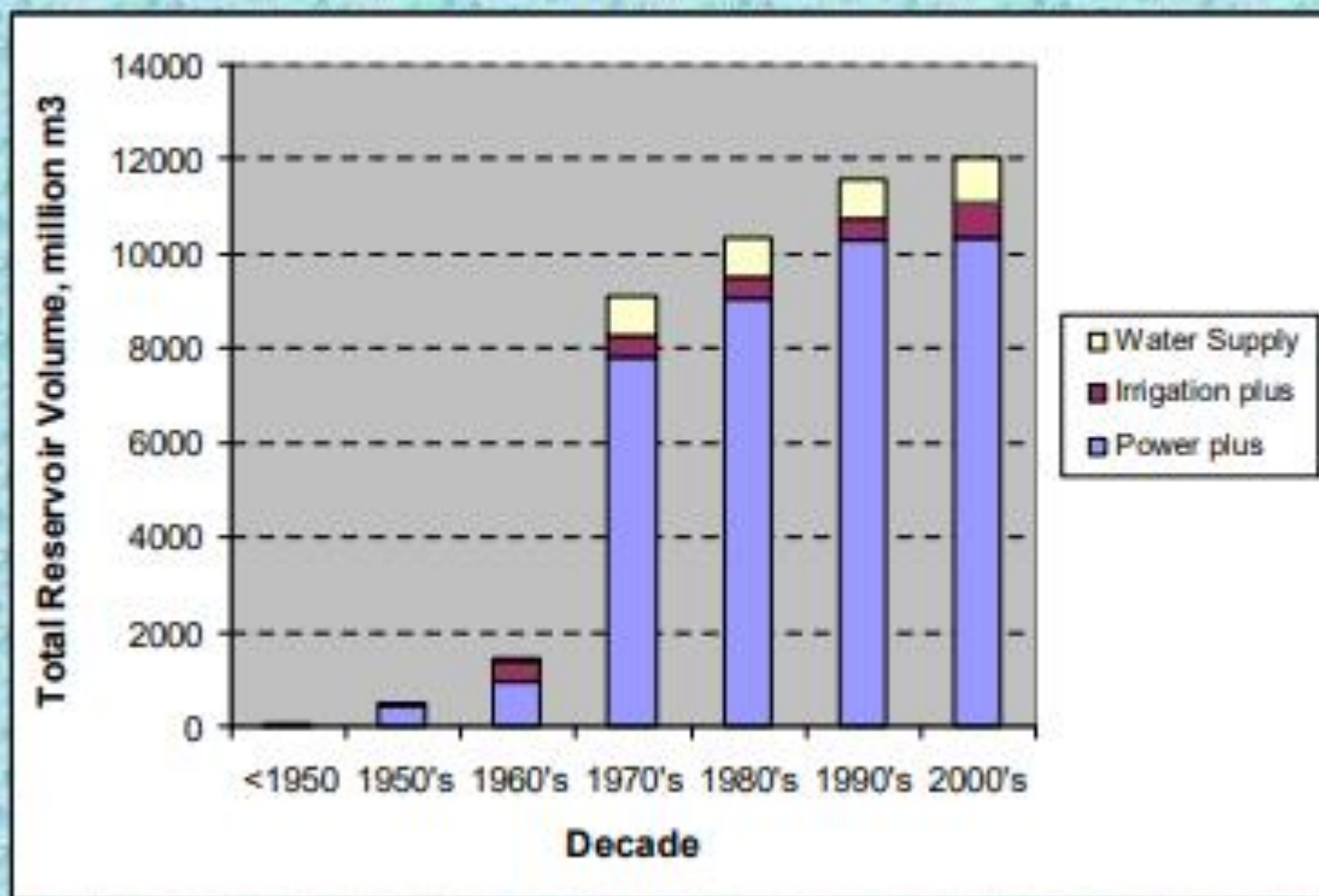


The Higher dams in Greece and Worldwide

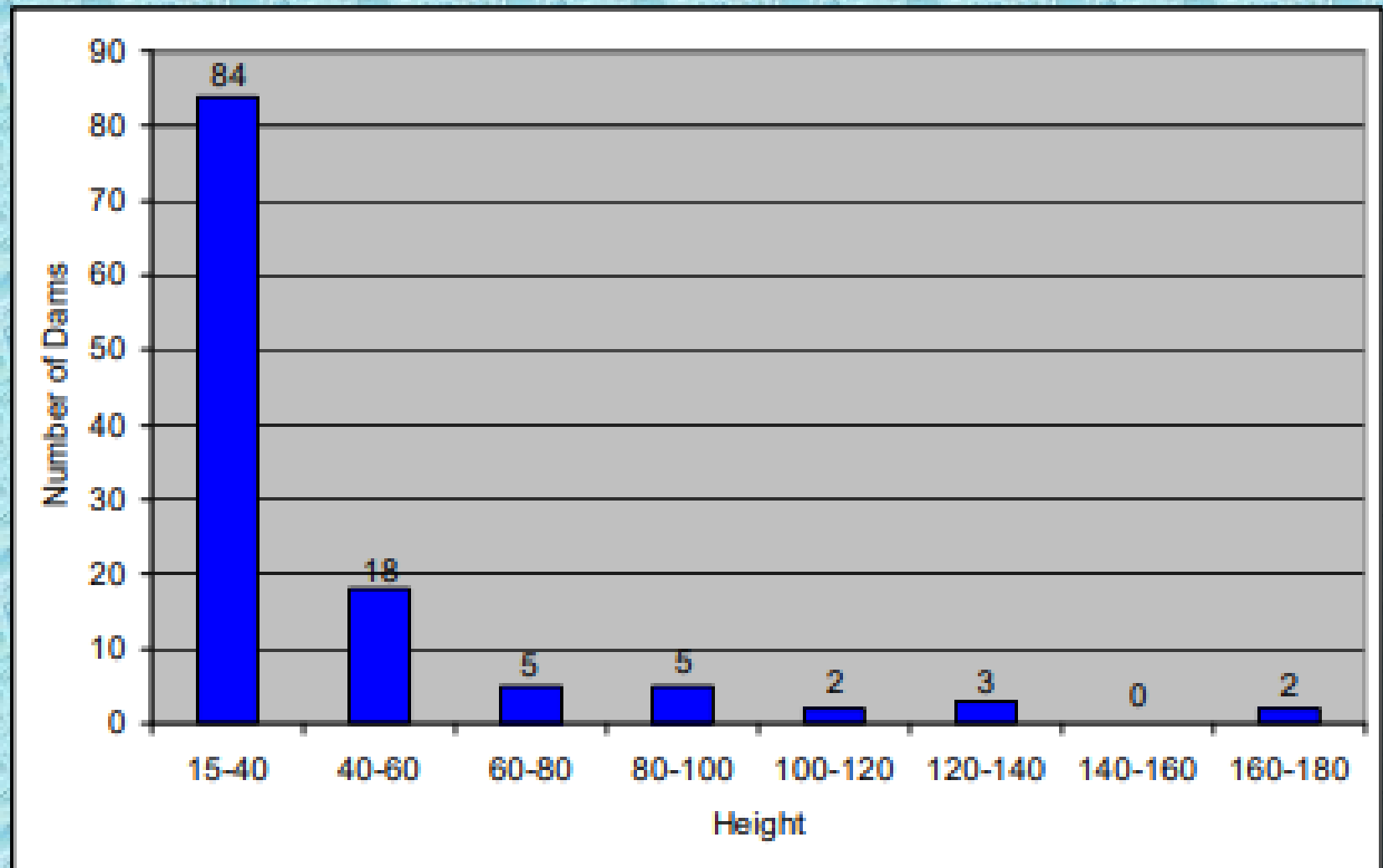


Numbers and Volumes - Evolution

Usage of Reservoirs



Height of Greek Large Dams in Operation





Τ.Λ. Ν. Πλαστήρα: αλιεύματα και μεγάλη ποικιλία ορνιθοπανίδας



Τ.Λ. Ν. Πλαστήρα: αλιευματα και μεγάλη ποικιλία ορνιθοπανίδας



Τ.Λ Στρατου: παροχθια οικοσυστηματα πλουσια σε χλωριδα-πανιδα



Τ. Λ. Λουρου: πλούσια υδροφιλή και υδροβία βλάστηση



Τ.Λ. Π. Αωου: ανάμεσα σε δυο προστατευμένους εθνικούς δρυμους

ΦΩΤΟ: Δ. Ρίζος, Α.Ξυδάκης



Τ. Α. Αγρια: απο τους σημαντικότερους υγροτοπούς στην Ελλάδα



Τ.Λ. κατά μήκος π. Αλιακμονα: πολλά είδη ορνιθοπανίδας

ΦΩΤΟ: Δ. Ρίζος, Α. Ξυδάκης



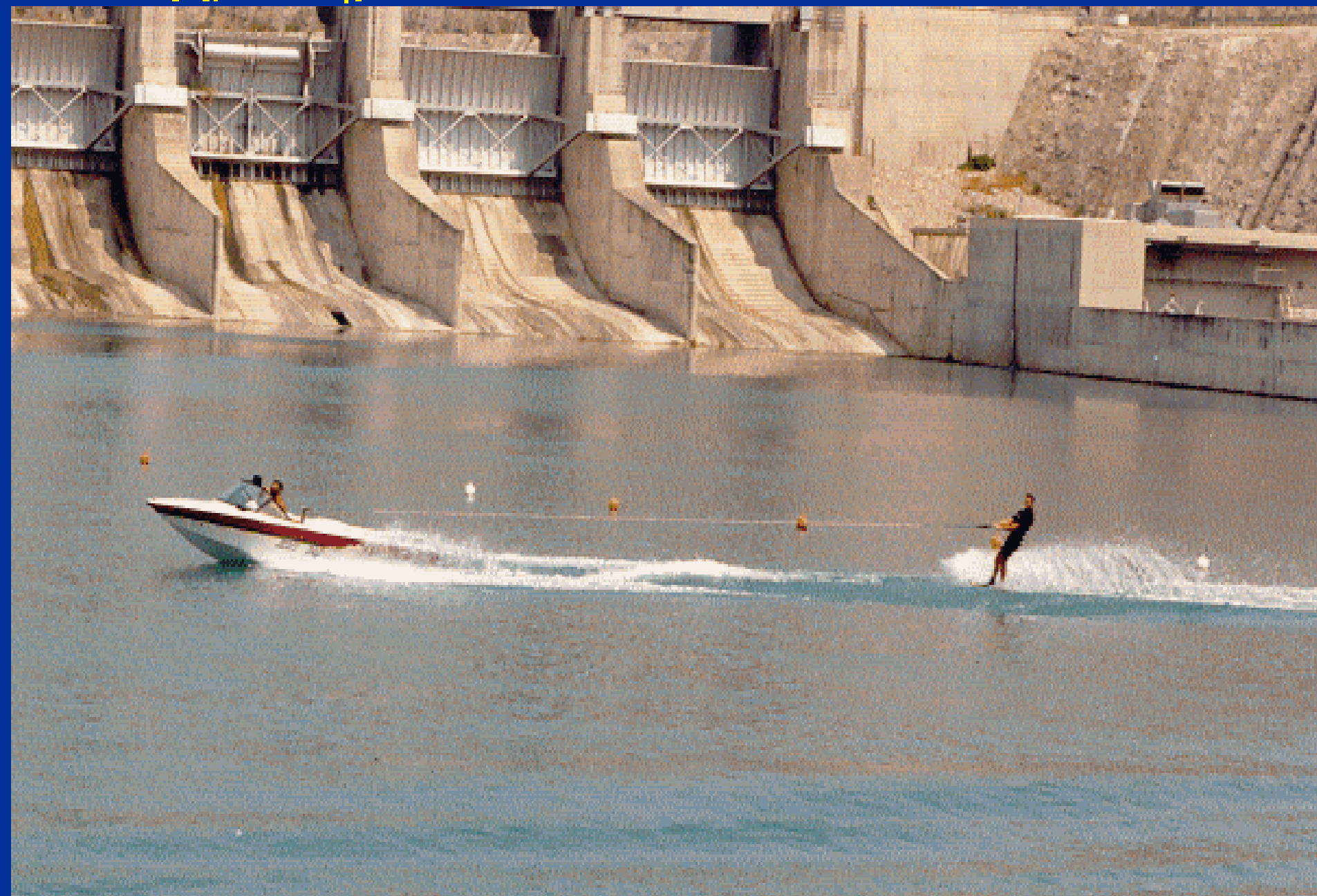
Τ.Λ. Πολυφύτου: πλούσια σε ιχθυοπανίδα



Τ.Α Θησαυρου: ενταγμενη στο οικοσυστημα του π. Νεστου



Αναπλάση στον ταμιευτήρα Στρατού





Δυναμικά σπορ - Καγιάκ

ΜΥΗΕ Δαφνοζωνάρας (π. Αχελώος)



Διώρυγες περάσματος για βάρκες και ψάρια

Ανάντη (είσοδος)



Κατάντη (έξοδος)



