

# Η Στρατηγική για τις ΑΠΕ και οι επιπτώσεις για την αγορά ενέργειας

Καθηγητής Παντελής Κάπρος  
E3MLab , Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο

Αθήνα, Μάιος 2010

# Στόχοι για την Ελλάδα

---

## ► **Ευρωπαϊκές Οδηγίες για το πακέτο πολιτικής 20-20 για το 2020**

- α) υποχρεωτική αγορά αδειών εκπομπής από το ETS στο επίπεδο ολόκληρης της ΕΕ με δημοπράτηση όλων των αδειών εκπομπών μετά το 2013 (αφορά την ηλεκτροπαραγωγή και τη μεγάλη βιομηχανία)
- β) στόχος για κάθε χώρα (-4% για την Ελλάδα) σχετικά με τη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου στους τομείς που δεν υπάγονται στο ETS (κτίρια, οικίες, μικρή βιομηχανία, γεωργία, μεταφορές)
- γ) στόχος για κάθε χώρα (18% για την Ελλάδα, τον οποίο η νέα Κυβέρνηση όρισε στο 20%) σχετικά με τη συνεισφορά των ΑΠΕ στην ακαθάριστη εγχώρια κατανάλωση

# Ο στόχος 20% για ΑΠΕ το 2020

---

- ▶ Εκφράζεται ως λόγος:

Ενέργεια από Ανανεώσιμες Πηγές σε όλους τους τομείς  
Ακαθάριστη Τελική Κατανάλωση Ενέργειας

- ▶ Οι ΑΠΕ διακρίνονται σε τρεις τομείς
  - ▶ Άμεση χρήση ΑΠΕ σε θέρμανση και ψύξη
  - ▶ Βιοκαύσιμα στις Μεταφορές
  - ▶ Έμμεση χρήση ΑΠΕ μέσω Ηλεκτρικής Ενέργειας
- ▶ Εφόσον ο στόχος είναι ποσοστιαίο μέγεθος, εξαρτάται
  - ▶ Από τον αριθμητή: ανάπτυξη της παραγωγής από ΑΠΕ, και
  - ▶ Από τον παρονομαστή: εξοικονόμηση ενέργειας

# Σενάριο Βέλτιστης Εξέλιξης μέχρι το 2020

---

- ▶ Μελέτη του E3MLab/EMΠ για την Ευρωπαϊκή Επιτροπή για όλες τις χώρες της Ευρώπης με χρήση του μοντέλου PRIMES
  - I. Προσομοίωση της αγοράς δικαιωμάτων ETS για το σύνολο της Ευρώπης (με δημοπράτηση) και προσδιορισμός της τιμής ισορροπίας για κάθε εκπεμπόμενο τόνο CO<sub>2</sub>
  - II. Υποχρέωση επίτευξης του % ΑΠΕ το 2020
  - III. Υποχρέωση επίτευξης της μείωσης εκπομπών εκτός ETS σε καθορισμένο % το 2020
- ▶ Το μοντέλο προσδιορίζει την βέλτιστη επίτευξη των στόχων αυτών, τον επιμερισμό της προσπάθειας κατά τομέα, τις απαιτούμενες επενδύσεις και τις επιπτώσεις στο κόστος και τις τιμές της ενέργειας

# Προσομοίωση της Ευρωπαϊκής αγοράς ETS

- ▶ Τα δικαιώματα εκπομπής έχουν προσδιορισθεί για το σύνολο της ΕΕ έτσι ώστε το 2020 οι εκπομπές στους τομείς ηλεκτρισμού και βαριάς βιομηχανίας να γίνουν 21.5% μικρότερες από αυτές του 2005
- ▶ Οι εταιρείες ανταγωνίζονται για την αγορά των δικαιωμάτων, πληρώνουν στο κράτος, και βέβαια μετακυλύουν το κόστος αγοράς στις τιμές καταναλωτού
- ▶ Λαμβάνοντας υπόψη την οικονομική κρίση και τα προγράμματα των χωρών μελών μέχρι την άνοιξη 2009, το μοντέλο PRIMES προβλέπει ότι οι τιμές του ETS θα είναι:
  - ▶ 20 EUR'2008 / ton CO<sub>2</sub> το 2015
  - ▶ 25 EUR'2008 / ton CO<sub>2</sub> το 2020
  - ▶ 38 EUR'2008 / ton CO<sub>2</sub> το 2030
- ▶ **Αν η ηλεκτροπαραγωγή της Ελλάδας διατηρήσει τη σημερινή της δομή, οι καταναλωτές θα πληρώσουν 1 δισ. € το 2015, 1.25 δισ. € το 2020 και 1.5 δισ. € το 2030 για την αγορά των δικαιωμάτων (δηλαδή 20% έως 45% αύξηση της μέσης τιμής ηλεκτρικής ενέργειας)**

