



ΕΠΙΣΕΥ/ΕΜΠ



Διαδικτυακή Ημερίδα της ΡΑΕ για την Αποθήκευση Ηλεκτρικής Ενέργειας
15 Μαΐου 2020

Ανάγκες αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας του ΕΔΣ σε μεσοπρόθεσμο ορίζοντα

Ομάδα έργου

Καθ. Σταύρος Παπαθανασίου
Δρ. Γιώργος Ψαρρός
Αποστόλης Παπακωνσταντίνου

Στόχοι & Μεθοδολογία

Στόχοι της μελέτης

- Εκτίμηση **αναγκών αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας** υπό τις συνθήκες υψηλής διείσδυσης ΑΠΕ του ΕΣΕΚ, με **έτος αναφοράς το 2030**
- Κύρια ερωτήματα:
 - **Πόση αποθήκευση?** Ενδεδειγμένη νέα ικανότητα αποθήκευσης στο ΕΔΣ για τους δεδομένους στόχους του ΕΣΕΚ
 - **Ποια αποθήκευση?** Χαρακτηριστικά χωρητικότητας και κατανομή σε τεχνολογίες
 - **Δικαιολογείται οικονομικά?** Οικονομικά οφέλη από την ένταξη των αποθηκευτικών σταθμών σε σχέση με κόστος
 - **Για πόσες ΑΠΕ?** Συσχέτιση με το επίπεδο διείσδυσης των ΑΠΕ

Μελέτη ανατέθηκε από τη ΡΑΕ στο ΕΠΙΣΕΥ/ΕΜΠ τον 10/2019, ολοκληρώθηκε τον 12/2019 και επικαιροποιήθηκε με τελικά δεδομένα νέου ΕΣΕΚ.

Τεχνολογίες/τύποι αποθήκευσης

Κεντρικοί αποθηκευτικοί σταθμοί: Σταθμοί με άμεση συμμετοχή στην αγορά και υποκείμενοι στην εποπτεία και τον έλεγχο του Διαχειριστή

- **Αντλησιοταμιευτικοί σταθμοί (ΑΤΣ)**

Μεγάλης ισχύος (10^2 MW) και χωρητικότητας (≥ 6 h)

- **Σταθμοί συσσωρευτών**

Μέσης-μεγάλης ισχύος ($10^1 - 10^2$ MW) και μικρής-μέσης χωρητικότητας (τυπικά έως 4 h)

Βασικές τεχνολογίες που αξιολογούνται στη μελέτη

Διεσπαρμένοι αποθηκευτικοί πόροι: Μπαταρίες μικρού μεγέθους, κυρίως στη ΧΤ, σε εγκαταστάσεις καταναλωτών, σε συνδυασμό με ΑΠΕ ή ανεξάρτητες

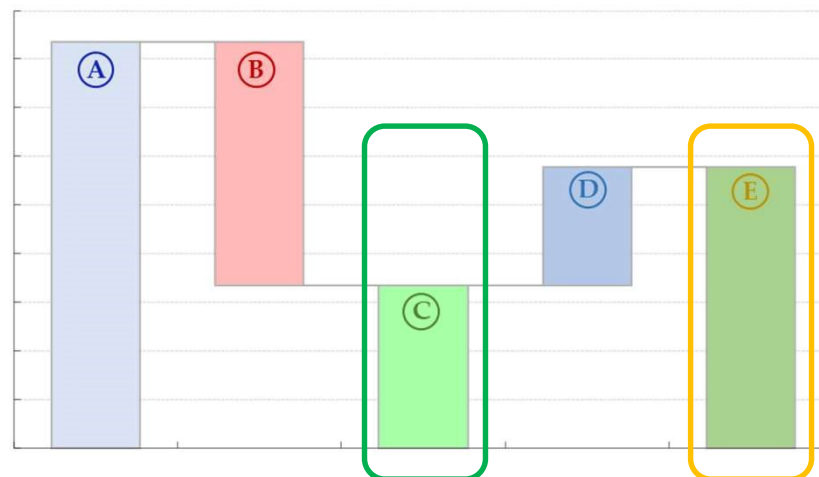
Με τα σημερινά δεδομένα δεν μπορούν να προσφέρουν οφέλη συστήματος στην ίδια έκταση με τους κεντρικούς σταθμούς. Περιορίζονται από δυνατότητες συμμετοχής στις αγορές, εποπτείας και ελέγχου, κόστος, λειτουργικούς περιορισμούς λόγω αναγκών χρήστη κλπ.

Δυνητική συνεισφορά

Μεθοδολογία οικονομικής αξιολόγησης

Για κάθε σενάριο αποθήκευσης:

- ▶ Υπολογίζεται το “**λειτουργικό**” **όφελος του συστήματος** λόγω νέας αποθήκευσης, σε σχέση με σενάριο βάσης χωρίς την αποθήκευση αυτή **(A)**.
- ▶ Υπολογίζεται το **ετήσιο σταθερό κόστος των αποθηκευτικών σταθμών**, ώστε να καταστούν βιώσιμοι (απόσβεση επένδυσης και σταθερό κόστος O&M) **(B)**.
- ▶ **Όφελος συστήματος (C) = (A) - (B)**: Καθαρό όφελος αφού καλυφθεί το σταθερό κόστος της αποθήκευσης.
- ▶ Αποτίμηση αξίας **συμβολής αποθήκευσης στην επάρκεια ισχύος** του συστήματος **(D)**.
- ▶ **Τελικό όφελος συστήματος (E) = (C) + (D)**



- (A)** Μείωση λειτουργικού κόστους συστήματος
- (B)** Ετήσιο σταθερό κόστος αποθηκευτικών σταθμών
- (C)** Όφελος συστήματος **χωρίς** αποτίμηση συμβολής αποθήκευσης σε **επάρκεια ισχύος**
- (D)** Όφελος από συμβολή σε επάρκεια ισχύος
- (E)** Συνολικό όφελος συστήματος, **με** αποτίμηση συμβολής αποθήκευσης σε **επάρκεια ισχύος**

Μοντελοποίηση συστήματος

Ετήσιες προσομοιώσεις ωριαίου βήματος, βάσει χρονοσειρών φορτίου και ΑΠΕ

Πρόβλημα βελτιστοποίησης (μεικτού ακέραιου γραμμικού προγραμματισμού)

Στόχος: Ελαχιστοποίηση μεταβλητού κόστους συστήματος (**cost-optimal προσέγγιση**) που περιλαμβάνει κόστος καυσίμου, δικαιωμάτων CO₂, Ο&Μ, έναυσης-σβέσης μονάδων, εισαγωγών

Μοντελοποίηση ανά τεχνολογία:

- **ΦΑ:** ενσωματώνονται βάσει του μεταβλητού τους κόστους
- **ΥΗΣ:** εισροές και υποχρεωτικά νερά με βάση απολογιστικά στοιχεία (έτους μέσης υδραυλικότητας)
- **Εξωτερικές διασυνδέσεις ΕΔΣ:** προσομοιώνονται με βάση τη συσχέτιση τιμής-ποσότητας
- **ΑΠΕ:** συμμετέχουν με μηδενικό μεταβλητό κόστος, περικοπές υπολογίζονται αναλογικά προς ωριαία διαθέσιμη παραγωγή όλων των τεχνολογιών ΑΠΕ
- **Σταθμοί αποθήκευσης:** συμμετέχουν με σκοπό την ελαχιστοποίηση του συνολικού κόστους
- **Απόκριση ζήτησης:** συμμετέχει με υψηλότερο κόστος έναντι των υπολοίπων εναλλακτικών