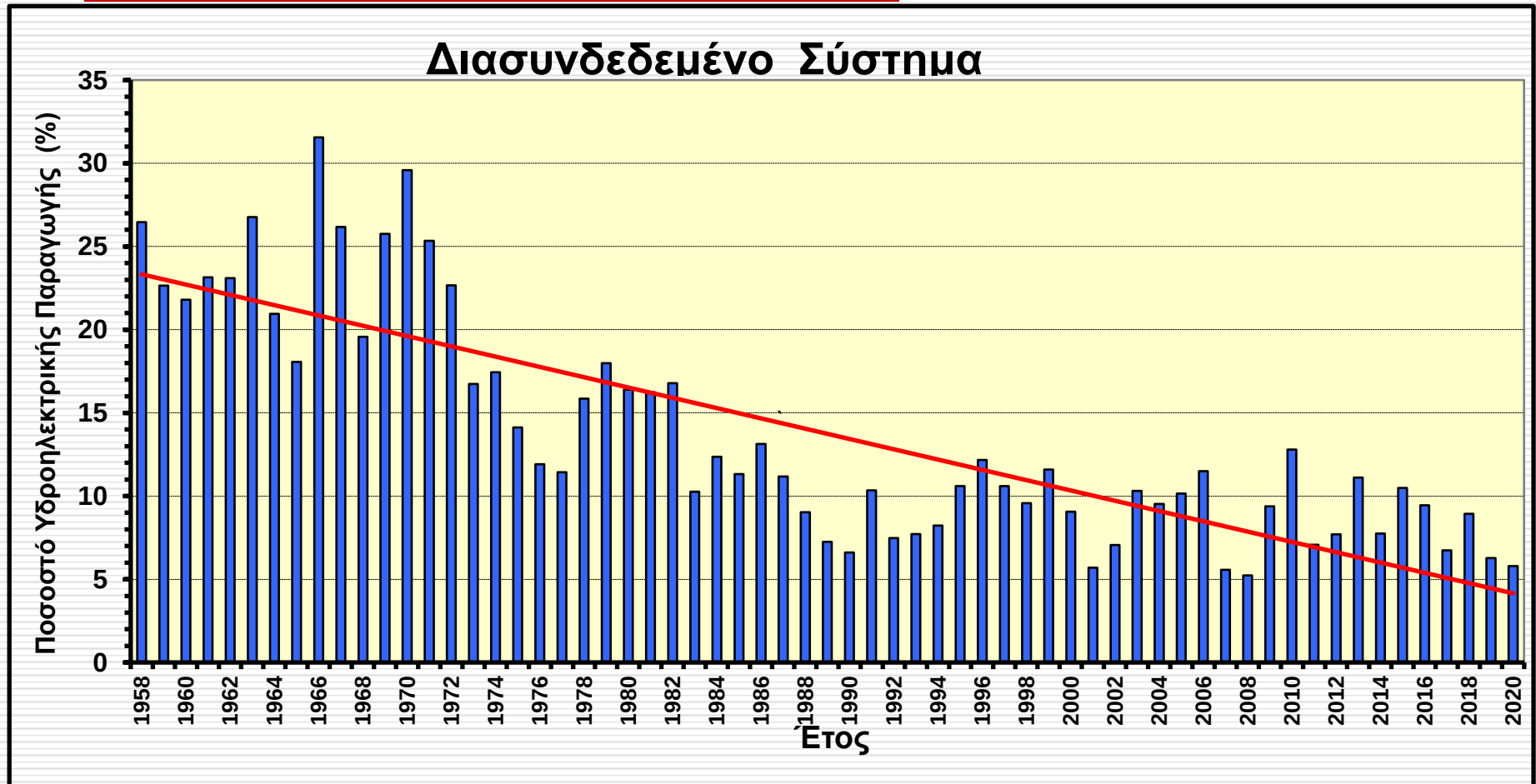
Τα ανατρεπόμενα θυροφράγματα (ΑΘ) σε λειτουργία με μικρές παροχές



Πλημμύρα 29/10/2012
($Q_{\max} \sim 1,400 \text{ m}^3/\text{s}$), χωρίς ανατροπή ΑΘ

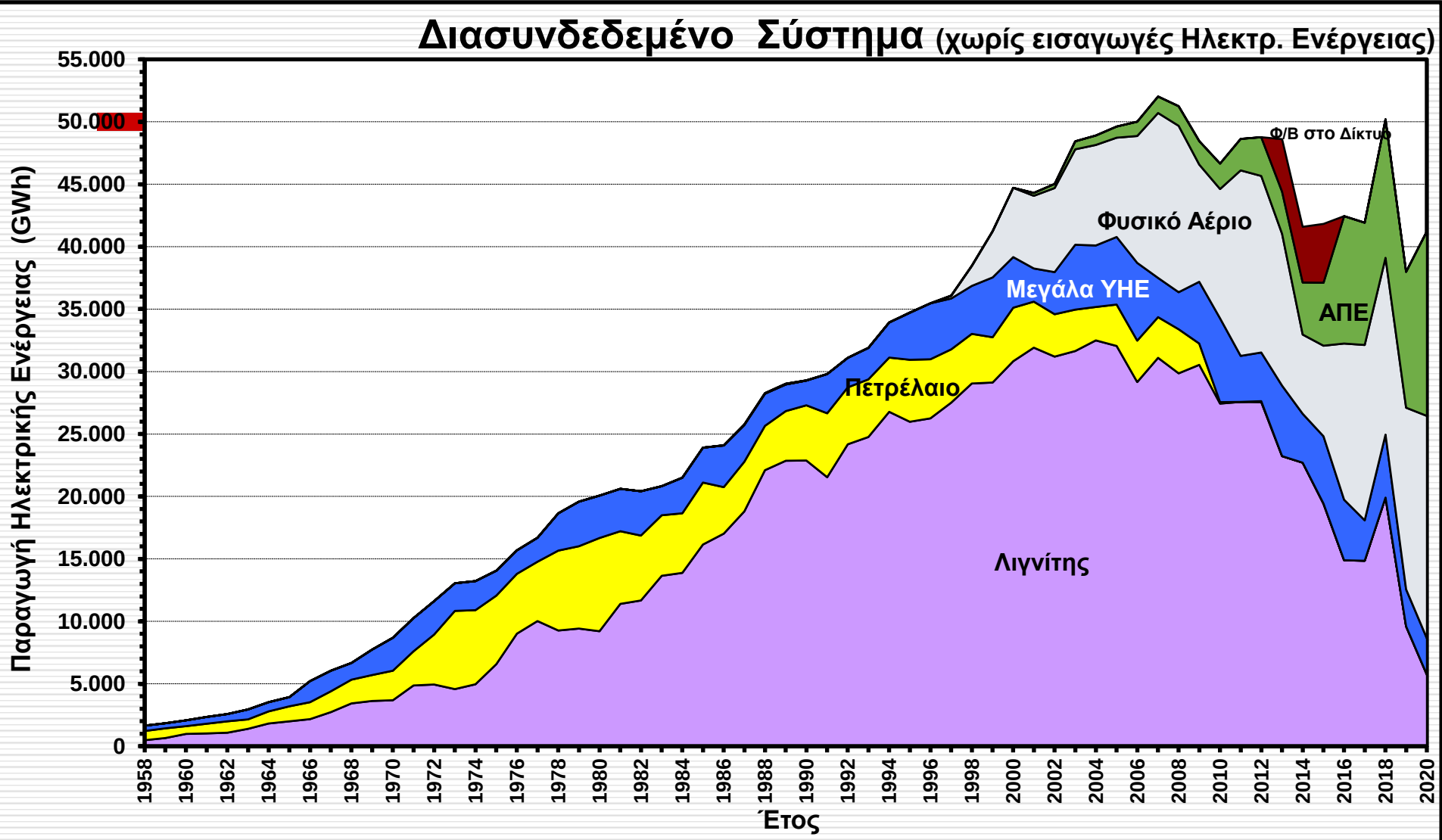


Διαχρονική μεταβολή του ποσοστού της Υδροηλεκτρικής Παραγωγής (1958-2020)



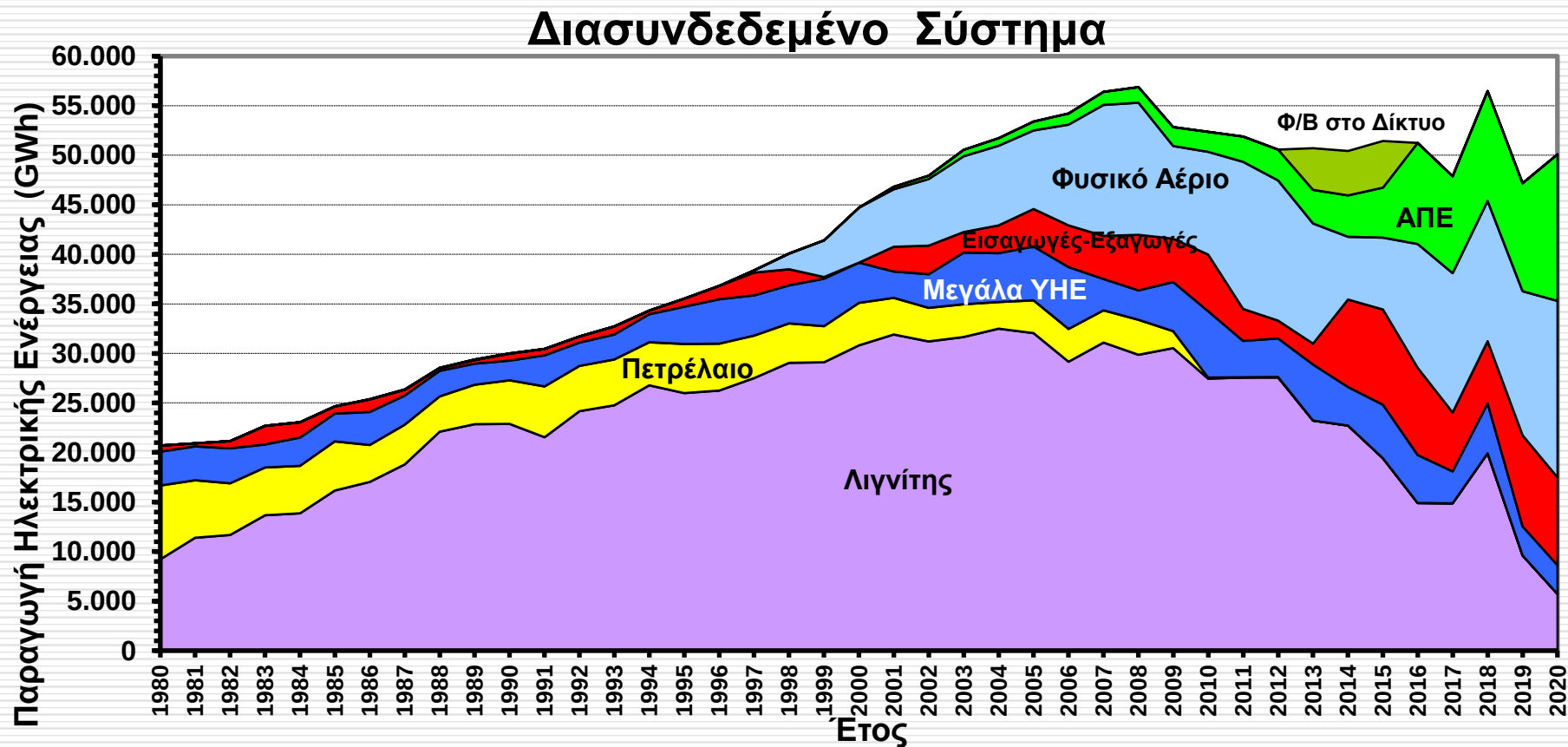
ΑΠΟΛΙΓΝΙΤΟΠΟΙΗΣΗ ΚΑΙ ΟΙ ΣΥΝΕΠΕΙΕΣ ΤΗΣ

Διαχρονική μεταβολή της παραγωγής Ηλεκτρικής Ενέργειας (1958-2020)