# Βέλτιστη Ανάπτυξη ΑΠΕ κατά τομέα για το στόχο 20% της κατανάλωσης το 2020 στην Ελλάδα

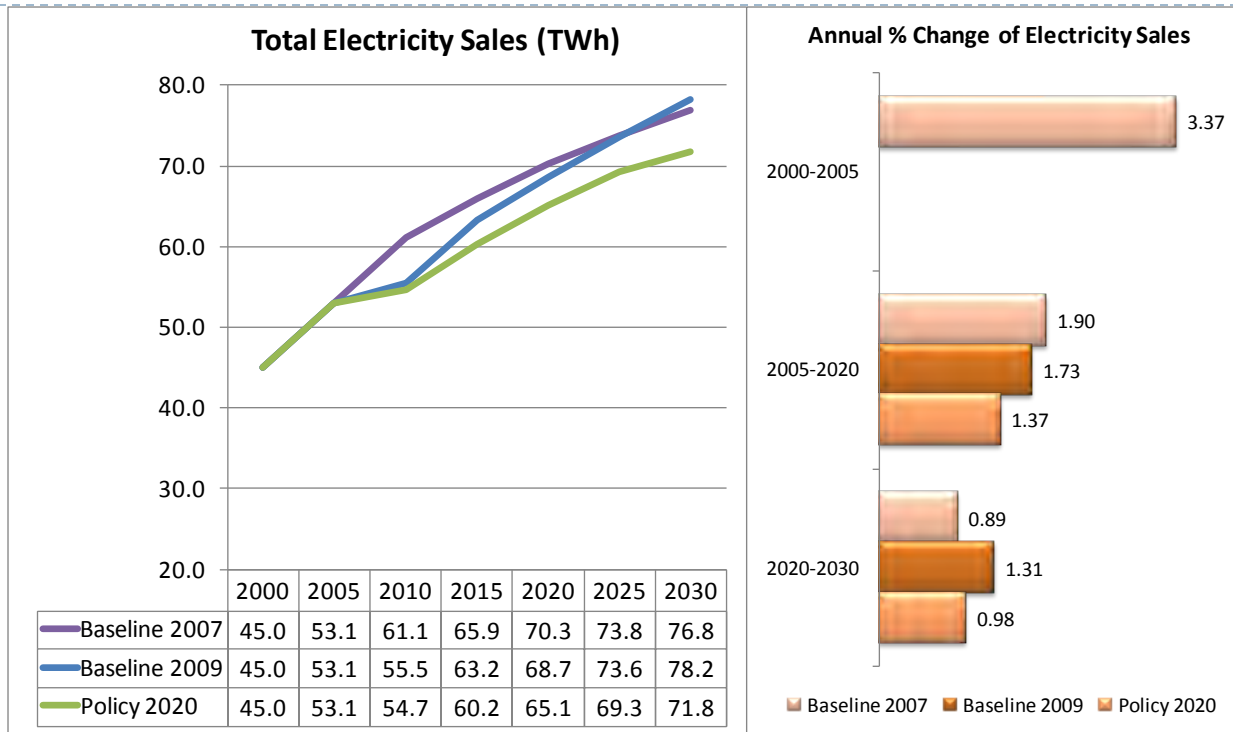
	2005	2010	2015	2020	2025	2030
1 ΑΠΕ για θέρμανση και ψύξη ως % ακαθάριστης τελικής κατανάλωσης για θέρμανση και ψύξη	12.8%	13.8%	18.8%	22.4%	21.2%	22.9%
2 ΑΠΕ για ηλεκτρισμό ως % ακαθάριστης τελικής κατανάλωσης ηλεκτρισμού	10.1%	11.6%	21.6%	31.7%	37.5%	44.6%
3 Βιοκαύσιμα ως % τελικής κατανάλωσης στις Μεταφορές	0.03%	2.5%	5.5%	9.4%	9.8%	10.6%
Συνολική ενέργεια ΑΠΕ ως % ακαθάριστης τελικής κατανάλωσης ενέργειας	7%	8%	15%	20%	22%	25%

1: Σχεδόν διπλασιασμός της άμεσης χρήσης ΑΠΕ (βιομάζα, θερμικά ηλιακά, γεωθερμία) για θέρμανση και ψύξη