Κύρια οφέλη από την ένταξη αποθήκευσης

- **Μείωση κόστους παραγωγής** (υποκατάσταση ακριβής από φθηνότερη παραγωγή μέσω arbitrage)
- **Παροχή εφεδρειών και ευελιξίας** (υποκατάσταση συμβατικών μονάδων, διαχείριση σε συνθήκες υπερ-παραγωγής ΑΠΕ)
- **Ενσωμάτωση παραγωγής ΑΠΕ** (χαμηλού κόστους ενέργεια, μείωση εκπομπών ΑΤΘ)
- Συμβολή στην **επάρκεια ισχύος** του συστήματος

Αποτιμώνται στη μελέτη

- Βελτίωση **ασφάλειας λειτουργίας** (δυναμική απόκριση, ευστάθεια)
- Βελτίωση **αξιοπιστίας** συστήματος
- **Παροχή πρόσθετων επικουρικών υπηρεσιών** (ρύθμιση τάσης, συνεισφορά σε ρεύμα βραχυκύκλωσης κλπ.)
- **Εκκίνηση μετά από σβέση** (black-start)
- Διαχείριση **καταστάσεων συμφόρησης** δικτύου, χρονική μετάθεση ή αποφυγή επενδύσεων

Θεωρήσεις & Σενάρια

Βασικές Θεωρήσεις

- Έτος αναφοράς: **2030**

Χαρακτηριστικά φορτίου

Ετήσια ζήτηση [TWh]	61,8
ΣΦ [%]	64%

ΑΠΕ

Αιολικά πάρκα [MW]	7000
ΦΒ σταθμοί [MW]	7700
Λοιπές ΑΠΕ [MW] *	1010
Σύνολο [MW]	15710

Τιμές καυσίμου: **Βάσει ΕΣΕΚ για το 2030**

- Εκπομπές CO₂: 31,2 €/tnCO₂
- Τιμή ΦΑ: 9,1 €/GJ

* Στις λοιπές ΑΠΕ περιλαμβάνονται: μΥΗΣ, βιομάζα, γεωθερμία, ηλιοθερμικοί, μΣΗΘΥΑ



Βασικές Θεωρήσεις

Λοιπό δυναμικό παραγωγής	[GW]
Λιγνιτική	0
Καύσιμο ΦΑ	7,5
ΥΗΣ + υφιστάμενη ΑΤΣ	3,4
Αποθήκευση (νέα)	0-2
Σύνολο	11,0 - 13,0

- Πλήρης απόσυρση λιγνιτικών μονάδων
- Ισχύς μονάδων ΦΑ: Στο επίπεδο της μελέτης επάρκειας του ΑΔΜΗΕ για το 2030 (ένταξη 3 νέων μονάδων ΣΚΦΑ)
- Στους ΥΗΣ περιλαμβάνονται οι αντλησιοταμιευτικοί σταθμοί Σφηκιάς και Θησαυρού (700 MW)
- **Σενάριο βάσης: Χωρίς νέα αποθήκευση στο σύστημα**

Σενάρια αποθηκευτικών σταθμών (1/3)

Σενάρια νέων αποθηκευτικών σταθμών αντλησιοταμίευσης (ΑΤΣ)

P^{max} [MW]	E^{max} [MWh]	E^{max} [eq. h]
250	1500	6
250	2000	8
250	2500	10
500	3000	6
500	4000	8
500	5000	10
750	4500	6
750	6000	8
750	7500	10
1000	6000	6
1000	8000	8
1000	10000	10
1500	9000	6
1500	12000	8
1500	15000	10
2000	12000	6
2000	16000	8
2000	20000	10

Βασικά χαρακτηριστικά

- Ισχύς νέων ΑΤΣ: **0-2000 MW**
- Χωρητικότητα: **6 – 10 ώρες** στην ονομαστική ισχύ
- Απόδοση πλήρους κύκλου 70%
- Τήρηση αποθεμάτων για παροχή εφεδρειών

Σενάρια αποθηκευτικών σταθμών (2/3)

Σενάρια νέων αποθηκευτικών σταθμών μπαταριών

P^{max} [MW]	$E^{installed}$ [MWh]	$E^{installed}$ [eq. h]
250	500	2
250	1000	4
250	1500	6
500	1000	2
500	2000	4
500	3000	6
750	1500	2
750	3000	4
750	4500	6
1000	2000	2
1000	4000	4
1000	6000	6
1500	3000	2
1500	6000	4
1500	9000	6
2000	4000	2
2000	8000	4
2000	12000	6

Βασικά χαρακτηριστικά

- Ισχύς μπαταριών: **0-2000 MW**
- Ισοδύναμη εγκατεστημένη χωρητικότητα: **2 – 6 ώρες** στην ονομαστική ισχύ
- Απόδοση πλήρους κύκλου 80%
- Τήρηση περιορισμών εύρους λειτουργίας και αποθεμάτων για παροχή εφεδρειών

Σενάρια αποθηκευτικών σταθμών (3/3)

$P_{ess-total}^{max}$ [MW]	Μπαταρίες			ΑΤΣ		
	P_{bess}^{max} [MW]	$E_{bess}^{installed}$ [MWh]	$E_{bess}^{installed}$ [@eq. h]	P_{phs}^{max} [MW]	E_{phs}^{max} [MWh]	E_{phs}^{max} [@eq. h]
1000	0	0	0	1000	6000	6
1000	250	500	2	750	4500	6
1000	500	1000	2	500	3000	6
1000	750	1500	2	250	1500	6
1000	1000	2000	2	0	0	0
1250	0	0	0	1250	7500	6
1250	250	500	2	1000	6000	6
1250	500	1000	2	750	4500	6
1250	750	1500	2	500	3000	6
1250	1000	2000	2	250	1500	6
1250	1250	2500	2	0	0	0
1500	0	0	0	1500	9000	6
1500	250	500	2	1250	7500	6
1500	500	1000	2	1000	6000	6
1500	750	1500	2	750	4500	6
1500	1000	2000	2	500	3000	6
1500	1250	2500	2	250	1500	6
1500	1500	3000	2	0	0	0
1750	0	0	0	1750	10500	6
1750	250	500	2	1500	9000	6
1750	500	1000	2	1250	7500	6
1750	750	1500	2	1000	6000	6
1750	1000	2000	2	750	4500	6
1750	1250	2500	2	500	3000	6
1750	1500	3000	2	250	1500	6
1750	1750	3500	2	0	0	0
2000	0	0	0	2000	12000	6
2000	250	500	2	1750	10500	6
2000	500	1000	2	1500	9000	6
2000	750	1500	2	1250	7500	6
2000	1000	2000	2	1000	6000	6
2000	1250	2500	2	750	4500	6
2000	1500	3000	2	500	3000	6
2000	1750	3500	2	250	1500	6
2000	2000	4000	2	0	0	0

Συνδυαστική ανάπτυξη νέας αποθήκευσης ΑΤΣ και συσσωρευτών:

- Συνολική ισχύς αποθήκευσης: **1000-2000 MW**
- Για κάθε επίπεδο συνολικής ισχύος αποθήκευσης, όλοι οι συνδυασμοί εγκατεστημένης ισχύος των δύο τεχνολογιών (μπαταρίες 2 ωρών + ΑΤΣ 6 ωρών)

Σταθερό κόστος μονάδων αποθήκευσης

Αντλησιοταμίευση

Διάρκεια ζωής σταθμού	40 έτη
Κόστος	
Επενδυτικό, σκέλος ενέργειας	20 €/kWh
Επενδυτικό, σκέλος ισχύος	580 €/kW
Ετήσιο λειτουργίας και συντήρησης (% CAPEX)	1.5%
Επιτόκιο αναγωγής	8%