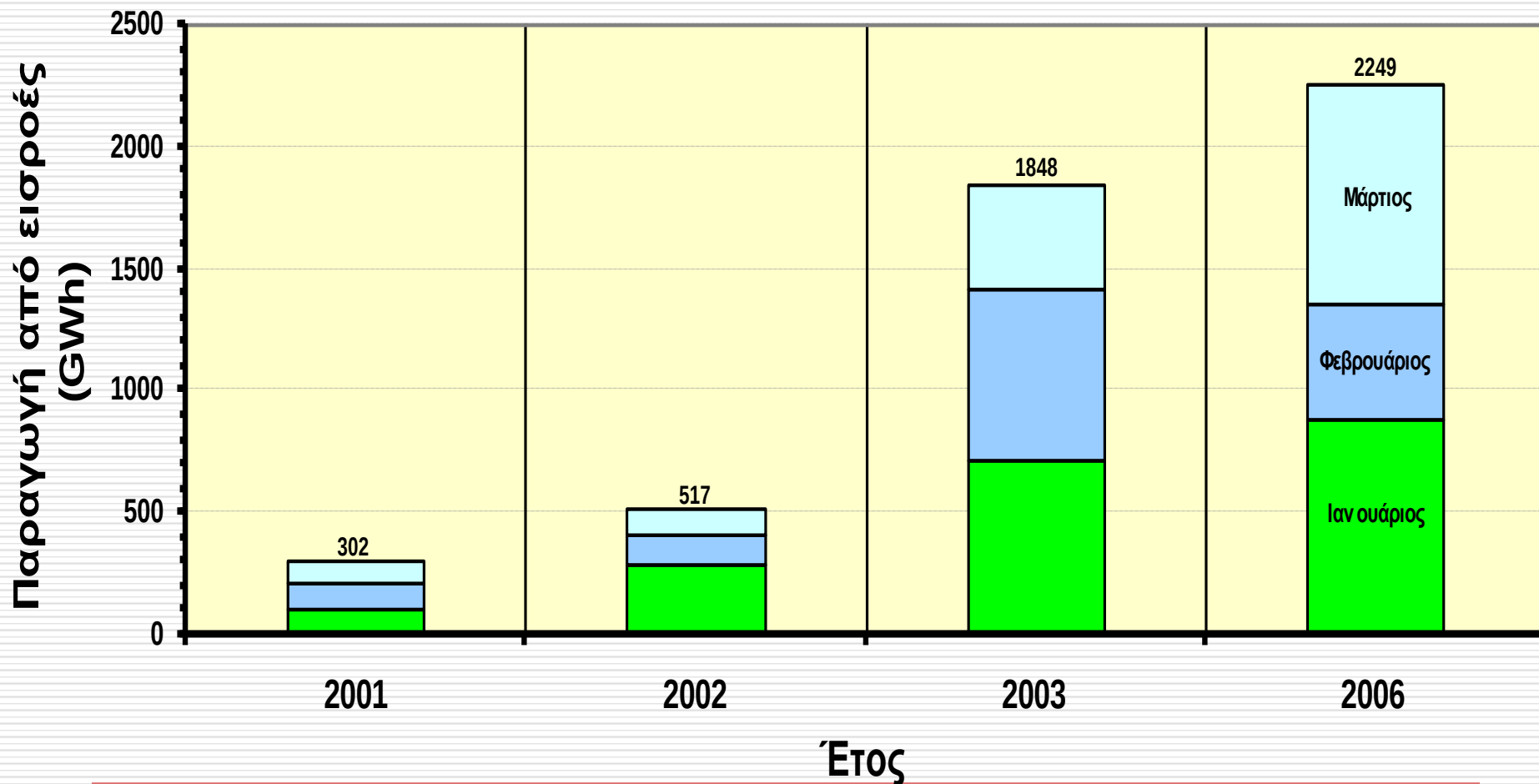


Διαχρονική μεταβολή της παραγωγής Ηλεκτρικής Ενέργειας (1980-2020) και

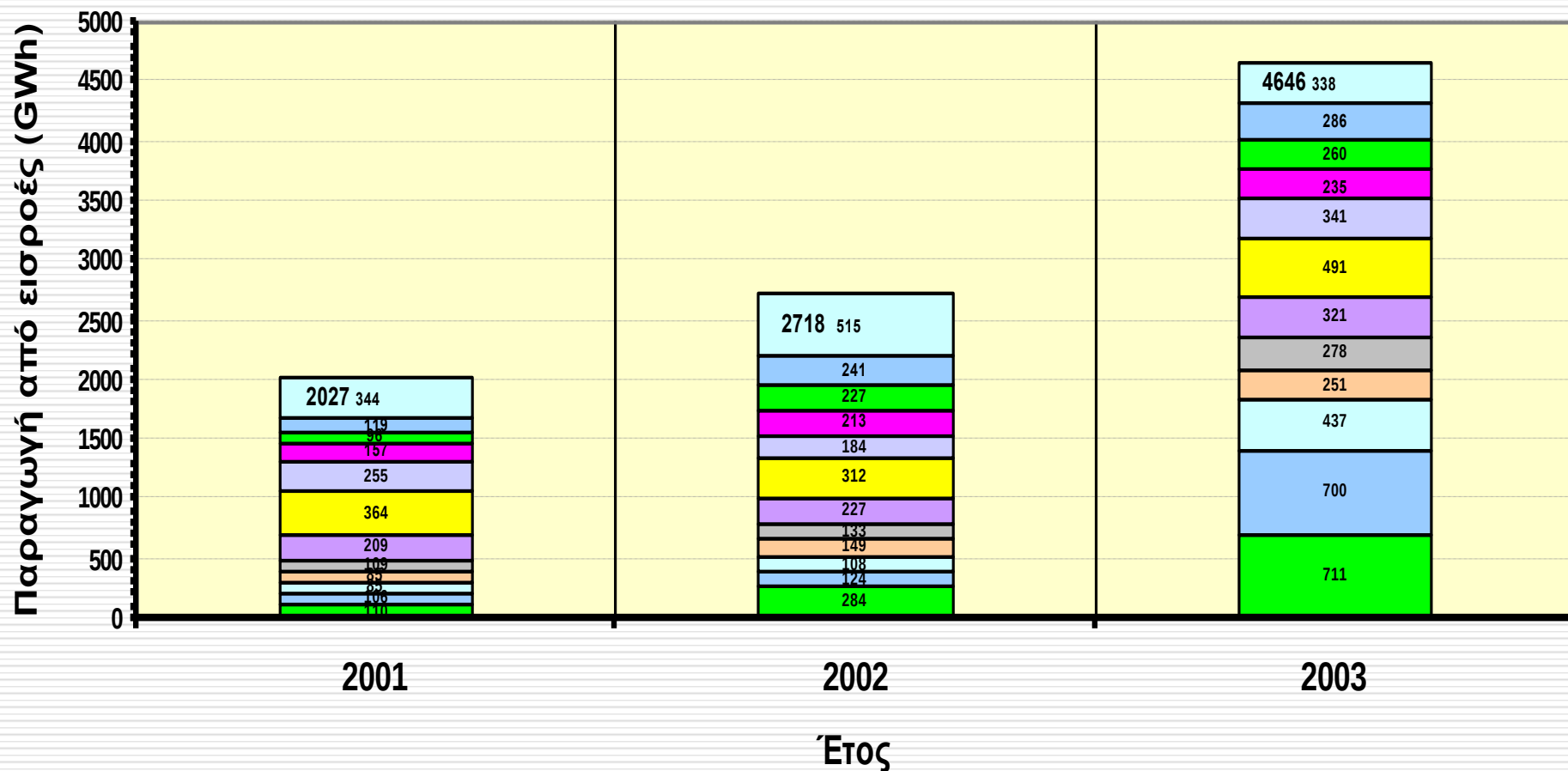
ΑΠΟΛΙΓΝΙΤΟΠΟΙΗΣΗ (από 76% το 1990, 11% το 2020)



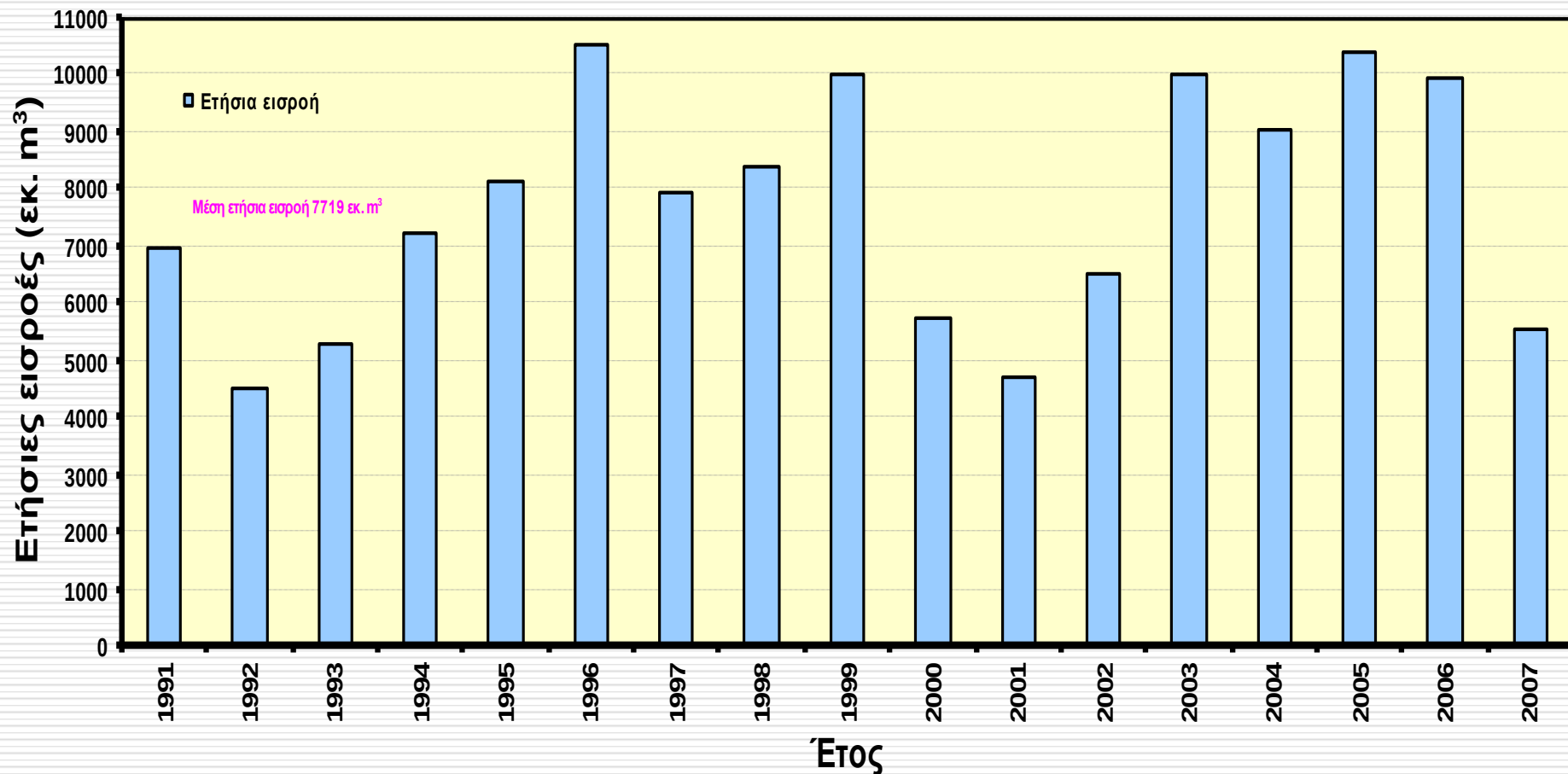
Υδροηλεκτρική παραγωγή από Εισροές το πρώτο τρίμηνο των ετών 2001, 2002, 2003 & 2006



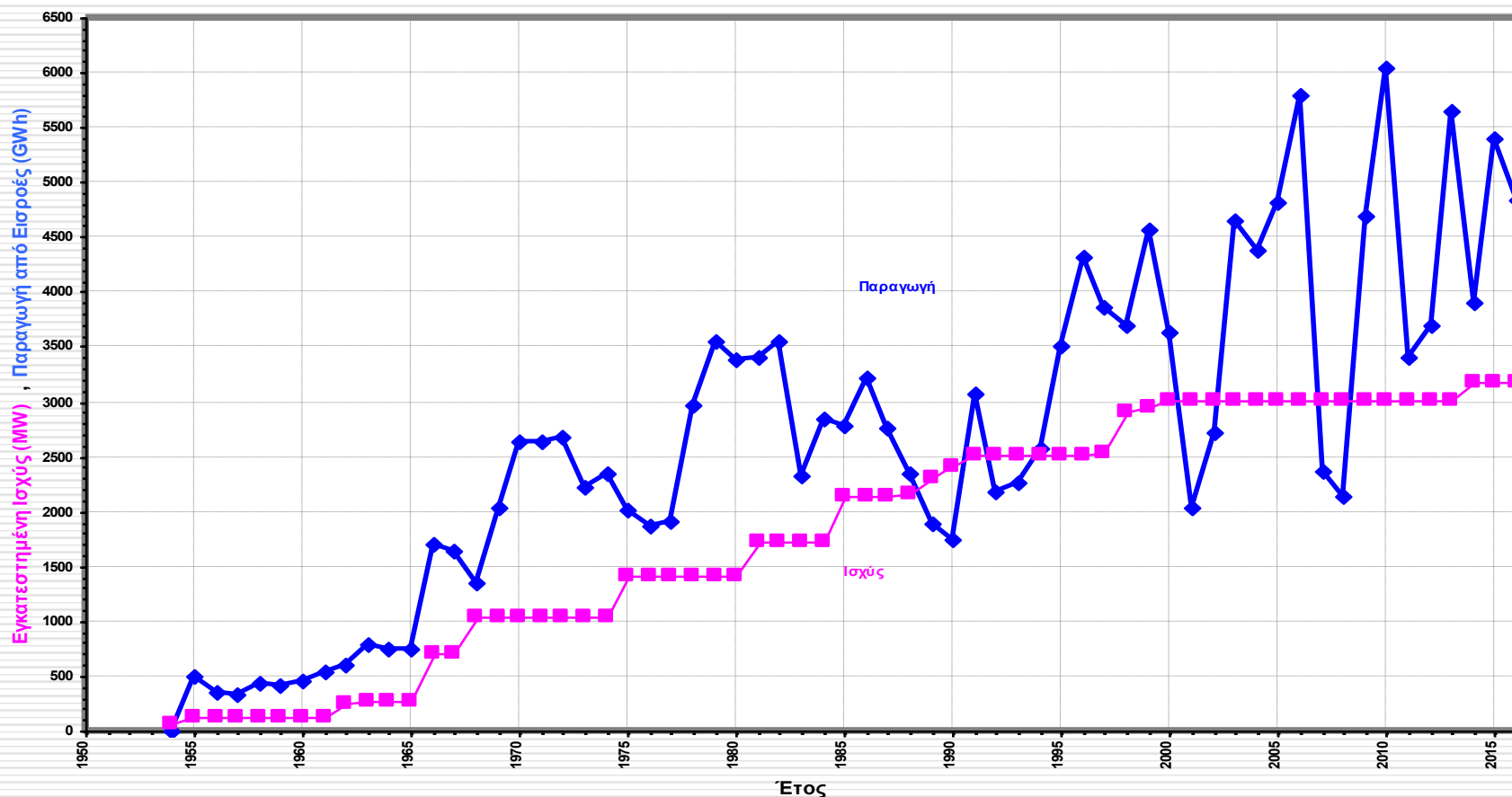
Υδροηλεκτρική παραγωγή από Εισροές ανά μήνα τα έτη 2001-2002-2003



Μεταβολή των συνολικών ετησίων εισροών στους ταμιευτήρες των Υδροηλεκτρικών

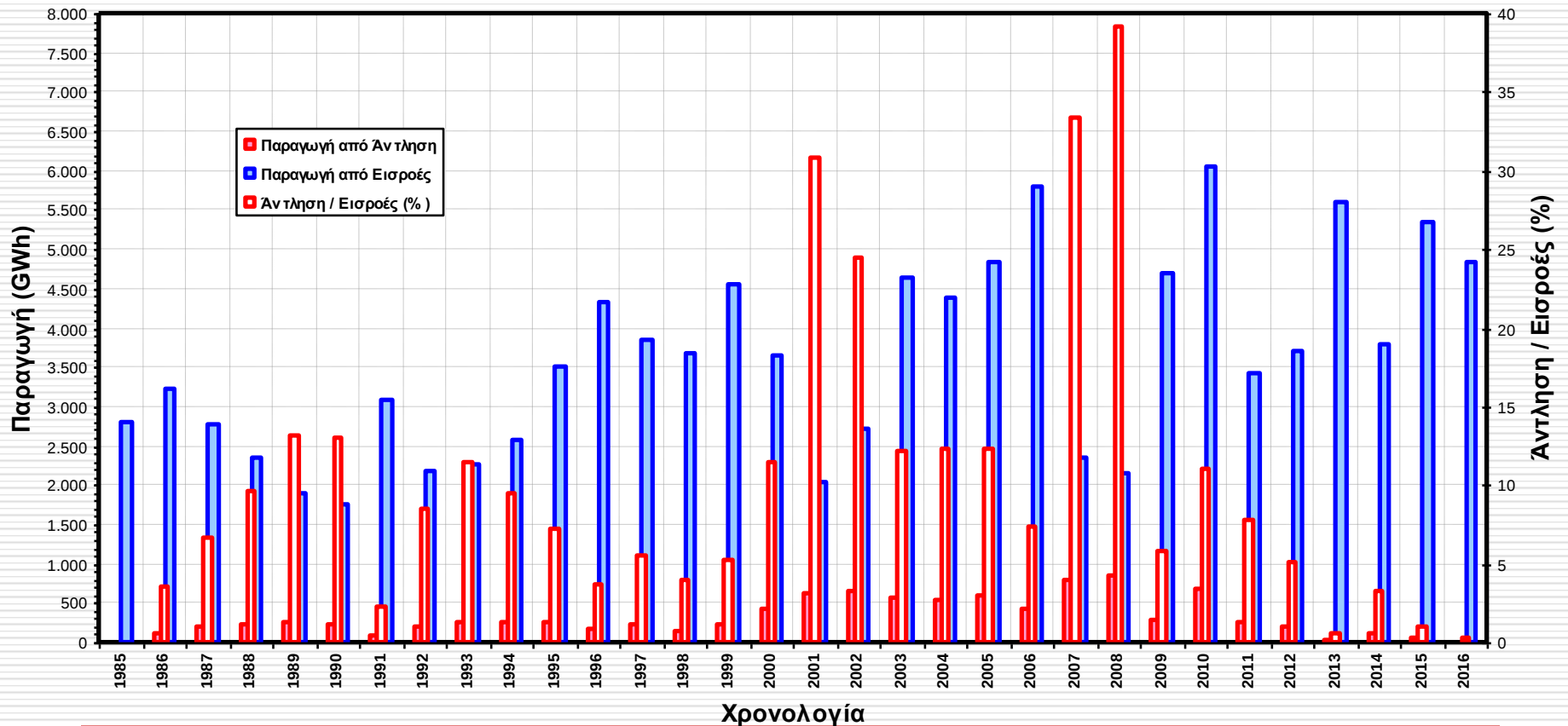


Παραγωγή από εισροές & ισχύς των υδροηλεκτρικών (1954-2016)