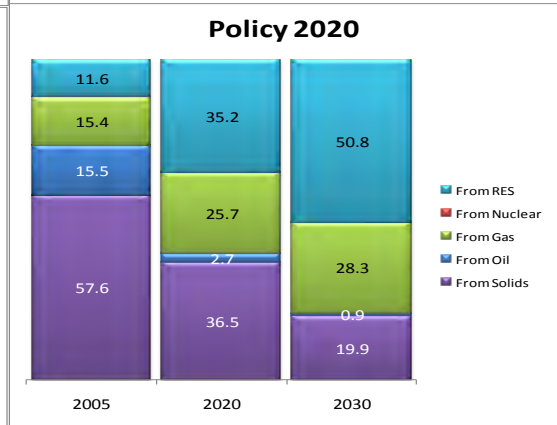
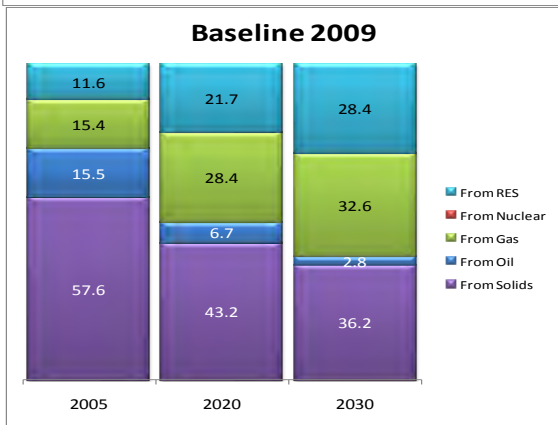
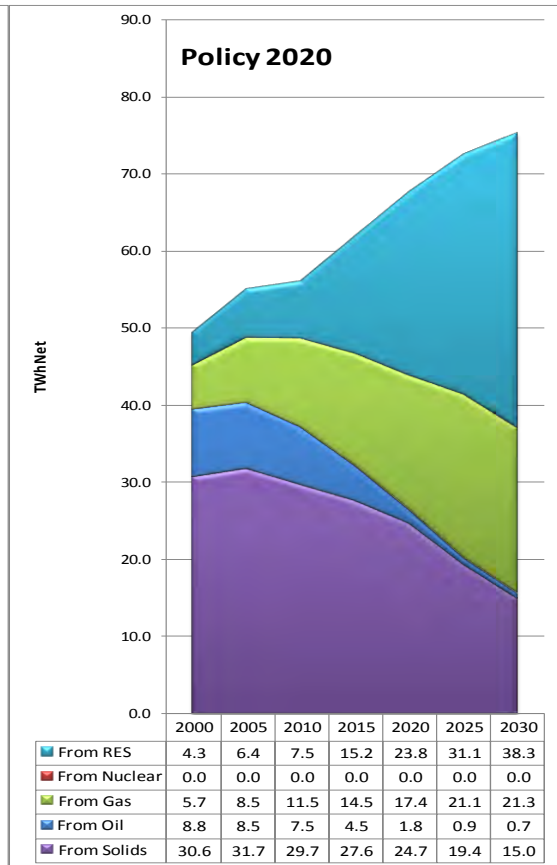
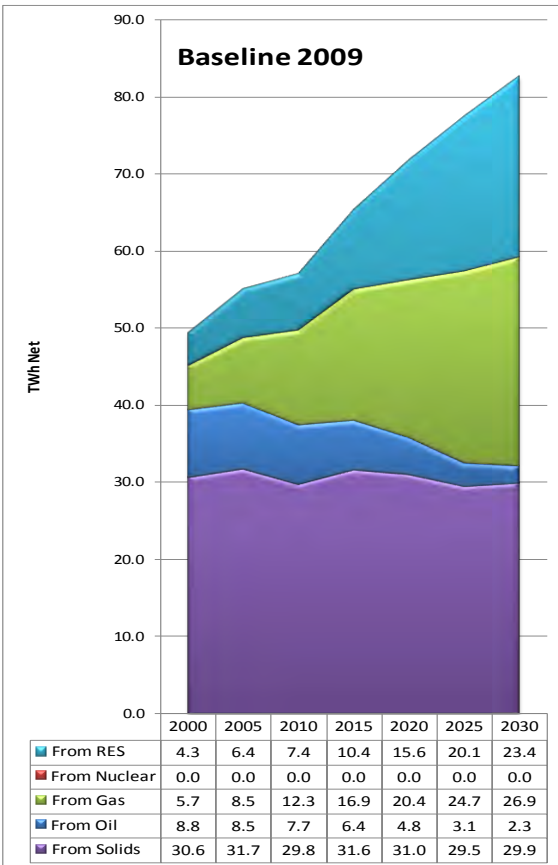
2: Το 2020 μία στις 3 kWh πρέπει να παράγεται από ΑΠΕ και το 45% το 2030

3: Βιομηχανία βιοκαυσίμων που θα αναπτυχθεί πρέπει να παράγει 900 χιλ. τόνους βιοκαύσιμα το χρόνο το 2020

# Ζήτηση Ηλεκτρισμού στο σενάριο 20-20-20



- ▶ Η εξοικονόμηση ενέργειας αλλά και η οικονομική κρίση οδηγούν σε επιβράδυνση των ρυθμών αύξησης της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας στην Ελλάδα
- ▶ Στο σενάριο 20-20-20 η ζήτηση ηλεκτρισμού αυξάνει με ρυθμό μόλις 1.5% το χρόνο, έναντι προσδοκιών για ρυθμό 2-3% πριν την κρίση