ΑΤΣ 6h:
69.2 k€/MW/y
11.5 k€/MWh/y

Σταθμοί μπαταριών (ιόντων λιθίου)

Διάρκεια ζωής μπαταριών/σταθμού	12/25 έτη
Κόστος	
Επενδυτικό, σκέλος ενέργειας	140 €/kWh
Επενδυτικό, σκέλος ισχύος	250 €/kW
Ετήσιο λειτουργίας και συντήρησης (% CAPEX)	2.5%
Επιτόκιο αναγωγής	8%

Μπαταρίες 2h:
70.5 k€/MW/y
35.3 k€/MWh/y

Συμβολή αποθηκευτικών σταθμών στην επάρκεια ισχύος του συστήματος

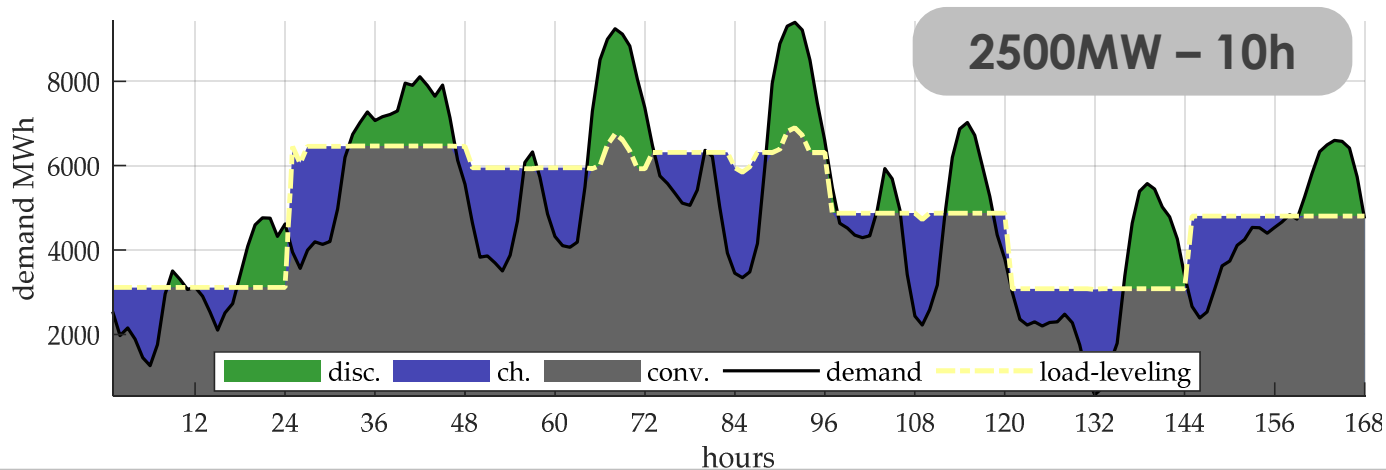
Μεθοδολογία & εξεταζόμενα σενάρια

Υπολογισμός – Ντετερμινιστική προσέγγιση μέσω load-leveling

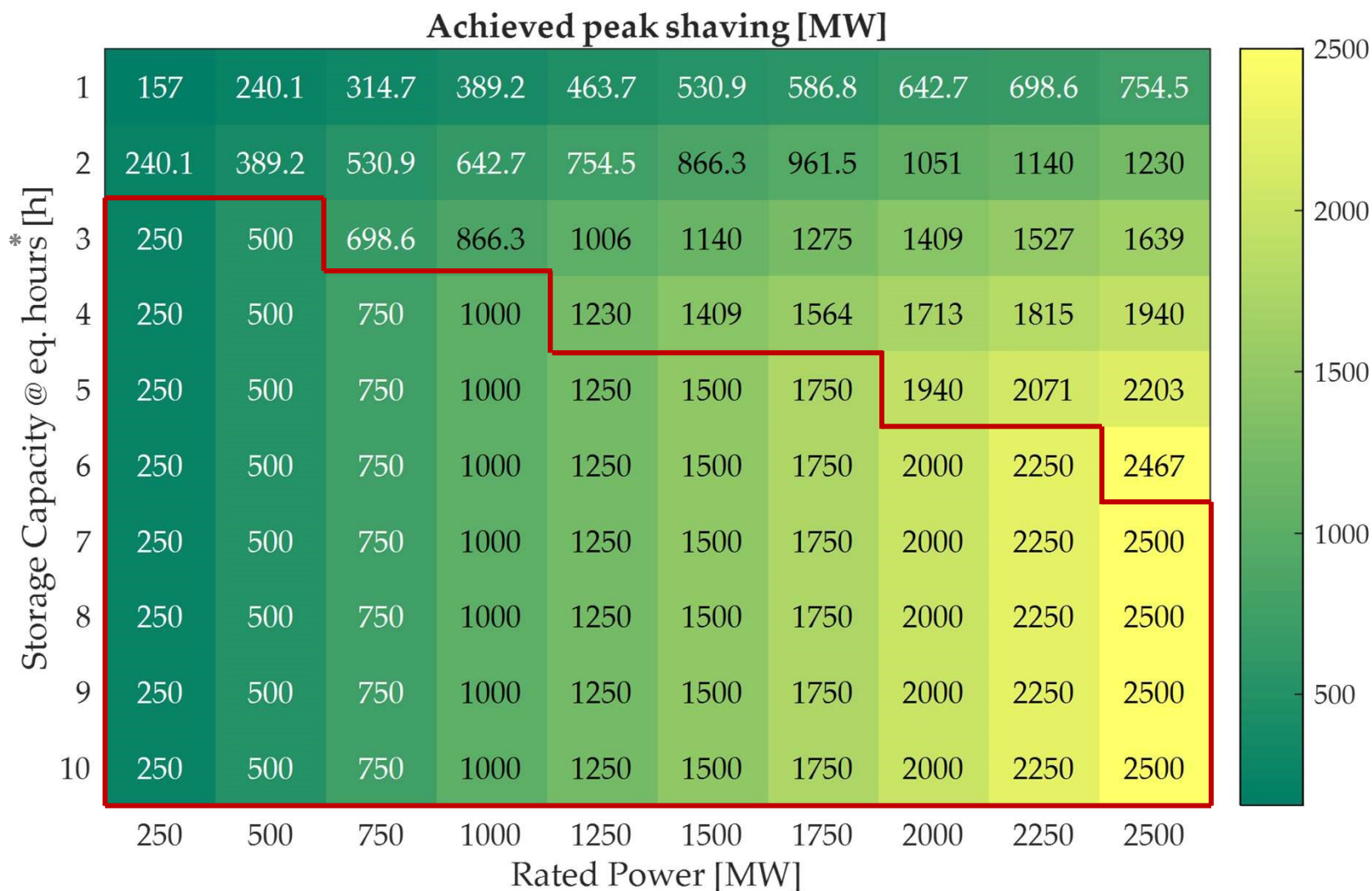
- ❖ **Ημερήσια λειτουργία:** Εξισορρόπηση ημερήσιας καμπύλης ζήτησης
- ❖ **Ετήσια συμβολή:** Μείωση ετήσιας αιχμής μετά από load-leveling

Σενάρια

- ❖ Εξετάζεται το **2030**, λαμβάνοντας υπόψη τη συμβολή των ΑΠΕ
- ❖ Εξετάζονται **100 διαμορφώσεις αποθηκευτικών σταθμών**, ισχύος **250 - 2500 MW** και αξιοποιήσιμης χωρητικότητας **1 - 10 ωρών**