Παραγωγή από εισροές και άντληση & Ποσοστό παραγωγής από άντληση

Διασυνδεδεμένο Σύστημα: Παραγωγή ΥΗΕ από Άντληση & Εισροές



Συμπεράσματα

- ❑ Έχει αξιοποιηθεί το ένα τρίτο ($1/3$) περίπου του Υδροδυναμικού της χώρας
- ❑ Οι Υδροηλεκτρικοί Σταθμοί (ΥΗΣ) παράγουν ενέργεια από ανανεώσιμη πηγή (νερό)
- ❑ Τα ΥΗΕ είναι πολλαπλού σκοπού και απόλυτα αναγκαία για τις μεσογειακές χώρες όπως η Ελλάδα
- ❑ Είναι πρακτικά αδύνατη η ορθολογική διαχείριση των υδατικών πόρων χωρίς ταμιευτήρες και φράγματα

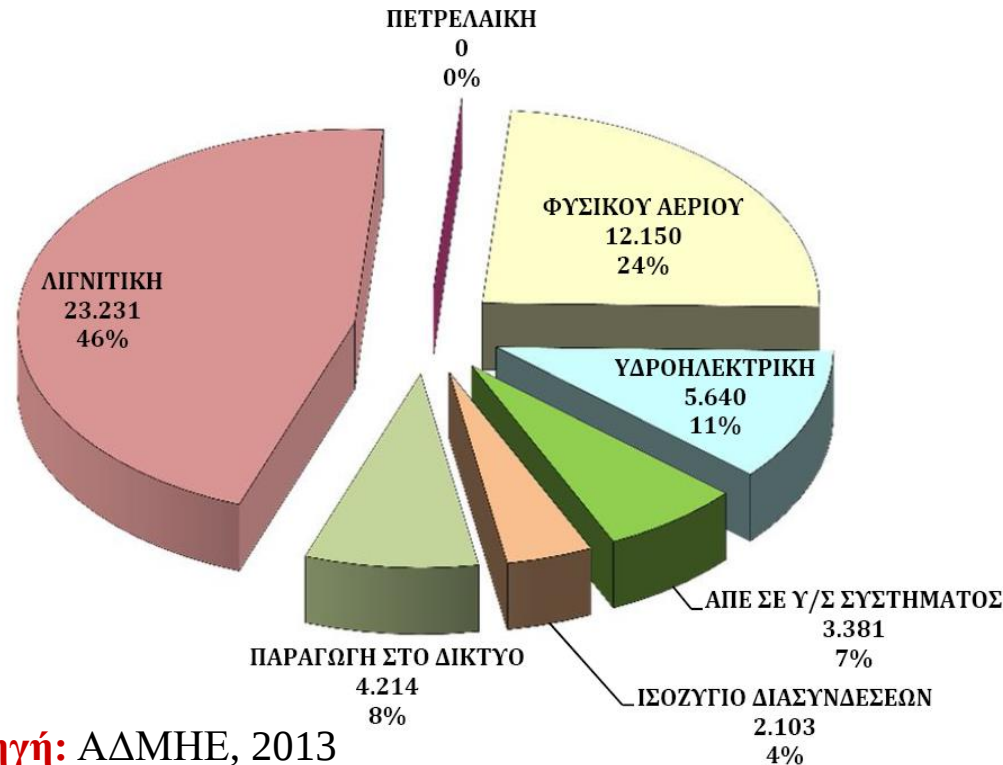
Σημαντική η συμβολή των ταμιευτήρων των Υδροηλεκτρικών έργων στις άλλες χρήσεις

- ❑ το 30-35% περίπου του ωφελίμου όγκου των παραπάνω μεγάλων ταμιευτήρων, διατίθεται για τις ανάγκες των αρδεύσεων
- ❑ το 0,5% διατίθεται για ανάγκες ύδρευσης
- ❑ το κόστος της ΔΕΗ από τις παραπάνω χρήσεις (απώλεια ή υποβάθμιση ενέργειας) ανέρχεται στα 20 εκ. € περίπου
- ❑ ιδιαίτερα σημαντική είναι επίσης και η παράμετρος της αντιπλημμυρικής προστασίας
- ❑ συμβολή στην τουριστική ανάπτυξη & αναψυχή

Διασυνδεδεμένο Ελληνικό Σύστημα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας Παραγωγή Ενέργειας (2013)

ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ & ΙΣΟΖΥΓΙΟ ΔΙΑΣΥΝΔΕΣΕΩΝ (GWh)

50.717 GWh

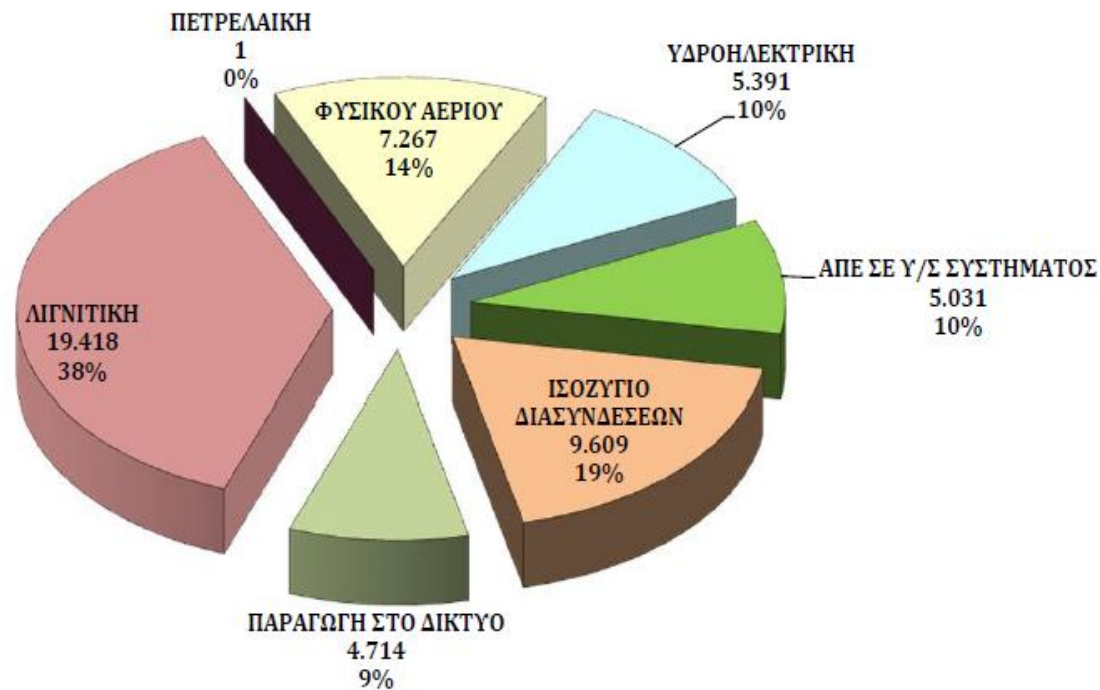


Πηγή: ΑΔΜΗΕ, 2013

Διασυνδεδεμένο Ελληνικό Σύστημα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας Παραγωγή Ενέργειας (2015)

ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ & ΙΣΟΖΥΓΙΟ ΔΙΑΣΥΝΔΕΣΕΩΝ (GWh)

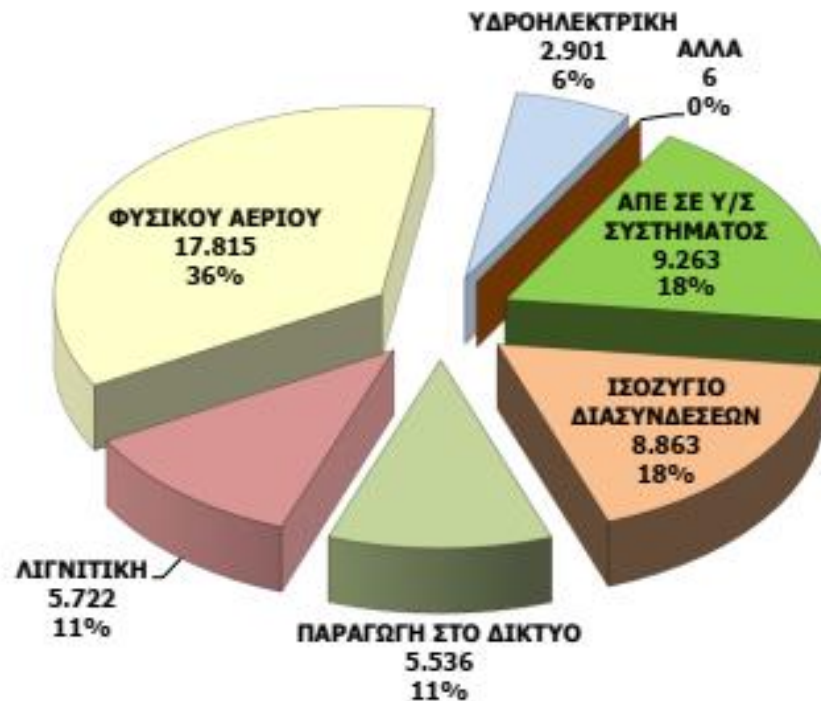
51.430 GWh



ΑΔΜΗΕ 2015

Διασυνδεδεμένο Ελληνικό Σύστημα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας Παραγωγή Ενέργειας (2020)

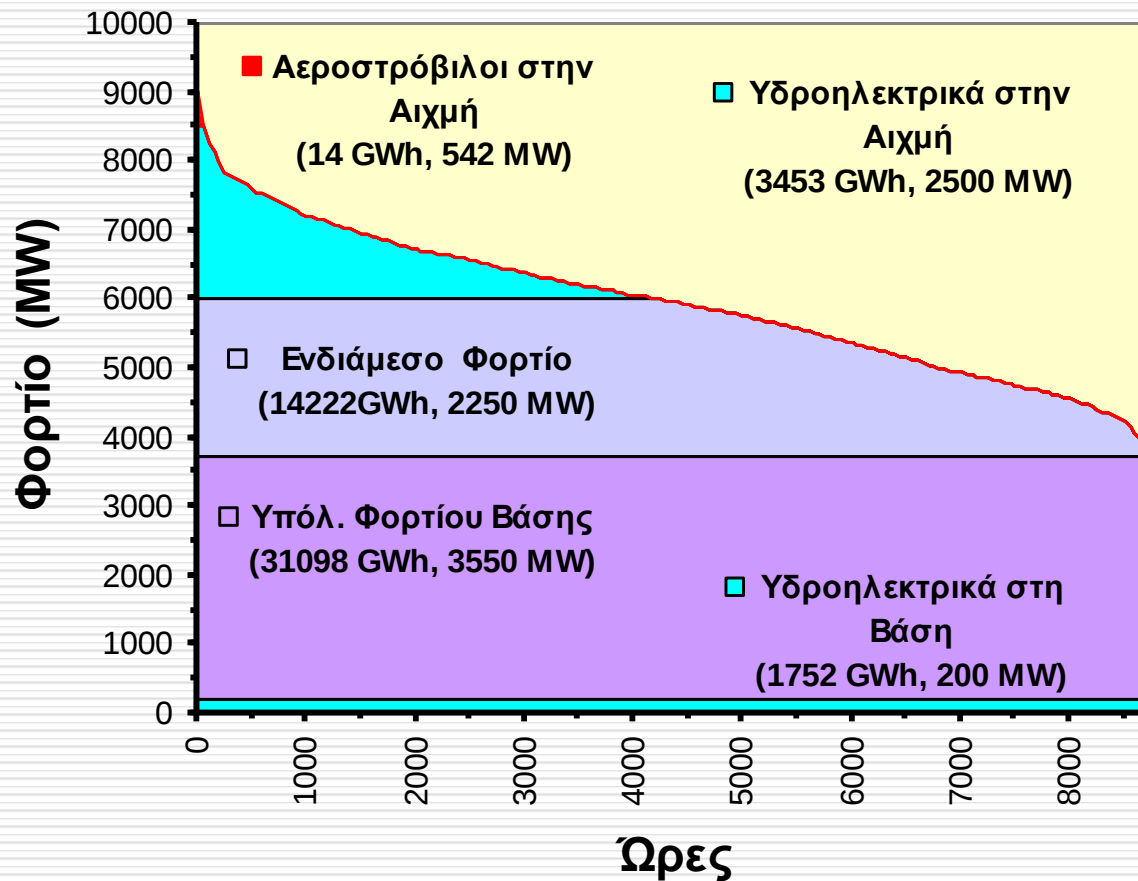
ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ & ΙΣΟΖΥΓΙΟ ΔΙΑΣΥΝΔΕΣΕΩΝ (GWh)
50.106 GWh