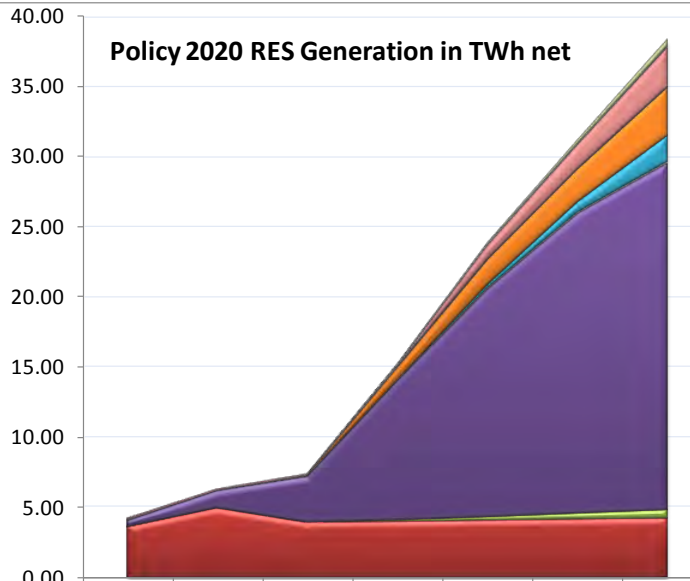


## Δομή της Ηλεκτροπαραγωγής

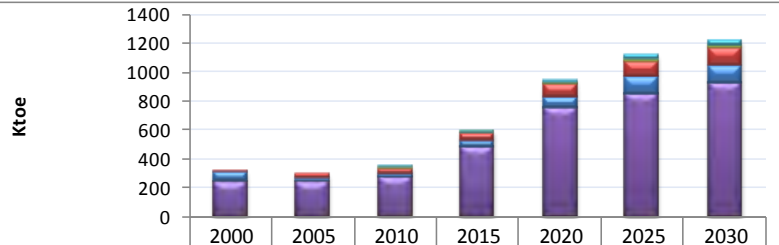
- Για την επίτευξη του 20-20-20 η καθαρή Ηλεκτροπαραγωγή αναπτύσσεται βέλτιστα, ως εξής:
  - 35% από ΑΠΕ έναντι 11.6% σήμερα
  - μόλις 36.5% από Λιγνίτες έναντι 57.6% σήμερα και περαιτέρω πτώση το 2030 (στο μισό έναντι του σεναρίου αναφοράς)
  - 26% από φυσικό αέριο, έναντι 15% σήμερα, όμως διατήρηση του φυσικού αερίου συγκριτικά με το σενάριο αναφοράς
  - Δραστική μείωση της χρήσης πετρελαίου τόσο στο διασυνδεδεμένο σύστημα όσο και μέσω της διασύνδεσης νησιών



**Policy 2020 RES Generation in TWh net**



	2000	2005	2010	2015	2020	2025	2030
Geothermal heat	0.00	0.00	0.00	0.07	0.15	0.31	0.54
Biomass-waste fired	0.19	0.13	0.11	0.18	1.04	1.76	2.87
Other renewables (tidal etc.)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Solar	0.00	0.00	0.09	0.94	1.79	2.36	3.47
Wind off-shore	0.00	0.00	0.00	0.00	0.29	0.79	1.92
Wind on-shore	0.45	1.27	3.29	9.92	16.19	21.29	24.64
Run of river	0.05	0.07	0.05	0.11	0.27	0.45	0.61
Lakes	3.62	4.92	3.93	4.01	4.08	4.16	4.23



	2000	2005	2010	2015	2020	2025	2030
Bioliquid	0	0	2	10	19	30	40
Biogas	0	0	3	7	13	17	19
WasteGas	0	28	34	50	88	107	122
WasteSolid	64	25	28	48	71	118	119
BiomassSld	241	243	269	477	752	845	922

## Ηλεκτροπαραγωγή από ΑΠΕ

Στο πλαίσιο του σεναρίου 20-20-20 η ανάπτυξη των αιολικών είναι θεαματική (17 TWh το 2020, 26 TWh το 2030)

Η παραγωγή από ηλιακή ενέργεια επίσης αυξάνει σημαντικά και πλησιάζει την παραγωγή από υδροηλεκτρικά το 2030

Η παραγωγή από βιομάζα και απόβλητα είναι σημαντική, η ανάπτυξή της όμως καθυστερεί λόγω της ανάγκης ανάπτυξης υποδομής για την παραγωγή και συλλογή σε μεγάλη κλίμακα