Συμβολή αποθηκευτικών σταθμών σε επάρκεια



* Ισοδύναμες ώρες: Διαθέσιμη προς αξιοποίηση ενέργεια εντός των αποθηκευτικών διατάξεων



Αξία συμβολής σε επάρκεια ισχύος

Αξία συμβολής αποθηκευτικών σταθμών στην επάρκεια ισχύος του συστήματος

- Ετήσιο κόστος **ισοδύναμης ισχύος θερμικών** μονάδων του χαμηλότερου δυνατού σταθερού κόστους:

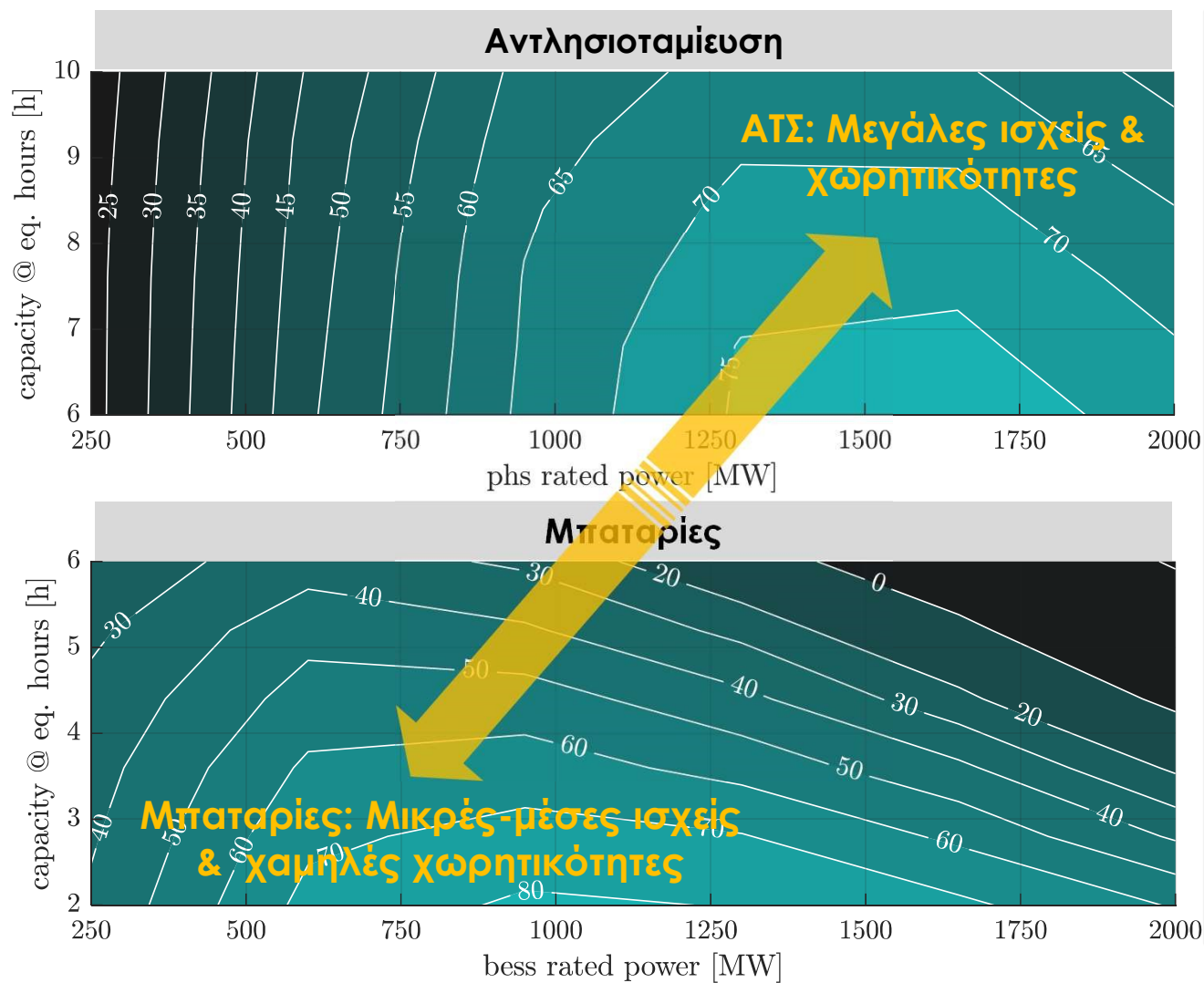
A/Σ ανοιχτού κύκλου → Αξία συμβολής ~34 k€/MW/y

- **Συντηρητική θεώρηση οφέλους** από συμβολή αποθήκευσης σε επάρκεια ισχύος:
 - Κοστολογεί τη συμβολή **στο χαμηλότερο δυνατό αποφευγόμενο κόστος**
 - Λαμβάνει υπόψη **απομείωση της συμβολής σε μικρές χωρητικότητες**

Αξιολόγηση επιμέρους τεχνολογιών αποθήκευσης (ΑΤΣ και μπαταριών)

Ετήσιο όφελος συστήματος

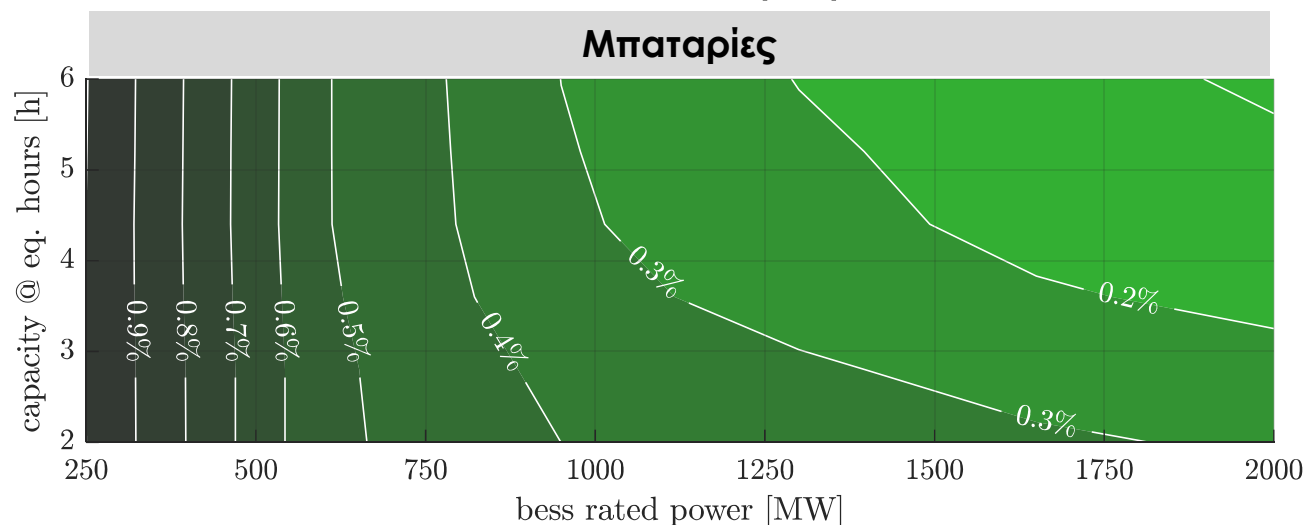
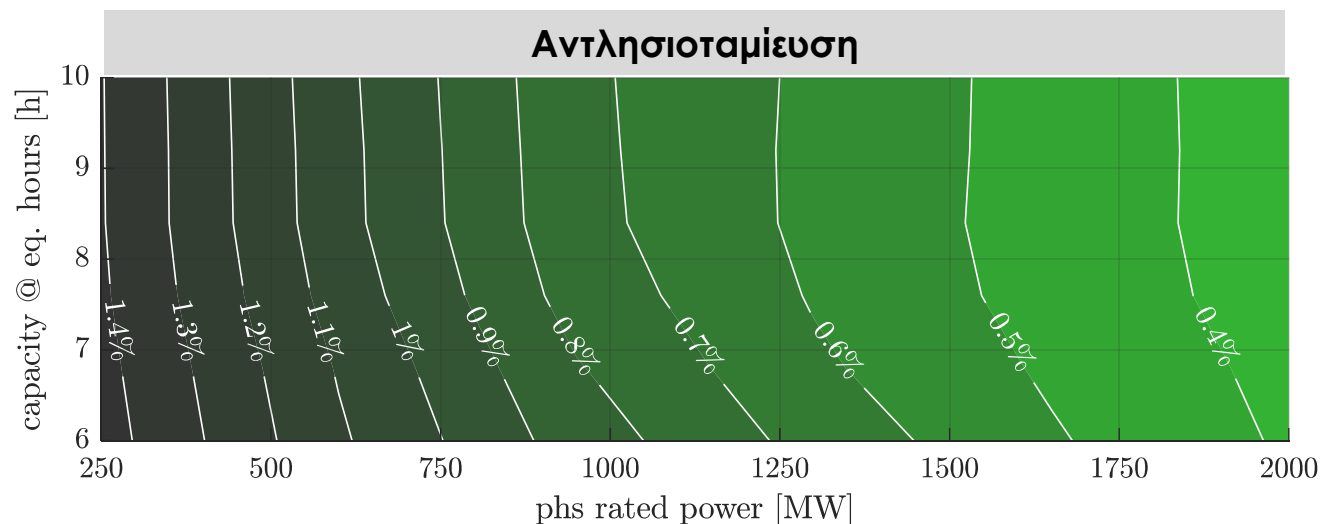
Ετήσιο όφελος με συνεκτίμηση συμβολής σε επάρκεια ισχύος