ΑΔΜΗΕ 2020

Διασυνδεδεμένο Σύστημα

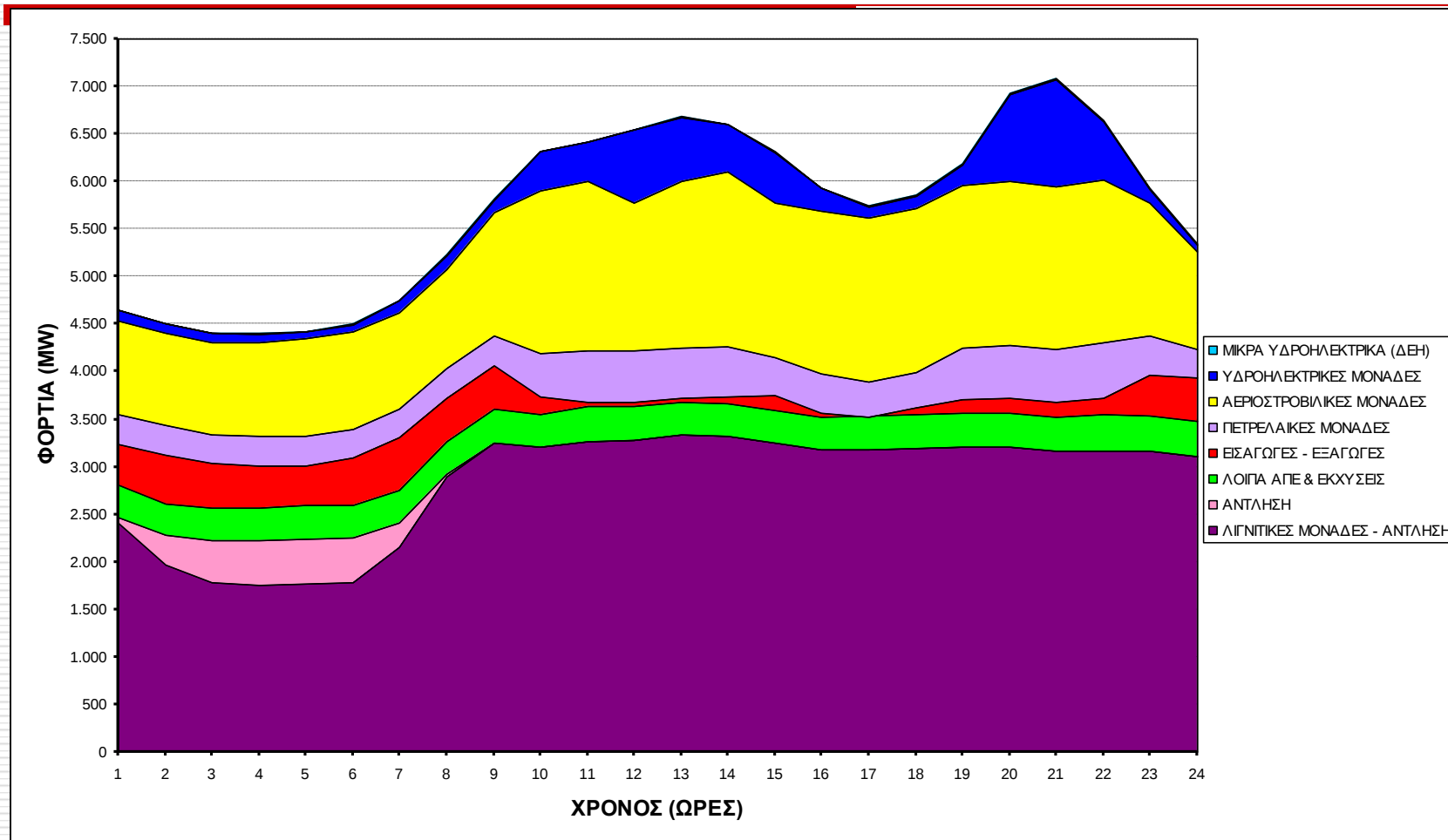
Καμπύλη Διαρκείας Φορτίου (2003)



Διασυνδεδεμένο Σύστημα

Ημερήσια Παραγωγή (ανά ώρα)

Φθινόπωρο: (Τρίτη 10/10/2006)

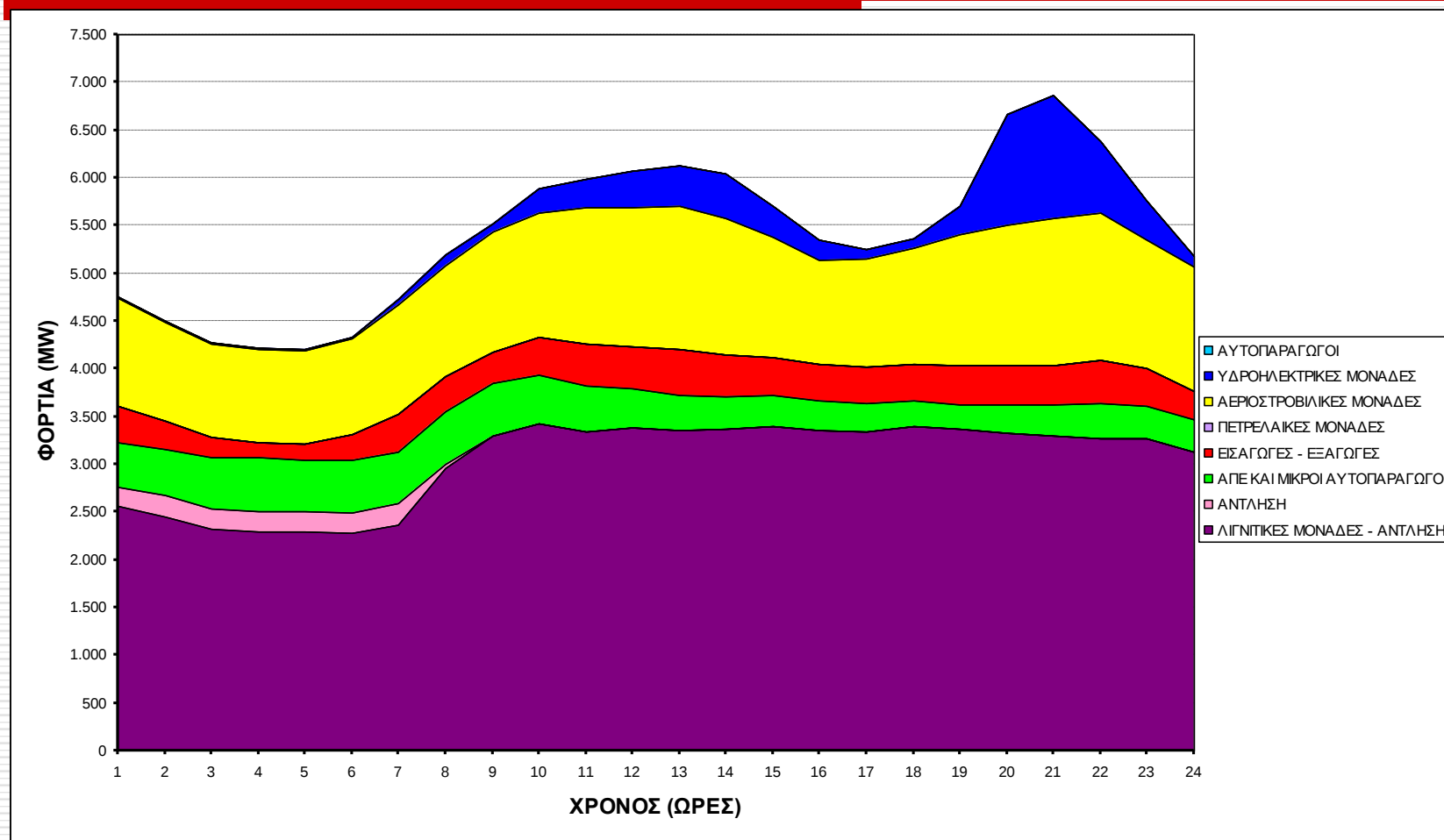


ΥΗΕ και ΜΥΗΕ

Διασυνδεδεμένο Σύστημα

Ημερήσια Παραγωγή (ανά ώρα)

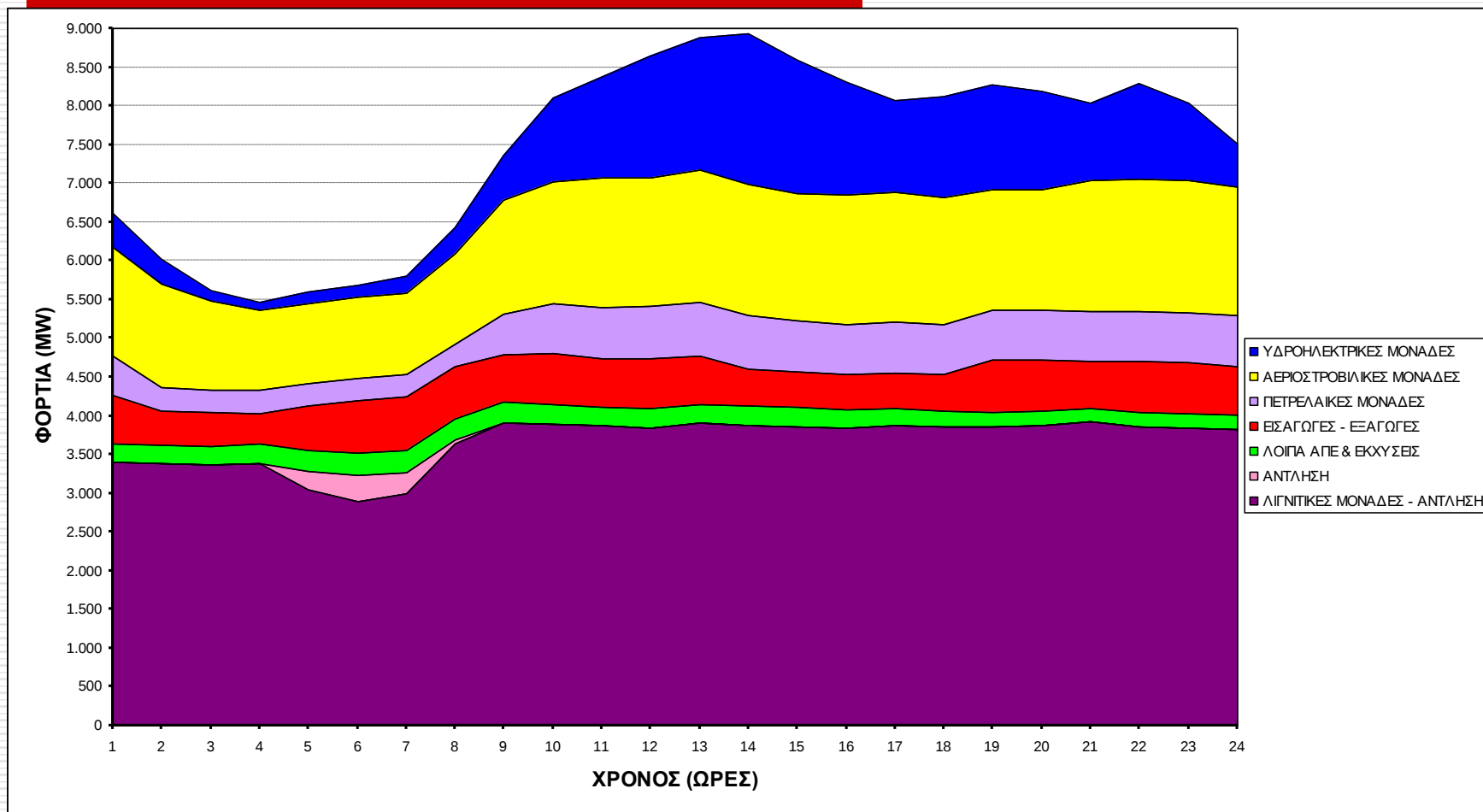
Φθινόπωρο: (Τρίτη 11/10/2011)



Διασυνδεδεμένο Σύστημα

Ημερήσια Παραγωγή (ανά ώρα)

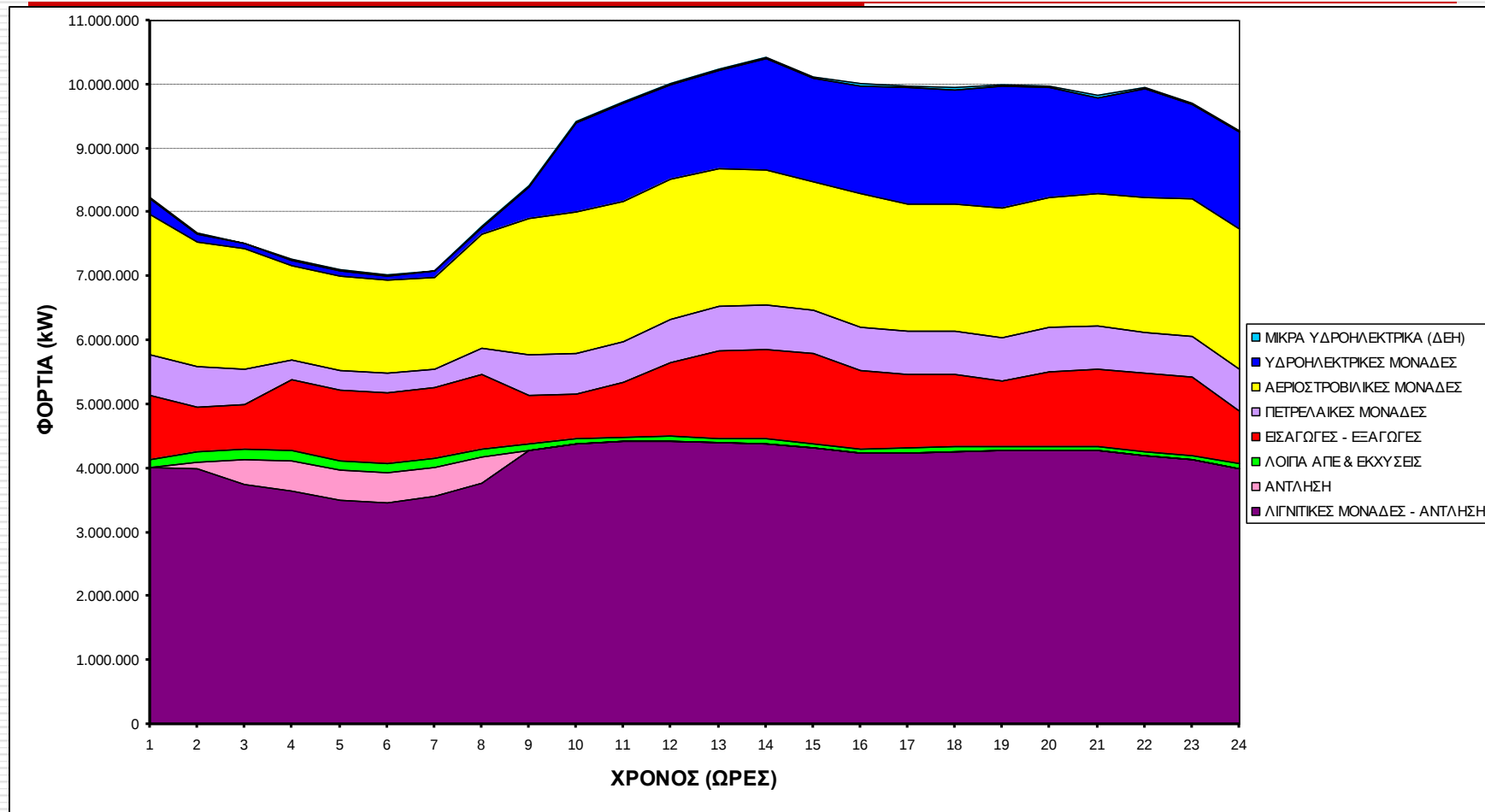
Καλοκαίρι: (Τρίτη 27/06/2006)