Συμπληρωματικό ρόλο έχουν τα μικρά υδροηλεκτρικά και η γεωθερμία

## Απαιτούμενες Επενδύσεις ΑΠΕ για Ηλεκτρική Ενέργεια

Μορφή ΑΠΕ Ηλεκτροπαραγωγής	Επενδύσεις <b>ανά πενταετία</b> που θα απαιτηθούν κατ' ελάχιστον από το 2010 και μετά (μέχρι το 2030) σε MW	Επενδύσεις που έγιναν στο διάστημα των <b>δέκα</b> ετών 2000-2010
Αιολικά (επίγεια)	2400 - 2800	1150
Αιολικά θαλάσσια	120	0
Βιομάζα-απόβλητα (μαζί με σύγκαυση)	250 - 300	57
Ηλιακή ενέργεια	400 - 500	76
Υδροηλεκτρικά	250	40
Γεωθερμία υψηλής ενθαλπίας	10 - 20	0

- ▶ Απαιτείται ριζική μεταβολή στο ρυθμό νέων εγκαταστάσεων ΑΠΕ για ηλεκτροπαραγωγή
- ▶ Αρκεί μόνο η άρση γραφειοκρατικών εμποδίων;
- ▶ Το παράδειγμα χωρών που ακολούθησαν πολιτική μεγάλων έργων ΑΠΕ είναι επιτυχημένο
- ▶ Επενδύσεις στα δίκτυα κοντά στα 2 δισ. € τα επόμενα δέκα χρόνια, περιλαμβανομένων των διασυνδέσεων νησιών

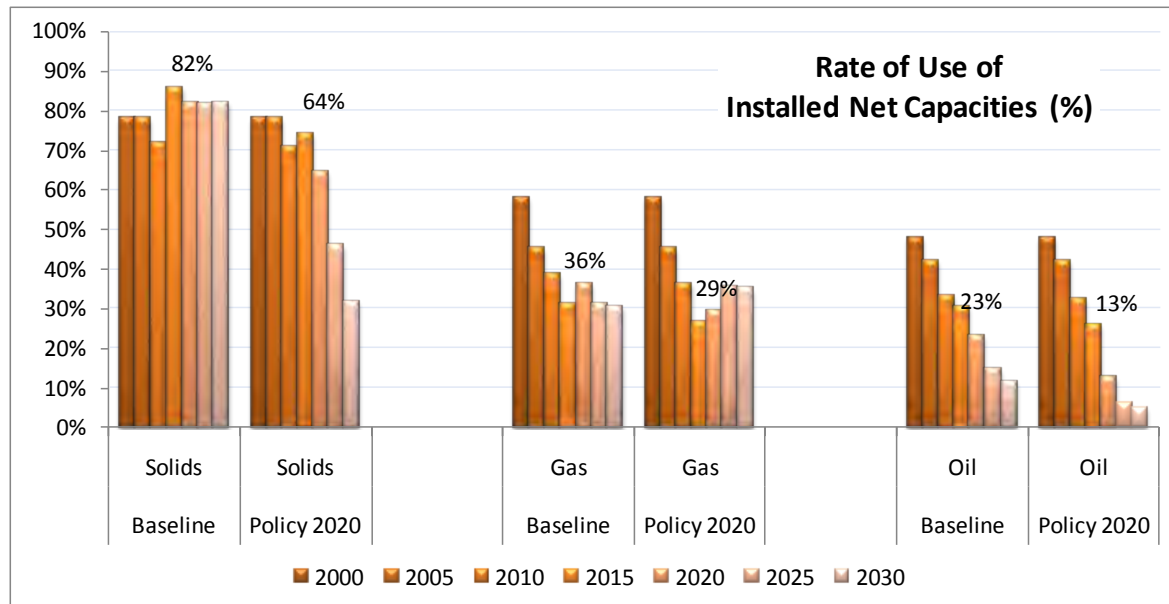
# Λειτουργία Ηλεκτρικού Συστήματος και Ηλεκτρικής Αγοράς