- **Αποθήκευση παράγει καθαρό όφελος σε όλο το εύρος ισχύος**
- **Αντλησιοταμίευση:**
Πλεονεκτεί σε μεγάλες χωρητικότητες και ισχύεις
 - Υπηρεσίες “έντασης ενέργειας” (π.χ. χρονική μετατόπιση παραγωγής ΑΠΕ)
- **Μπαταρίες:**
Πλεονεκτούν σε χαμηλές χωρητικότητες και μικρές-μέσες ισχύεις
 - Υπηρεσίες “έντασης ισχύος” (π.χ. εφεδρείες ταχείας απόκρισης), διαρκής διαθεσιμότητα

Μείωση περικοπών ΑΠΕ

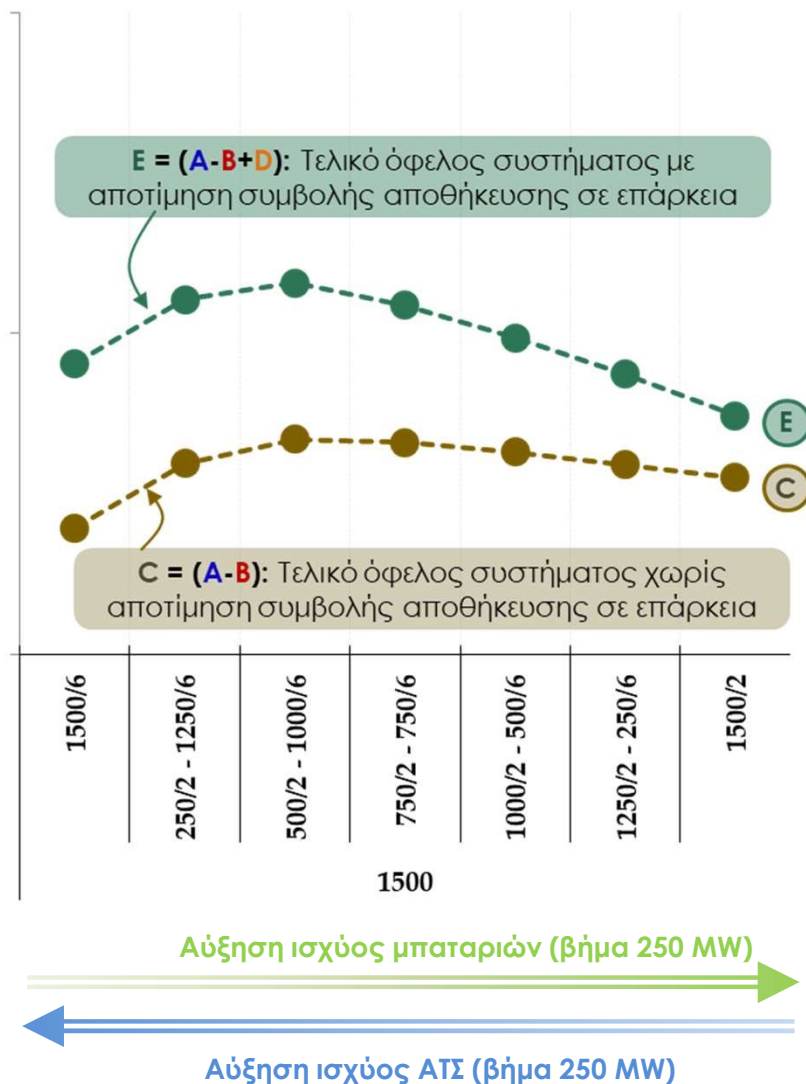
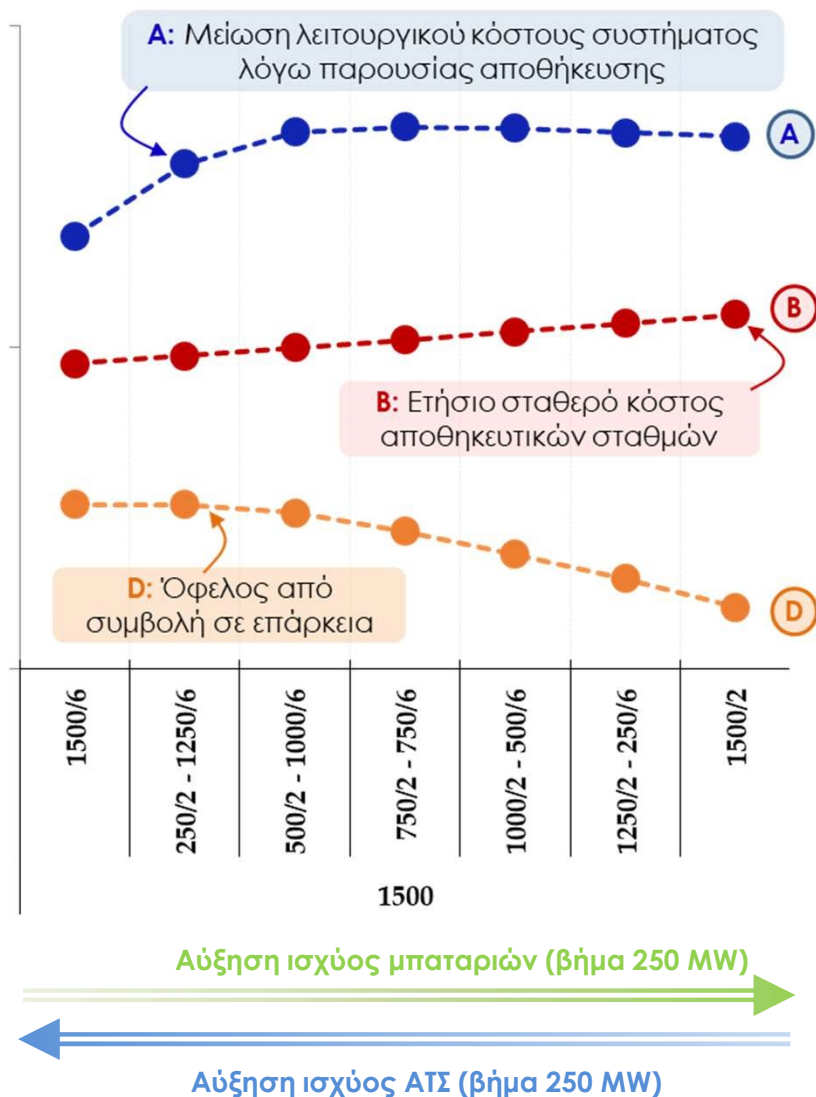
Ετήσιες περικοπές ΑΠΕ συστήματος (χωρίς νέα αποθήκευση ~1.7%)