Διασυνδεδεμένο Σύστημα

Ημερήσια Παραγωγή (ανά ώρα)

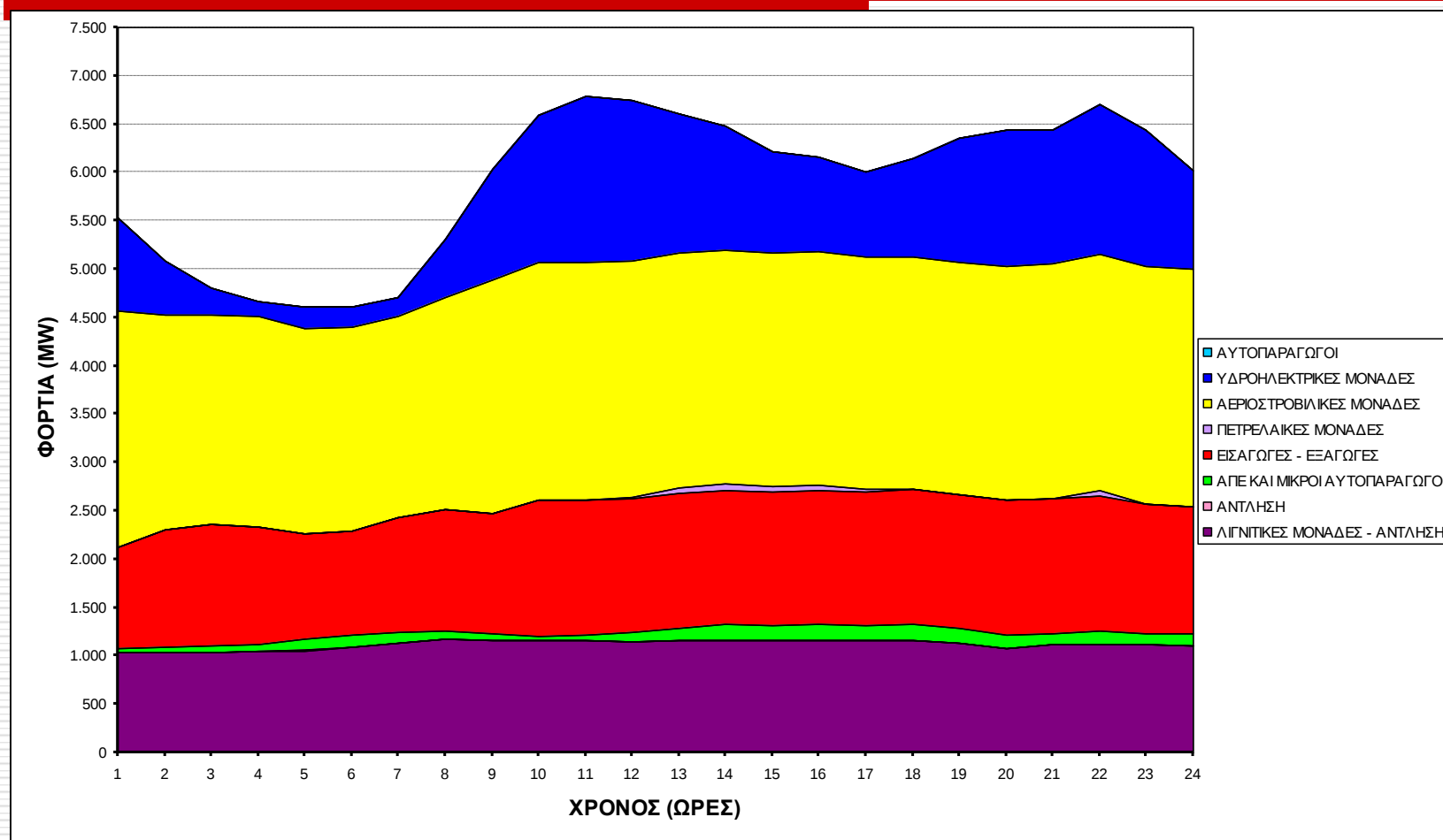
Καλοκαίρι: (Τρίτη 26/06/2007)



Διασυνδεδεμένο Σύστημα

Ημερήσια Παραγωγή (ανά ώρα)

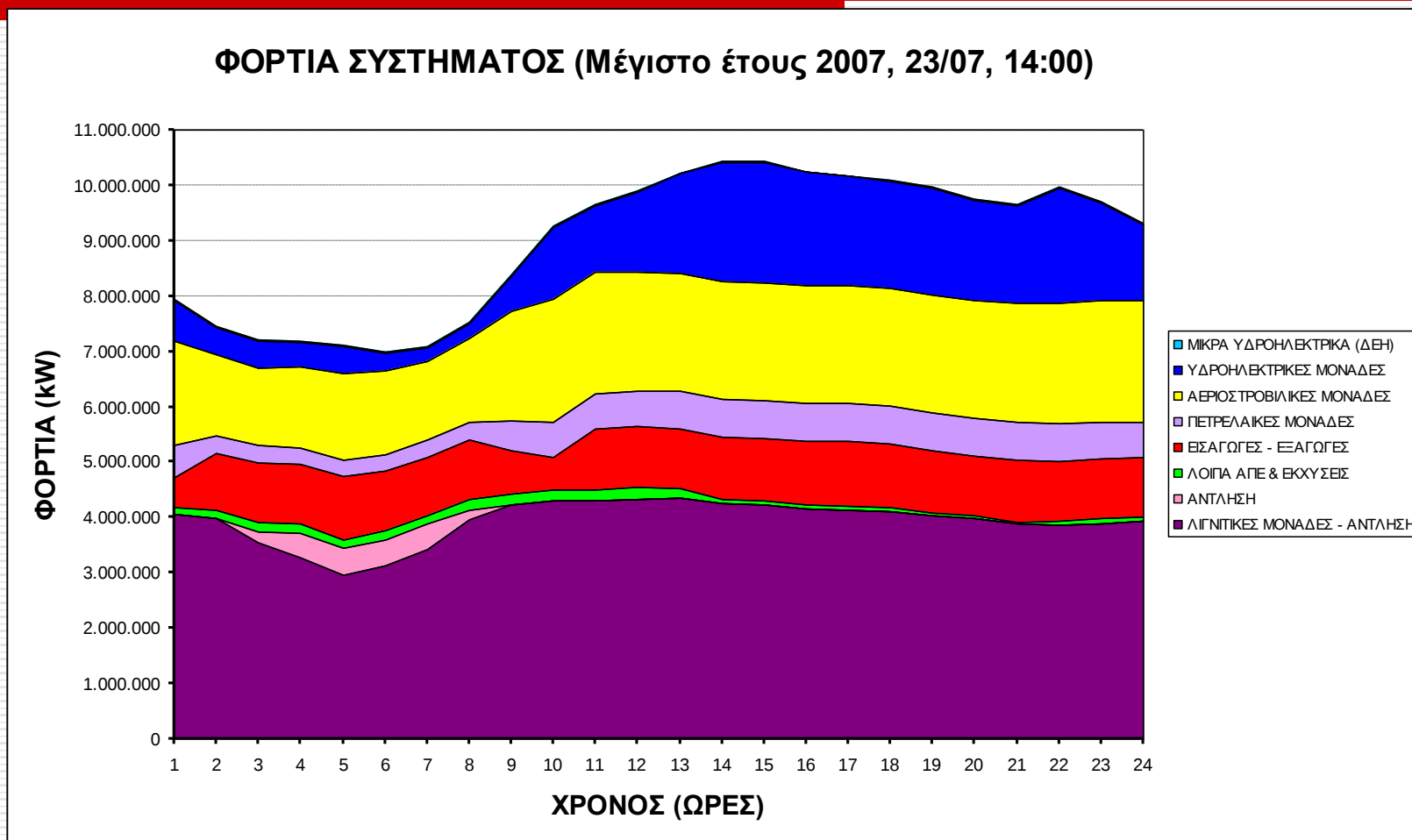
Καλοκαίρι: (Τρίτη 28/06/2011)



Διασυνδεδεμένο Σύστημα

Ημερήσια Παραγωγή (ανά ώρα)

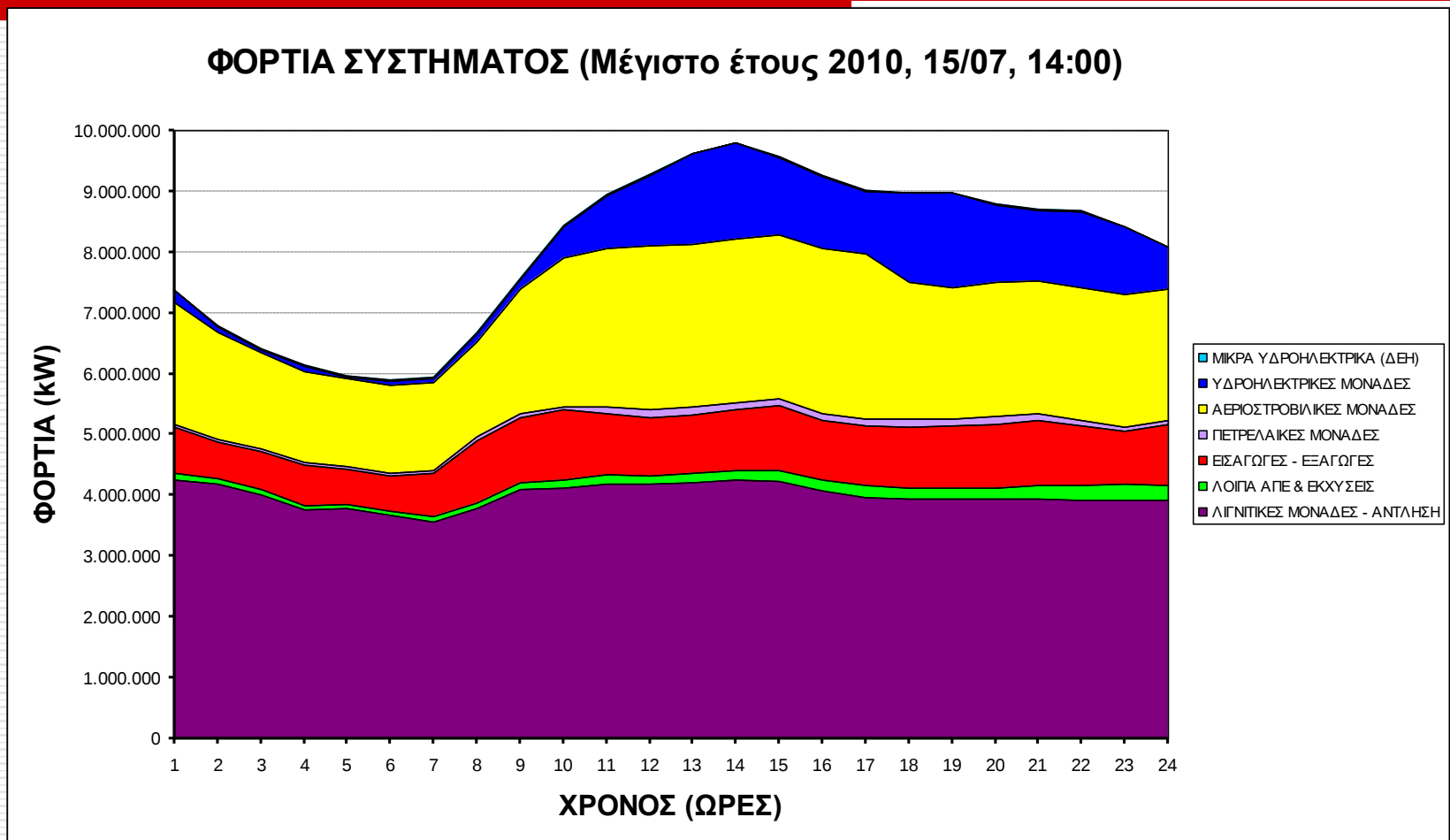
Μέγιστο Φορτίο Έτους (2007)



Διασυνδεδεμένο Σύστημα

Ημερήσια Παραγωγή (ανά ώρα)

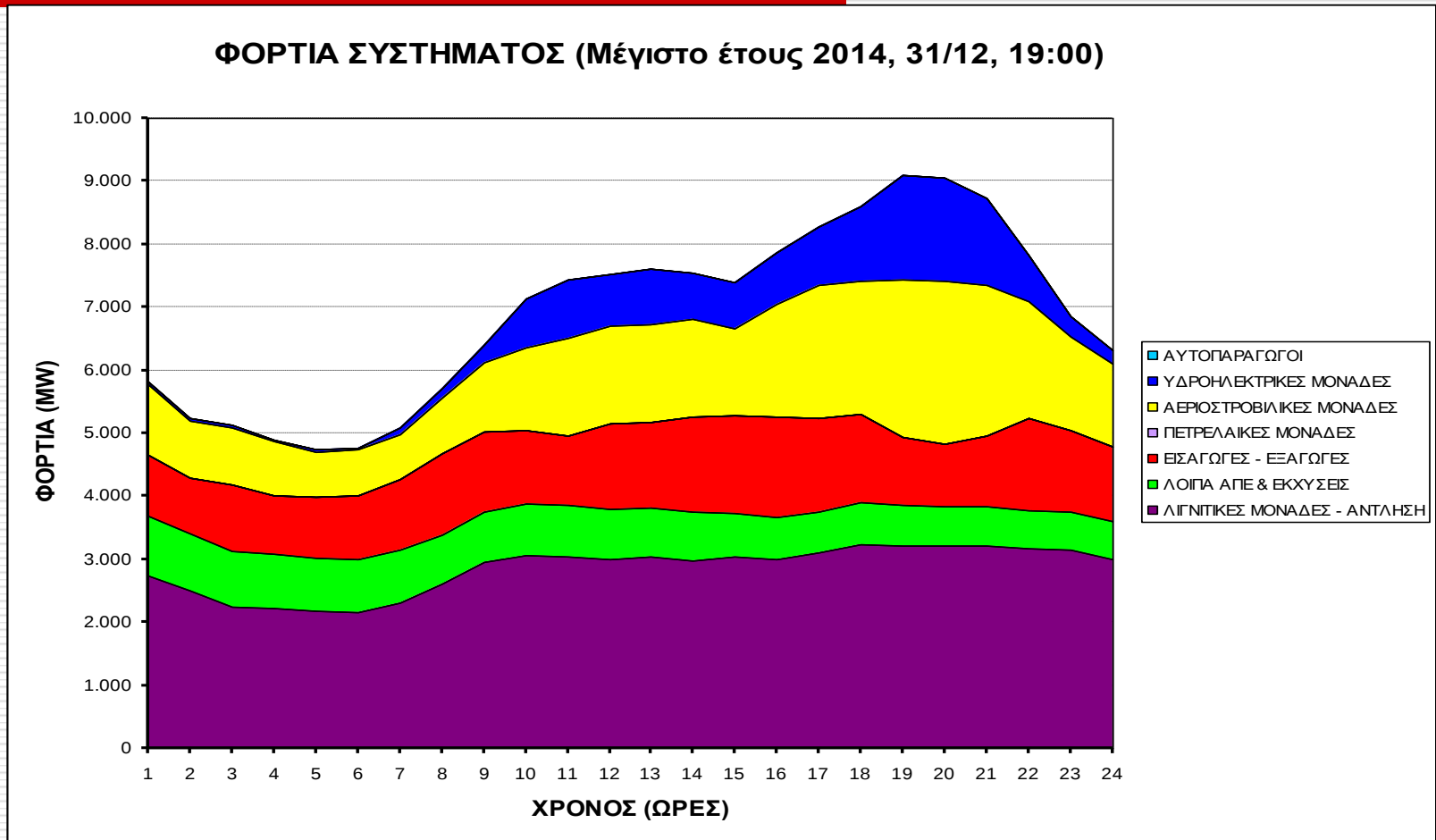
Μέγιστο Φορτίο Έτους (2010)