- Το ποσοστό των μη κατανεμόμενων μονάδων (στοχαστικά διαθέσιμη ενέργεια, δηλαδή αιολικά, ηλιακά και μικρά Η/Υ) φθάνει το 25% το 2020 και 37.6% το 2030, έναντι 3% σήμερα
- Η διατήρηση αξιόπιστης παροχής ηλεκτρικής ενέργειας απαιτεί πολλές ευέλικτες μονάδες με διακοπτόμενη λειτουργία, όπως αυτές με φυσικό αέριο
- Ως αποτέλεσμα μειώνεται σημαντικά το ποσοστό χρήσης των θερμικών μονάδων (μικρότερη χρήση αλλά διατήρηση εγκατεστημένης ισχύος).
- Το μέρος της αγοράς που θα βρίσκεται σε συνθήκες ανταγωνισμού μειώνεται και το τμήμα που θα απολαμβάνει εγγυημένη αμοιβή θα φθάσει το 30% το 2020, έναντι 3% σήμερα. Αρκετές ώρες το χρόνο η Οριακή Τιμή Συστήματος θα είναι ίση με μηδέν, αν διατηρηθούν οι σημερινοί κανόνες. Μεγαλύτερη αβεβαιότητα για ανάκτηση κεφαλαιουχικού κόστους για επενδυτές σε θερμικές μονάδες
- Θα απαιτηθεί κατάλληλη οργάνωση αγοράς, επικουρικών υπηρεσιών, επιδοτήσεων από το Σύστημα και οργάνωση της Ημερήσιας Αγοράς ώστε να κατασκευασθεί η θερμική ισχύς που απαιτείται για τη λειτουργία Συστήματος με μεγάλο ποσοστό στοχαστικά διαθέσιμων μονάδων και να διατηρηθεί κάποιας μορφής ανταγωνισμός στην αγορά

## Policy 2020

Capacity (nominal, net)	2000	2005	2010	2015	2020	2025	2030
Wind and Solar	0.2	0.5	1.5	4.6	7.5	10.2	12.5
Dispatchable	10.0	11.3	13.4	14.9	15.5	16.3	17.3
Other (ROR, tidal)	0.05	0.09	0.09	0.18	0.40	0.65	0.93
<b>TOTAL</b>	<b>10.3</b>	<b>11.9</b>	<b>15.0</b>	<b>19.7</b>	<b>23.4</b>	<b>27.2</b>	<b>30.8</b>
<b>PEAK SUPPLY</b>	<b>9.4</b>	<b>11.1</b>	<b>11.5</b>	<b>12.8</b>	<b>13.8</b>	<b>14.7</b>	<b>15.4</b>
% wind and solar	2.2	4.1	10.0	23.1	32.0	37.7	40.7
(reserve index)	1.08	1.04	1.19	1.22	1.20	1.21	1.25

Generation (GWh, net)	2000	2005	2010	2015	2020	2025	2030
Wind and Solar	451	1,267	3,380	10,862	18,275	24,443	30,026
Dispatchable	48,936	53,803	52,725	50,981	49,171	47,668	44,707
Other (ROR, tidal)	49	67	45	114	265	446	615
Net Imports	(11)	3,780	4,661	5,071	4,703	4,534	4,473
<b>TOTAL</b>	<b>49,425</b>	<b>58,916</b>	<b>60,811</b>	<b>67,027</b>	<b>72,415</b>	<b>77,092</b>	<b>79,821</b>
% Load Factor	60.3	60.7	60.3	59.9	59.7	59.7	59.1
% wind and solar	0.9	2.2	5.6	16.2	25.2	31.7	37.6
% Load Factor Thermal	67.2	61.7	50.1	42.7	39.4	35.9	30.8



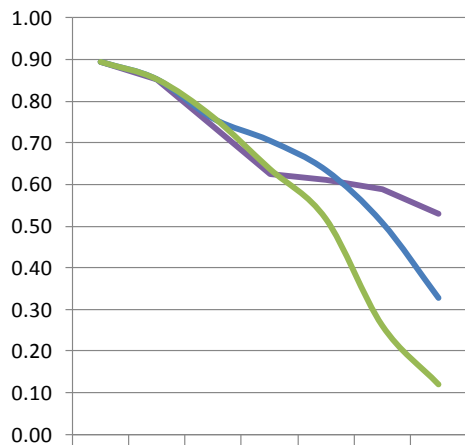
## Λειτουργία Ηλεκτροπαραγωγής

- Το ποσοστό των μη κατανεμόμενων μονάδων (στοχαστικά διαθέσιμη ενέργεια, δηλαδή αιολικά, ηλιακά και μικρά Η/Υ) φθάνει το 25% το 2020 και 37.6% το 2030, έναντι 3% σήμερα
- Η διατήρηση αξιόπιστης παροχής ηλεκτρικής ενέργειας απαιτεί πολλές ευέλικτες μονάδες με διακοπτόμενη λειτουργία, όπως αυτές με φυσικό αέριο
- Ως αποτέλεσμα μειώνεται σημαντικά το % χρήσης των θερμικών μονάδων (μικρότερη χρήση αλλά διατήρηση εγκατεστημένης ισχύος).