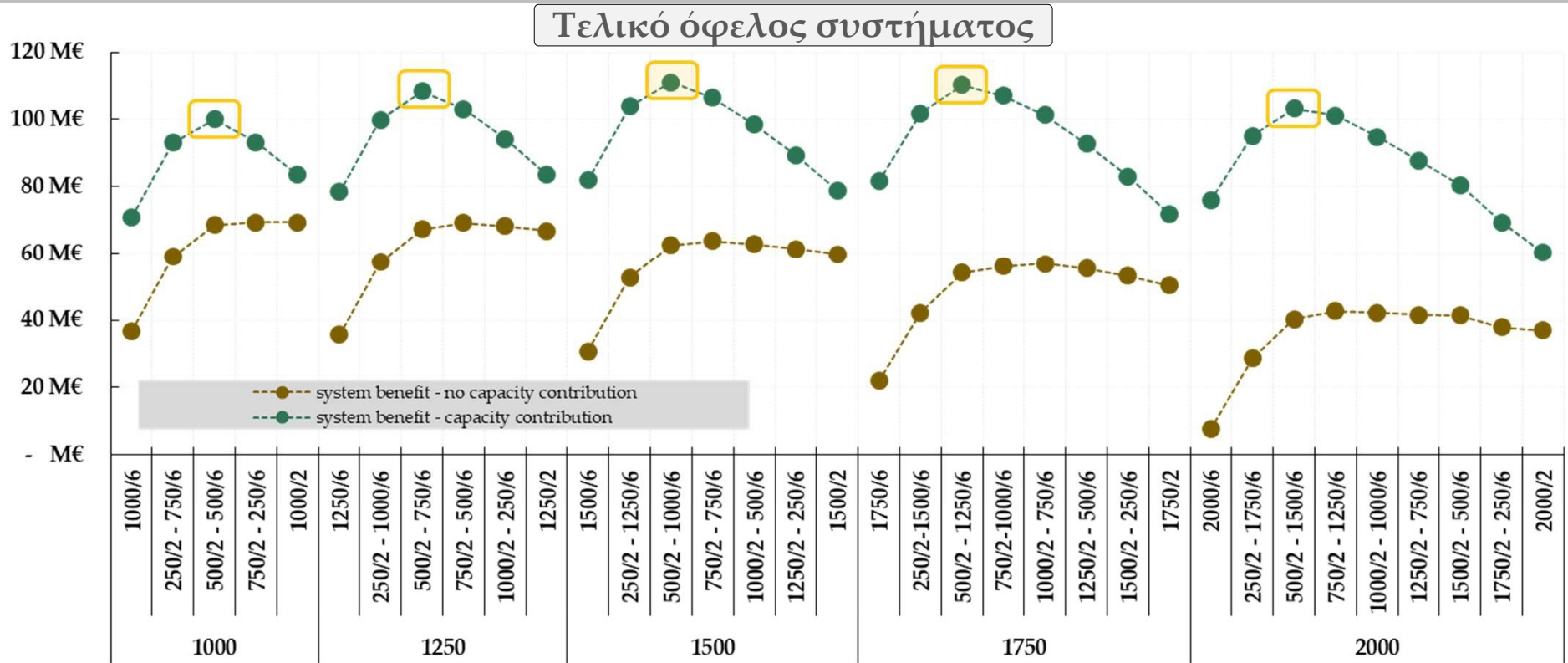
- Περικοπές ΑΠΕ ήδη πολύ μειωμένες ακόμη και χωρίς νέα αποθήκευση (1.7%)
 - Ωστόσο, αρκετά υψηλότερες ανά τεχνολογία και κατηγορία σταθμών
- Με είσοδο νέας αποθήκευσης **περικοπές ΑΠΕ πρακτικά εκμηδενίζονται** (περαιτέρω μείωση κατά 1.3%, από 1.7% σε 0.4%)

Διερεύνηση μείγματος τεχνολογιών αποθήκευσης στο σύστημα

Όφελος συστήματος για συνδυαστική ανάπτυξη αποθήκευσης δεδομένης συνολικής ισχύος



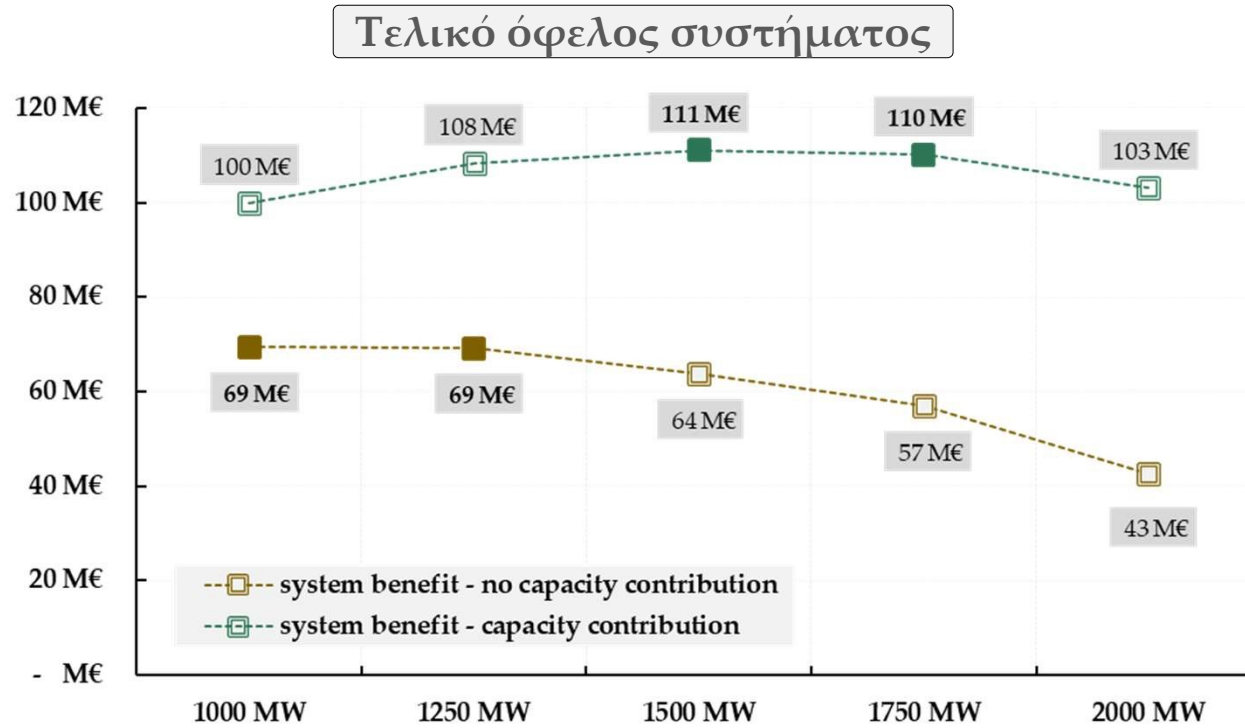
Όφελος συστήματος για διαφορετικές ισχύεις και συνδυασμούς τεχνολογιών αποθήκευσης



Αύξηση συνολικής νέας ισχύος αποθήκευσης στο σύστημα (βήμα 250 MW)

- **Συνδυασμός τεχνολογιών παράγει υψηλότερο όφελος** από ό,τι η κάθε επιμέρους τεχνολογία ανεξάρτητα
- Ενδεικτικό **μέγεθος μπαταριών ~500 MW** σε όλες τις περιπτώσεις. Υπόλοιπη ισχύς αποθήκευσης από **αντλησιοταμίευση, 500-1500 MW**.