Διασυνδεδεμένο Σύστημα

Ημερήσια Παραγωγή (ανά ώρα)

Μέγιστο Φορτίο Έτους (2014)



Παραγωγή του συνόλου των Μικρών Υδροηλεκτρικών Έργων το υγρό 2006

Μήνας	Παραγωγή (MWh)	Ισχύς (MW)	Ώρες λειτουργίας	Ώρες /ημέρα
Ιανουάριος	25.508	48,16	529,7	17,1
Φεβρουάριος	21.505	48,16	446,5	15,9
Μάρτιος	28.840	52,08	553,8	17,9
Απρίλιος	28.858	52,08	554,1	18,5
Μάιος	28.337	52,08	544,1	17,6
Ιούνιος	18.172	53,03	342,7	11,4
Ιούλιος	11.148	61,42	181,5	5,9
Αύγουστος	8.630	63,98	134,9	4,4
Σεπτέμβριος	7.138	64,07	111,4	3,7
Οκτώβριος	11.858	65,02	182,4	5,9
Νοέμβριος	12.108	66,55	181,9	6,1
Δεκέμβριος	18.497	73,68	251,0	8,1
Σύνολα	220.599		4014,0	11,0

Παραγωγή του συνόλου των Μικρών Υδροηλεκτρικών Έργων το ξηρό 2008

Μήνας	Παραγωγή (MWh)	Ισχύς (MW)	Ώρες λειτουργίας	Ώρες /ημέρα
Ιανουάριος	28.780	96,85	297,2	9,6
Φεβρουάριος	26.259	116,15	226,1	8,1
Μάρτιος	35.680	130,99	272,4	8,8
Απρίλιος	45.273	141,89	319,1	10,6
Μάιος	37.124	141,89	261,6	8,4
Ιούνιος	26.419	144,47	182,9	6,1
Ιούλιος	21.101	148,27	142,3	4,6
Αύγουστος	17.136	148,70	115,2	3,7
Σεπτέμβριος	13.496	148,70	90,8	3,0
Οκτώβριος	17.131	150,25	114,0	3,7
Νοέμβριος	17.710	150,88	117,4	3,9
Δεκέμβριος	38.821	158,42	245,1	7,9
Σύνολα	324.930		2384,0	6,5

Σημερινή Πραγματικότητα

- ❑ **- Λειτουργούν δεκαέξι (16) μεγάλα ΥΗΕ**
 - Εγκατεστημένη ισχύς υδροηλεκτρικών, 3.200 MW (το 18% περίπου της συνολικής ισχύος του διασυνδεδεμένου συστήματος)
 - Η υδροηλεκτρική παραγωγή, όπως προβλεπόταν από τις μελέτες, έπρεπε να είναι 6.400 GWh το χρόνο
 - Πραγματική μέση παραγωγή όλων των υδροηλεκτρικών, 3.500 έως 4.500 GWh (το 10% περίπου της όλης ηλεκτρικής παραγωγής)
 - Διαθέσιμος ωφέλιμος όγκος όλων των ταμιευτήρων των υδροηλεκτρικών, 5.700 εκατομμύρια m³
 - Το 30% περίπου του ωφελίμου όγκου των ταμιευτήρων των υδροηλεκτρικών, διατίθεται κατά προτεραιότητα για άλλες, πέραν της ηλεκτροπαραγωγής, χρήσεις
- ❑ **Δεν προγραμματίζονται από τη ΔΕΗ νέα μεγάλα ΥΗΕ**
- ❑ **Δεν ενεργοποιήθηκαν ακόμη οι ιδιώτες επενδυτές**

Γιατί χρειαζόμαστε και άλλα Μεγάλα Υδροηλεκτρικά Έργα

- ❑ Για να διπλασιάσουμε την παραγωγή ανανεώσιμης ενέργειας, έστω μέχρι το 2030, (Οδηγία 2001/77)
- ❑ Για να διπλασιάσουμε τις αποθήκες νερού
- ❑ Για την αντιπλημμυρική προστασία των κατάντη περιοχών στα περισσότερα ποτάμια
- ❑ Για την βελτίωση της ενεργειακή μας αυτονομίας
- ❑ Για να διευκολύνουμε την διείσδυση και των άλλων ΑΠΕ (αιολικά)
- ❑ Για να αποφύγουμε κατά το δυνατόν τα πυρηνικά

Χρειαζόμαστε πράγματι νέους μεγάλους Ταμιευτήρες;

☐	Όγκος βροχής	116.000 hm ³
☐	Εξάτμιση	59.000 hm ³
☐	Υπόγεια & επιφανειακά	57.000 hm ³
☐	Εισροή από άλλες χώρες	13.000 hm ³
☐	Απορροή μεγάλων ποταμών	47.000 hm ³
☐	Σημερινή ζήτηση	8.200 hm³
☐	Ταμιευτήρες Υδροηλεκτρικών	5.700 hm ³
☐	Ταμιευτήρες Άρδευτικών	450 hm ³
☐	Ταμιευτήρες Ύδρευσης	~900 hm ³
☐	Σύνολο ταμιευτήρων	~ 7.100 hm³
☐	Ταμιευτήρες σε κατασκευή	918 hm³

(από τα οποία 680 hm³ οι ταμιευτήρες των ΥΗΕ Μεσοχώρας, Συκιάς)

Υπάρχουν θέσεις για νέα ΥΗΕ (1);

α/α	Υδροηλεκτρικό Έργο	Ποταμός	Εγκατεστ. Ισχύς (MW)	Παραγόμενη Ενέργεια (GWh/έτος)			Φάση μελέτης
				Πρωτεύουσα	Δευτερεύουσα	Ολική	
1	Αυλάκι	Αχελώος	100,0	150	99	249	Προμελέτη
2	Βίνιανη - Μαρκόπουλο	Ανατολικός Αχελώος	324,0	195	20	215	Γεν. Σχέδιο Αξιοποίησης
3	Αγραφιώτης	"	40,0	143	24	167	Γεν. Σχέδιο Αξιοποίησης
4	Τρικεριώτης	"	40,0	99	220	319	Γεν. Σχέδιο Αξιοποίησης
5	Στενό - Καλλαρίτικο	Αραχθός	390,0	624	78	702	Μελέτη δημοπράτησης
6	Αγιος Νικόλαος	"	140,0	170	220	390	Μελέτη δημοπράτησης
7	Πιστιανά	'	60,0	153	51	204	Γεν. Σχέδιο Αξιοποίησης
8	Βωβούσα	Αώος	135,0	364	0	364	Γεν. Σχέδιο Αξιοποίησης
9	Ελεύθερο	"	80,0	205	80	285	Γεν. Σχέδιο Αξιοποίησης
10	Αγία Βαρβάρα	Σαραντάπορος	35,0	93	59	152	Γεν. Σχέδιο Αξιοποίησης
11	Γλύζιανη	Καλαμάς	86,0	225	131	356	Γεν. Σχέδιο Αξιοποίησης
12	Σουλόπουλο	"	25,0	61	36	97	Γεν. Σχέδιο Αξιοποίησης
13	Βροσίνα	"	70,0	193	66	259	Γεν. Σχέδιο Αξιοποίησης
14	Μινίνα	"	50,0	145	66	211	Γεν. Σχέδιο Αξιοποίησης

Υπάρχουν θέσεις για νέα ΥΗΕ (2);

α/α	Υδροηλεκτρικό Έργο	Ποταμός	Εγκατεστ. Ισχύς (MW)	Παραγόμενη Ενέργεια (GWh/έτος)			Φάση μελέτης
				Πρωτεύουσα	Δευτερεύουσα	Ολική	
15	Κορομηλιά-Καστοριά	Αλιάκμων	6,2	6	11	17	Προμελέτη
16	Μετόχι - Σπήλαιο	"	25,0	60	34	94	Γεν. Σχέδιο Αξιοποίησης
17	Τρίκωμο	"	10,0	22	13	35	Γεν. Σχέδιο Αξιοποίησης
18	Ελάφι	"	75,0	206	129	335	Προμελέτη
19	Τέμενος	Νέστος	19,5	20	21	71	Μελέτη δημοπράτησης
20	Πύλη-Μουζάκι	Πηνειός	130,0	200	52	252	Προμελέτη
21	Μαυρομάτι	"	30,0	48	8	56	Προμελέτη
22	Μεσοχώρα	Αχελώος	160,0	231	153	384	Σχεδόν ολοκληρωμένο
23	Συκιά	Αχελώος	120,0	118	178	296	Ημιτελής
24	Πευκόφυτο	Σήραγγα Εκτροπής Αχελώου	160,0	340	0	340	Ημιτελής
25	Μετσοβίτικος	Μετσοβίτικος	25,0	29	29	58	Κατασκευάζεται
	ΣΥΝΟΛΟ		2336			5908	

Πίνακας 1: ΥΗΕ μελετηθέντα (σε διάφορα στάδια μελέτης) από τη ΔΕΗ, βασικά στοιχεία

Συμπεράσματα

- ❑ Τα μεγάλα ΥΗΕ επηρεάζουν σημαντικά το περιβάλλον (θετικά και αρνητικά)
- ❑ Οι ταμιευτήρες είναι συνήθως πλούσιοι σε χλωρίδα και πανίδα και εξελίσσονται σε σημαντικούς υδροβιότοπους
- ❑ Τα ΥΗΕ συμβάλλουν στην ήπια ανάπτυξη
- ❑ Η Ελλάδα έχει ανάγκη από έργα πολλαπλού σκοπού για τη ορθολογική διαχείριση των υδατικών της πόρων

Συμπεράσματα - Προτάσεις

- ❑ Η κατανομή των δαπανών για την κατασκευή αυτών των Έργων, στις διάφορες χρήσεις, πρέπει να γίνεται ανάλογα με τα οφέλη που θα αποκομίσει η κάθε χρήση
- ❑ Με την υπερετήσια εκμετάλλευση των μεγάλων ταμιευτήρων και με τους αντλητικούς σταθμούς, εξασφαλίζονται τα απαραίτητα αποθέματα για την αντιμετώπιση περιόδων ξηρασίας
- ❑ Με την κατασκευή 21 νέων ΥΗΕ (+ 4 ημιτελή), με επένδυση ~5,0 δισ. €, προστίθενται στο σύστημα ~2.400 MW (+75%) και ~ 5.900 GWh (+130%)

Εκτροπή Αχελώου Η Ενεργειακή Παράμετρος

**«Ο Αναπτυξιακός ρόλος
των έργων μεταφοράς
νερού από τον άνω ρου
του Αχελώου - Προτάσεις
απεμπλοκής»**

Ι.Π. Στεφανάκος

Δρ. Πολ. Μηχανικός, τ. Επίκ. Καθ. ΕΜΠ



Υδροηλεκτρικά Έργα (ΥΗΕ & ΜΥΗΕ) σε λειτουργία στον Αχελώο

- **Δαφνοζωνάρα,** $V_{\omega\phi.}=1 \text{ hm}^3, I= 11,5 \text{ MW}$
(ΜΥΗΕ - ιδιώτης)
- **Κρεμαστά,** $V_{\omega\phi.}=2.805 \text{ hm}^3, I= 437 \text{ MW}$
- **Καστράκι,** $V_{\omega\phi.}= 53 \text{ hm}^3, I= 320 \text{ MW}$
- **Στράτος,** $V_{\omega\phi.}= 11 \text{ hm}^3, I= 150 \text{ MW}$

Μέσες ετήσιες ποσότητες νερού στον Αχελώο και Εκτροπή

- **Φράγμα Συκιάς,** εισροές: $Q = 46,1 \text{ m}^3/\text{s}$
 $V = 1.454 \text{ hm}^3$
- **Εκβολές ποταμού,** $V \sim 4.300 \text{ hm}^3$
- **Εκτροπή 1.104 hm^3 ,** (75,9%), (26%)
- **Εκτροπή 600 hm^3 ,** (41,2%), (14%)
- **Εκτροπή 250 hm^3 ,** (17,2%), (5,8%)

Πρόταση με προοπτική για έξοδο από το αδιέξοδο

- ☐ **Μείωση Εκτροπής στα 250 hm³**
(17,2% εισροών στη Συκιά) , (5,8% Εκβολών)
- ☐ **Αναστρέψιμο το Πευκόφυτο ?**
- ☐ **Χαμηλό Φράγμα στο Μουζάκι**
Φράγμα ύψους ~40m, Κατάκλυση 3,5 (έναντι των 6,5)
Km², $V_{\omega\phi}=30 \text{ hm}^3$, $E \sim 80 \text{ GWh}$