# Επιπτώσεις στις Τιμές και το Κόστος

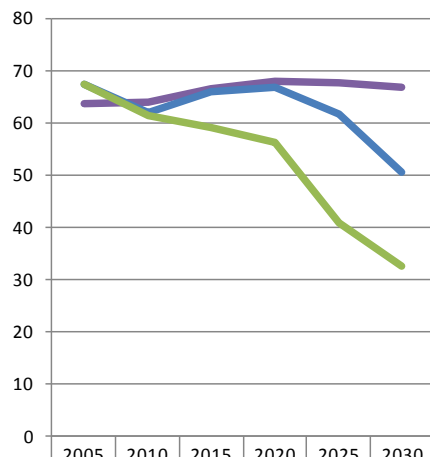
- ▶ Οι τιμές ηλεκτρικής ενέργειας θα αυξάνονται σημαντικά λόγω της μετακύλισης του κόστους αγοράς δικαιωμάτων εκπομπής ETS (μέσες τιμές 40% ακριβότερες το 2020 από
- ▶ Η μείωση των εκπομπών CO<sub>2</sub> από την ηλεκτροπαραγωγή στο πλαίσιο του σεναρίου 20-20-20 οδηγεί σε σημαντική μείωση των πληρωμών για αγορά δικαιωμάτων εκπομπής, περίπου 200-300 εκατ. € το 2020-2025 και 770 εκατ. € το 2030.
- ▶ Στο πλαίσιο του 20-20-20, οι πληρωμές ETS είναι μειωμένες, όπως και το κόστος καυσίμων λόγω ΑΠΕ, όμως το κόστος εξυπηρέτησης κεφαλαίων είναι αυξημένο (μεγαλύτερες επενδύσεις), καθώς και το κόστος για τα δίκτυα
- ▶ Ισόποσα μειώνονται τα έσοδα του κράτους από την πώληση των δικαιωμάτων ETS
- ▶ Οι ετήσιες πληρωμές για δίκτυα και Επικουρικές υπηρεσίες αυξάνονται κατά τουλάχιστον 50% από τα σημερινά επίπεδα

**Carbon intensity of thermal power  
(in t CO<sub>2</sub>/MWh net)**



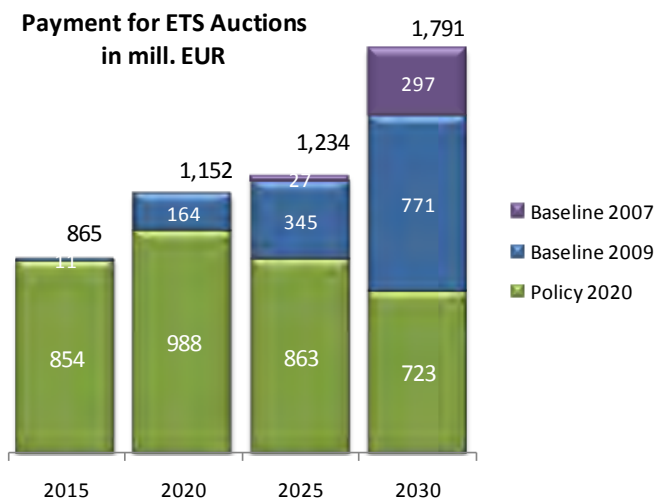
	2000	2005	2010	2015	2020	2025	2030
Baseline 2007	0.89	0.85	0.74	0.63	0.61	0.59	0.53
Baseline 2009	0.89	0.85	0.76	0.70	0.63	0.51	0.33
Policy 2020	0.89	0.85	0.76	0.64	0.52	0.26	0.12

**ETS emissions (Mt CO<sub>2</sub>)**



	2005	2010	2015	2020	2025	2030
Baseline 2007	63	64	66	68	68	67
Baseline 2009	67	62	66	67	62	50
Policy 2020	67	61	59	56	41	32

**Payment for ETS Auctions  
in mill. EUR**



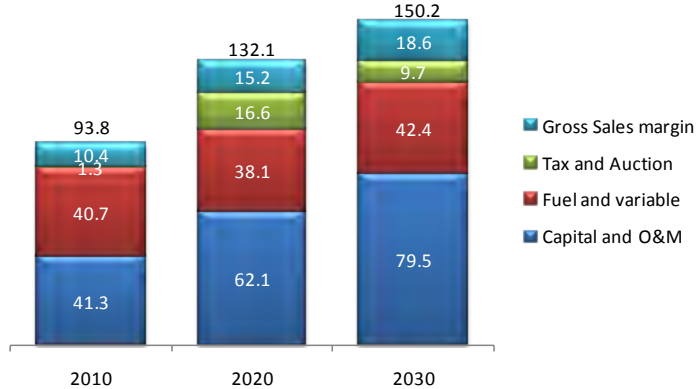
## Μείωση πληρωμών για ETS

Η μείωση των εκπομπών CO<sub>2</sub> από την ηλεκτροπαραγωγή στο πλαίσιο του σεναρίου 20-20-20 οδηγεί σε σημαντική μείωση των πληρωμών για αγορά δικαιωμάτων εκπομπής, περίπου 200-300 εκατ. € το 2020-2025 και 770 εκατ. € το 2030

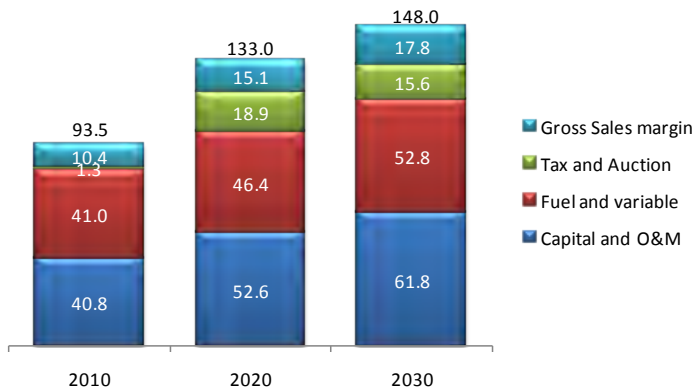
Ισόποσα μειώνονται τα έσοδα του κράτους από την πώληση των δικαιωμάτων ETS

Οι μέσες τιμές ηλεκτρικής ενέργειας στο Σενάριο 20-20-20 προκύπτουν συγκρίσιμες με το Σενάριο αναφοράς, όμως σε κάθε περίπτωση αυξημένες συγκριτικά με τα σημερινά επίπεδα

Policy 2020: Cost of electricity in EUR/MWh



Baseline 2007: Cost of electricity in EUR/MWh



Diff. between Policy and Baseline (EUR/MWh)



Οι ετήσιες πληρωμές για δίκτυα και Επικουρικές υπηρεσίες αυξάνονται κατά τουλάχιστον 50% από τα σημερινά επίπεδα

## Επίπτωση στις μέσες Τιμές Ηλεκτρισμού

- Στο σενάριο αναφοράς οι τιμές ηλεκτρικής ενέργειας αυξάνονται σημαντικά λόγω της μετακύλισης του κόστους αγοράς δικαιωμάτων εκπομπής ETS
- Στο σενάριο 20-20-20, οι πληρωμές ETS είναι μειωμένες, όπως και το κόστος καυσίμων λόγω ΑΠΕ, όμως το κόστος εξυπηρέτησης κεφαλαίων είναι αυξημένο (μεγαλύτερες επενδύσεις), καθώς και το κόστος για τα δίκτυα

# Συμπεράσματα

---

- ▶ Η εφαρμογή σχεδίου προσαρμογής του ενεργειακού τομέα της Ελλάδας στους στόχους της Ευρωπαϊκής πολιτικής 20-20-20 μέχρι το 2020 είναι μονόδρομος. Επιπλέον, η επίτευξη 20% από ΑΠΕ το 2020 είναι πολιτική απόφαση.
- ▶ Η βέλτιστη προσαρμογή πρέπει να αναπτύξει τις ΑΠΕ ισόρροπα σε διάφορους τομείς και για διάφορες τεχνολογίες, περιλαμβανομένων των βιοκαυσίμων. Περιλαμβάνει και σημαντικής έκτασης πρόγραμμα εξοικονόμησης ενέργειας.
- ▶ Οι μεταβολές στην ηλεκτροπαραγωγή, τη λειτουργία του συστήματος και στα δίκτυα απαιτούν μεταρρυθμίσεις, μεγάλες επενδύσεις και ταχύτητα εκτέλεσης την επόμενη δεκαετία, ώστε τουλάχιστον 35% του ηλεκτρισμού να προέρχεται από ΑΠΕ το 2020
- ▶ Σε κάθε περίπτωση απαιτείται ακόμα μεγαλύτερη παρεμβατικότητα του κράτους στην αγορά ενέργειας για τη διασφάλιση ισχύος εφεδρείας, τις επικουρικές υπηρεσίες, τις αυξημένες πληρωμές για δίκτυα, κ.ά. Το σύστημα υποχρεωτικής αγοράς ενέργειας από ΑΠΕ και η αμοιβή σε προκαθορισμένη τιμή θα φθάσει το 2020 στο 30% της αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας, έναντι 3% σήμερα.
- ▶ Το κόστος ηλεκτρικής ενέργειας ούτως ή άλλως θα αυξηθεί σημαντικά από τα σημερινά επίπεδα λόγω των πληρωμών για αγορά δικαιωμάτων εκπομπής ETS
- ▶ Εφαρμόζοντας το πρόγραμμα 20-20-20 το κόστος για τον τελικό καταναλωτή παραμένει όπως και στο σενάριο αναφοράς, και το επιπλέον κόστος για ΑΠΕ και σύστημα αντιστοιχεί ακριβώς στις μειωμένες πληρωμές για αγορά δικαιωμάτων εκπομπής ETS



Ευχαριστώ για την προσοχή σας

<http://www.e3mlab.ntua.gr>

**kapros@central.ntua.gr**