Πρόταση για άμεση έναρξη της κατασκευής και χρηματοδότηση

- **Απεμπλοκή του έργου της Συκιάς και ολοκλήρωσή του ως αμιγώς Υδροηλεκτρικού κατ' αρχήν**
- **Εξέταση της δυνατότητας συγχρηματοδότησης μεταξύ Δημοσίου και ιδιωτών (ΣΔΙΤ) για το υπόλοιπο της Συκιάς, του Πευκοφύτου και του Μουζακίου**

Οφέλη από την Πρόταση

- ❑ **Διέξοδος στο μακροχρόνιο αδιέξοδο**
- ❑ **Δυνατότητα αποθήκευσης χειμερινών υδάτων της Θεσσαλίας στον ταμιευτήρα της Συκιάς**
- ❑ **Εξισορρόπηση του ενεργειακού ελλείματος των 148 GWh**
(~80 GWh από το Μουζάκι και ~100 GWh από την ανάστροφη λειτουργία του Πευκοφύτου)

Εκτροπές στην Ελλάδα

Από Αλιάκμονα προς Θεσσαλονίκη
55-220 hm³ (2009) - 60 km

Από Αώο προς Άραχθο
100 hm³ (1991-) - 3.8 km

Από Ταυρωπό προς Θεσσαλία
150 hm³ (1961-) - 2.7 km

Από Εύηνο προς Μόρνο
70-430 hm³ (1995-) - 29 km

Από Υλίκη προς Αθήνα
3-200 hm³ (1958-) - 38 km

Από Μόρνο προς Αθήνα
50-450 hm³ (1979-) - 188 km

Από Μαραθώνα προς Αθήνα
0-20 hm³ (1931-) - 22 km

Από Αθήνα προς Κυκλάδες
0.23 hm³ (2001-) - 150 km

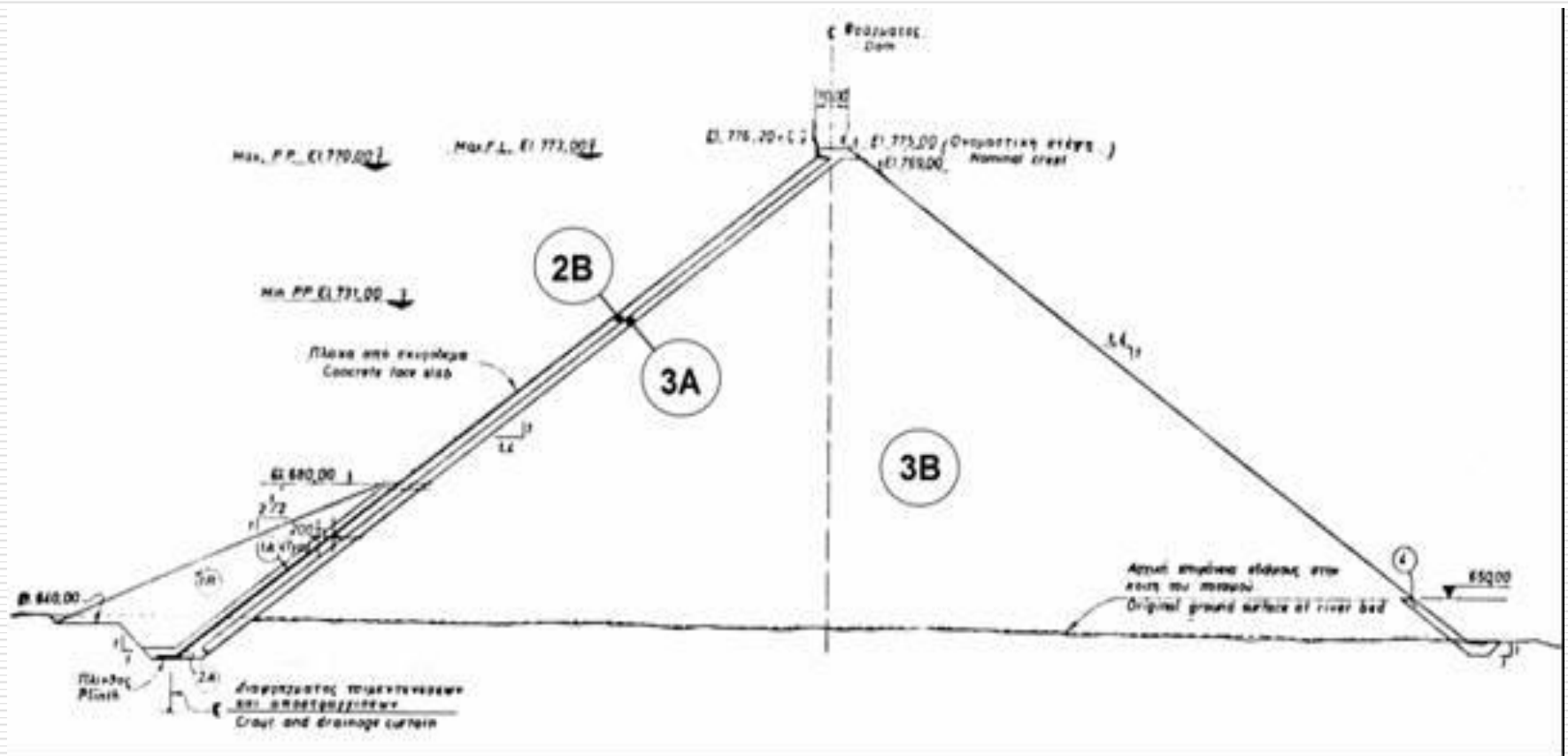
Από Αθήνα προς Κύπρο
8 hm³ (2008-) - 1000 km

Από Ρόδο προς Δωδεκάνησα
0.61 hm³ (2001-) - 100 km

Από Γαδουρά προς Ρόδο
22-44 hm³ (2010) - 40 km

Από Αποσελέμη προς Ηράκλειο
18 hm³ (2011-) - 31 km

Τυπική διατομή φράγματος Μεσοχώρας



Όψη από ανάντη φράγματος Μεσοχώρας (2006)



Όψη από ανάντη φράγματος Μεσοχώρας (2011)



Όψη από κατάντη φράγματος Μεσοχώρας



Σταθμός Παραγωγής ΥΗΕ Μεσοχώρας (αίθουσα ελέγχου & λειτουργίας - control room)



Σταθμός Παραγωγής ΥΗΕ Μεσοχώρας (σφαιρική βαλβίδα ανάντη της μονάδας)



Σταθμός Παραγωγής ΥΗΕ Μεσοχώρας (έξοδος της διώρυγας φυγής)



Φθορές σήραγγας εκτροπής ΥΗΕ Μεσοχώρας



Ενέργεια & κόστος

- ❑ Ισχύς 161,6 MW
- ❑ Παραγόμενη ενέργεια 384 GWh/έτος
- ❑ Η κατασκευή του άρχισε το 1986 και ολοκληρώθηκε ουσιαστικά το 2001
- ❑ Έχουν επενδυθεί περίπου 500 εκατ. € (σε σημερινές τιμές)
- ❑ Κάθε χρόνο χάνονται πάνω από 28 εκατ. € από τη μη παραγωγή ενέργειας, ενώ 22 εκατ. € είναι το ετήσιο κόστος για την εξυπηρέτηση των ανενεργών κεφαλαίων που έχουν επενδυθεί-δεσμευθεί στο έργο

Εμπλοκή με εκτροπή Αχελώου

- Μετά τον περιορισμό της προβλεπόμενης ετήσιας εκτροπής προς τη Θεσσαλία από 1.100 σε 250 hm³, δεν υπάρχει σύνδεση και λειτουργική σχέση του έργου της Μεσοχώρας με τα έργα της Εκτροπής
 - Ο ταμιευτήρας του ΥΗΕ Συκιάς με ωφέλιμο όγκο 440 hm³ επαρκεί για τον παραπάνω σκοπό και δεν χρειάζεται τα 228 hm³ του ΥΗΕ Μεσοχώρας
 - Ατυχής η σύνδεση των περιβαλλοντικών αδειοδοτήσεων έργου Μεσοχώρας και έργων Εκτροπής Αχελώου

World Bank Technical Meeting

Exploring the possibility of constructing pump-storage projects in areas of the Greek mainland grid (the Western Macedonia case)



J.P. Stefanakos, Consultant, r. Assistant Professor NTUA
National Technical University of Athens

PRESENT SITUATION

2 PUMP-STORAGE HYDRO PLANTS:

THISSAVROS: 381 MW

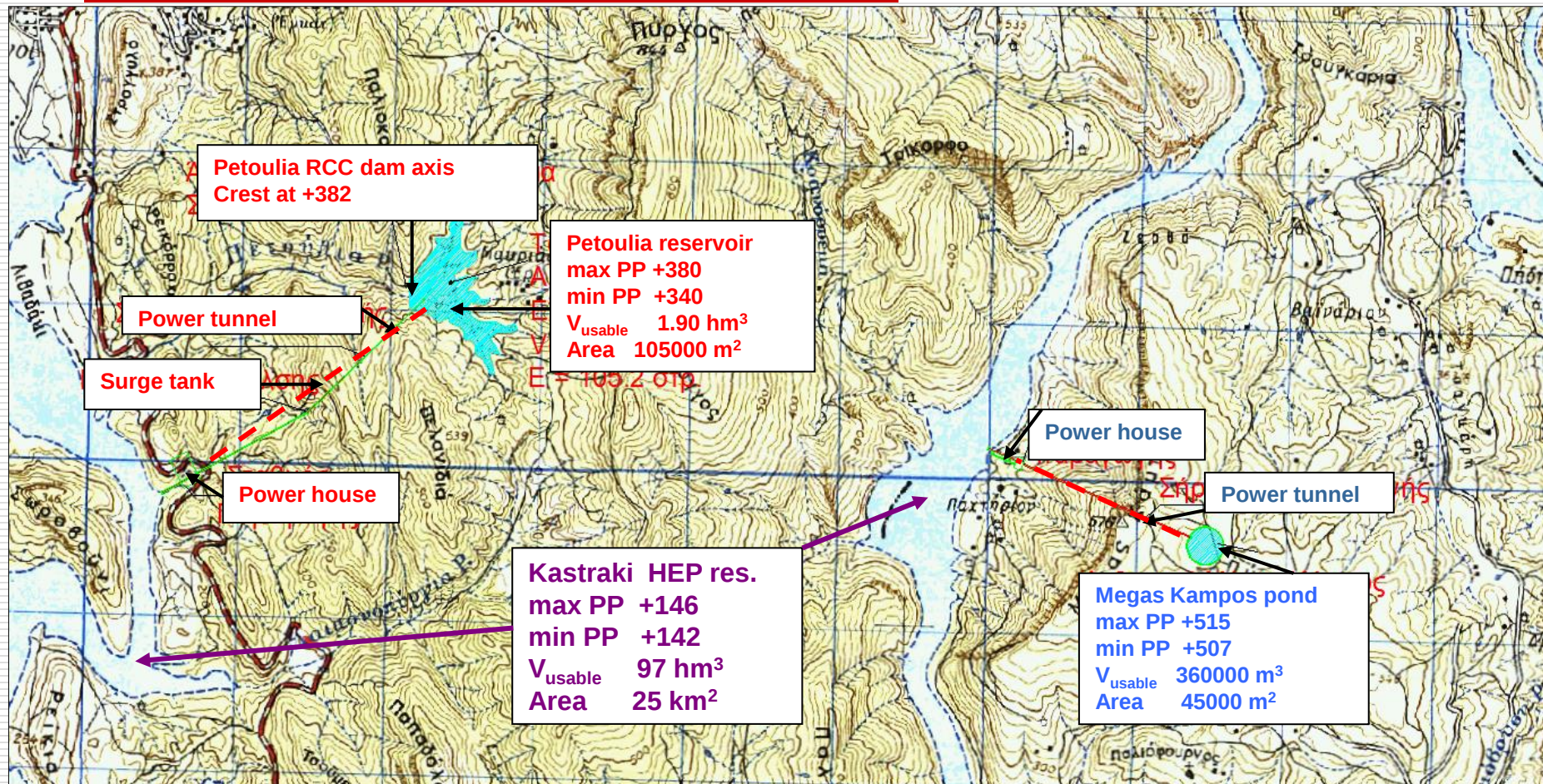
SFIKIA: 315 MW

Practically no pumping for the last 5 years

Existing Reservoirs of HEPs

N ^o	Existing Downstream Hydro	Name of Reversible Project	Code Name of Reversible Project	Upstream Reservoir formed with	V _{usable} (x10 ⁶ m ³)	H _{gross} (m)	Q (m ³ /s)	Capacity (pumping) (MW)	Total Cost (x10 ⁶ €)	Unit Cost (€/kW)
1	Kastraki	Alevrada	KARA	RCC dam	5,000	198	115	272,0	176,4	649
2	"	Somporema	KARB	RCC dam	2,000	288	46	153,0	106,1	693
3	"	Tsougaria	KARC	Wall	0,420	224	20	52,0	42,6	819
4	"	Filos	KARD	Wall	0,488	484	23	131,0	90,7	692
5	"	Daimonopyrgia	KARE	RCC dam	1,980	226	46	124,0	89,2	719
6	"	Petoulia	KARF	RCC dam	1,900	238	44	124,0	97,3	785
7	"	Megas Kampos	KARG	Wall	0,360	373	17	74,0	51,7	699
8	Stratos	Siolou	STRA	Wall	0,240	241	11	32,0	26,6	831
9	Sfilia	Mikri Sanda	SFRA	Wall	0,330	504	15	89,0	65,0	730
10	"	Ag.Paraskevi	SFRB	Wall	0,366	434	17	84,0	60,0	714
11	Assomata	Polydendro	ASRA	Wall	0,465	369	22	92,0	65,0	707
12	Poumari II	Sikaninea	PIIRA	RCC dam	2,000	150	46	85,0	62,0	729
13	"	Grammenitsa	PIIRB	Wall	0,783	156	37	68,0	55,7	819
14	Platanovrysi	Leptokaria	PLRA	Wall	0,121	323	5,61	20,4	21,0	1031
15	Temenos	Arpa	TERA	Wall	0,110	203	5,14	11,8	15,1	1285
Totals								1.412	1.024	725

Two of the seven proposed reversible projects at Kastraki HEP reservoir (general map)



Conclusions

It is possible to construct:

15 new reversible plants

Total installed capacity of **1410 MW**

Average unit cost of **725 €/kW**

Ευχαριστώ

Ι.Π. Στεφανάκος

Δρ. Πολ. Μηχανικός, τ. Επίκ. Καθηγητής ΕΜΠ



ΕΛΛΗΝΙΚΗ
ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΗ
ΕΤΑΙΡΕΙΑ
ΕΔΑΦΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ
& ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΗΣ
ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ