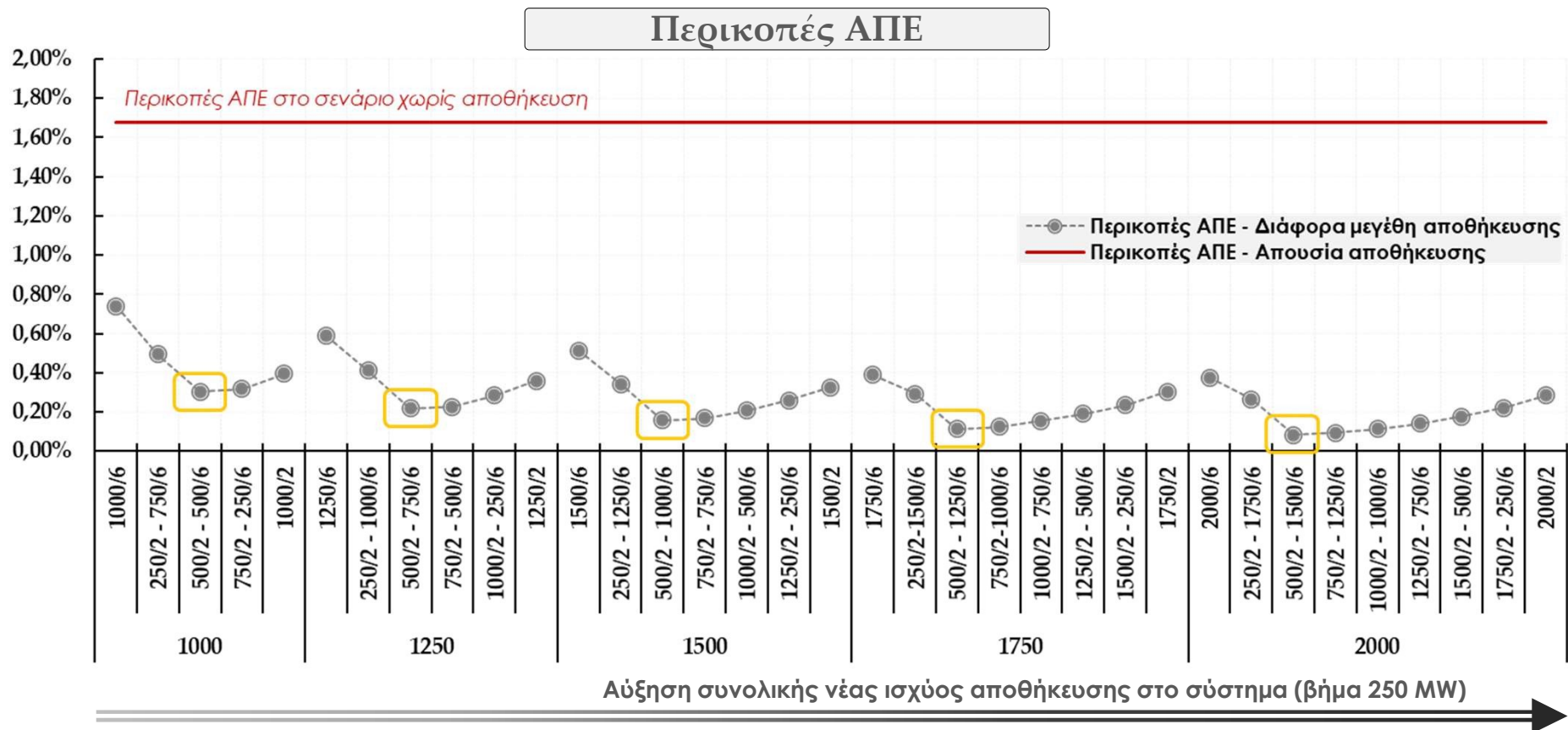
Βέλτιστο νέο αποθηκευτικό δυναμικό



Ενδεικτικό μέγεθος και σύνθεση αποθήκευσης συστήματος:

- Νέα ισχύς αποθήκευσης ~**1500 MW (1000 MW ΑΤΣ + 500 MW μπαταρίες)**, με παραπλήσια αποτελέσματα σε εύρος ± 250 MW
- Χωρίς αποτίμηση της συμβολής στην επάρκεια ισχύος: 1000-1250 MW

Περιοχές ΑΠΕ για διαφορετικές ισχύεις και συνδυασμούς τεχνολογιών αποθήκευσης



- Περιοχές ΑΠΕ **μειώνονται κατά 1 έως 1.5 μονάδα** με την είσοδο αποθήκευσης
- Επίπεδο περικοπών σε κάθε περίπτωση εξαιρετικά χαμηλό

Παραμετρική ανάλυση για διαφορετική εγκατεστημένη ισχύ ΑΠΕ συστήματος

Πρόσθετα σενάρια ανάπτυξης των ΑΠΕ

Α. Διαφοροποιημένο μείγμα ΑΠΕ

Μεγαλύτερη **έμφαση στην ανάπτυξη ΦΒ**, για ίδια συνολική διείσδυση:

- Εγκατεστημένη **ισχύς ΦΒ ~10.2 GW** (έναντι ~7.7 GW του ΕΣΕΚ)
- Εγκατεστημένη **ισχύς Α/Π ~5.5 GW** (έναντι ~7.0 GW του ΕΣΕΚ)

→ Ετήσια **διείσδυση ΑΠΕ ~60%** (όση και για το σενάριο ΕΣΕΚ)

→ Ολική εγκατεστημένη **ισχύς Α/Π+ΦΒ 15.6 GW** (έναντι 14.7 GW ΕΣΕΚ)

Β. Χαμηλότερο επίπεδο ανάπτυξης

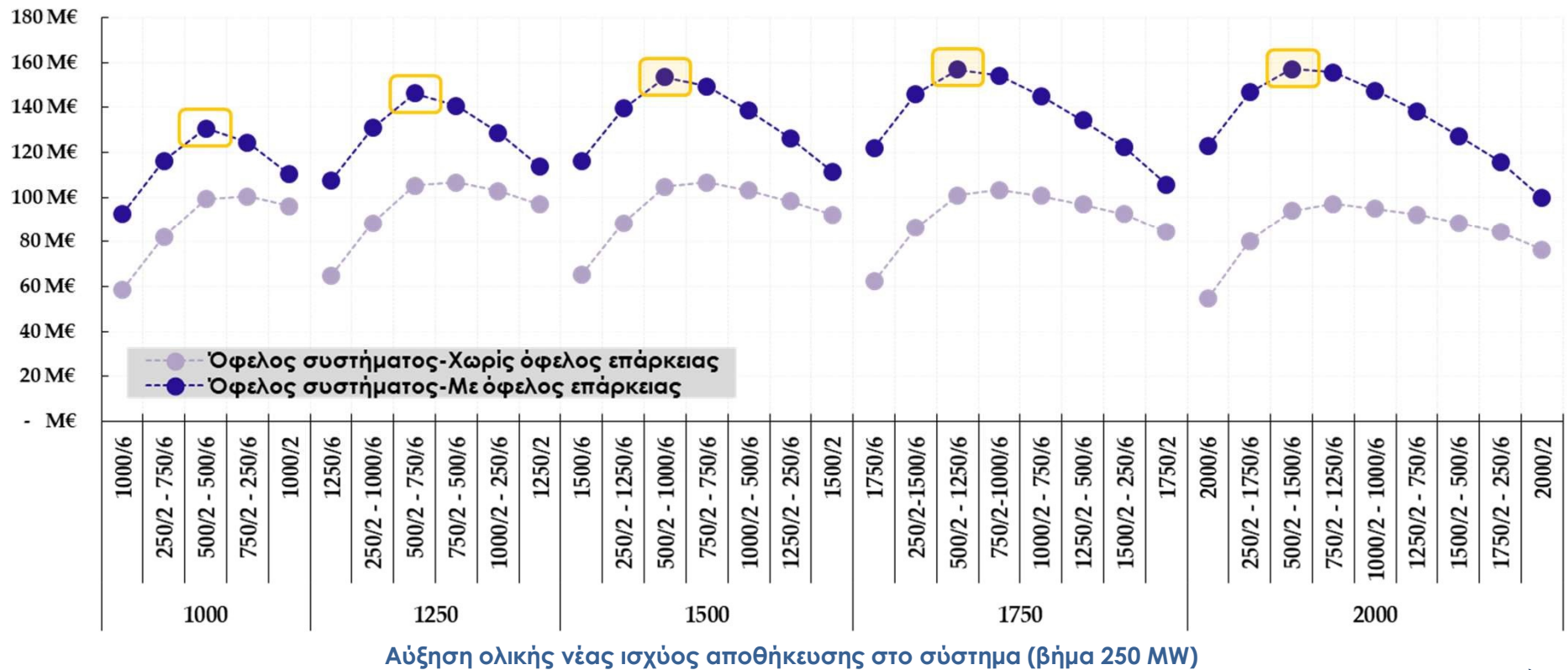
Μειωμένη ανάπτυξη, με αναλογία αιολικών-ΦΒ όπως στο σενάριο βάσης:

- Εγκατεστημένη **ισχύς ΦΒ ~6.2 GW**
- Εγκατεστημένη **ισχύς Α/Π ~5.5 GW**

→ Ετήσια **διείσδυση ΑΠΕ ~50%**

→ Ολική εγκατεστημένη **ισχύς Α/Π+ΦΒ 11.7 GW**

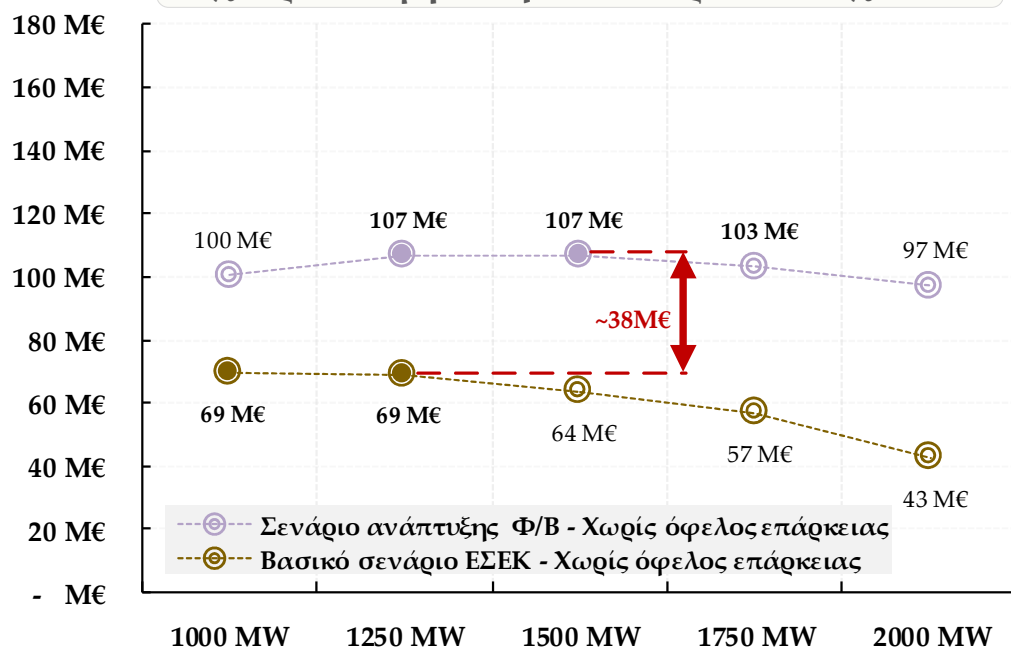
Όφελος συστήματος για μείγμα με έμφαση σε Φ/Β (10.2 GW ΦΒ + 5.5 GW Α/Π)



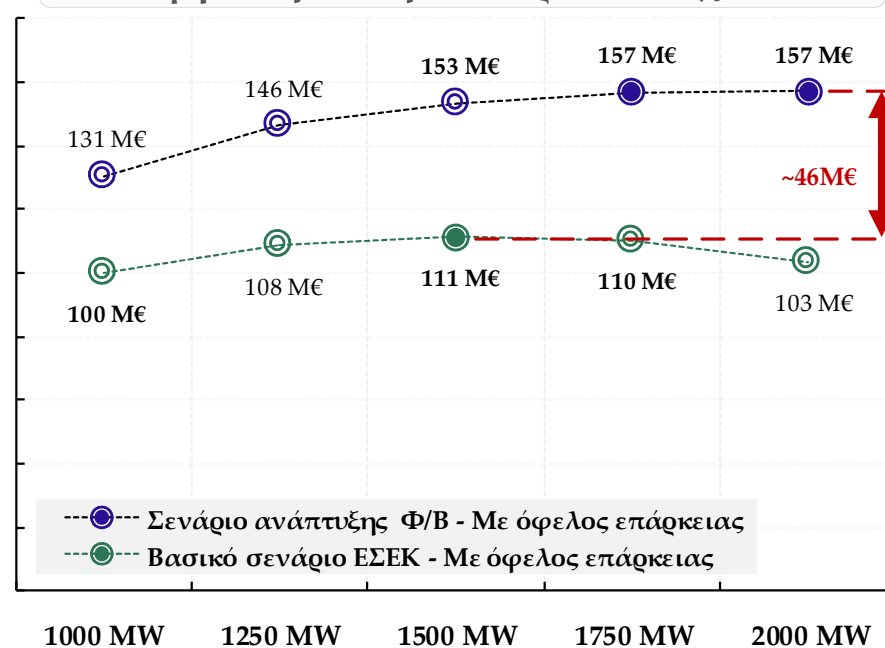
- Βέλτιστη νέα ισχύς αποθήκευσης **αυξημένη**, σε επίπεδα **κοντά στα 2000 MW**
- Μείγμα τεχνολογιών δεν μεταβάλλεται (**500-750 MW μπαταριών, υπόλοιπη ισχύς ΑΤΣ**)

Σύγκριση βέλτιστων διαμορφώσεων αναλόγως μείγματος ΑΠΕ (για διείσδυση ΑΠΕ ~60%)

Λειτουργικό όφελος συστήματος
(χωρίς συμβολή σε επάρκεια ισχύος)



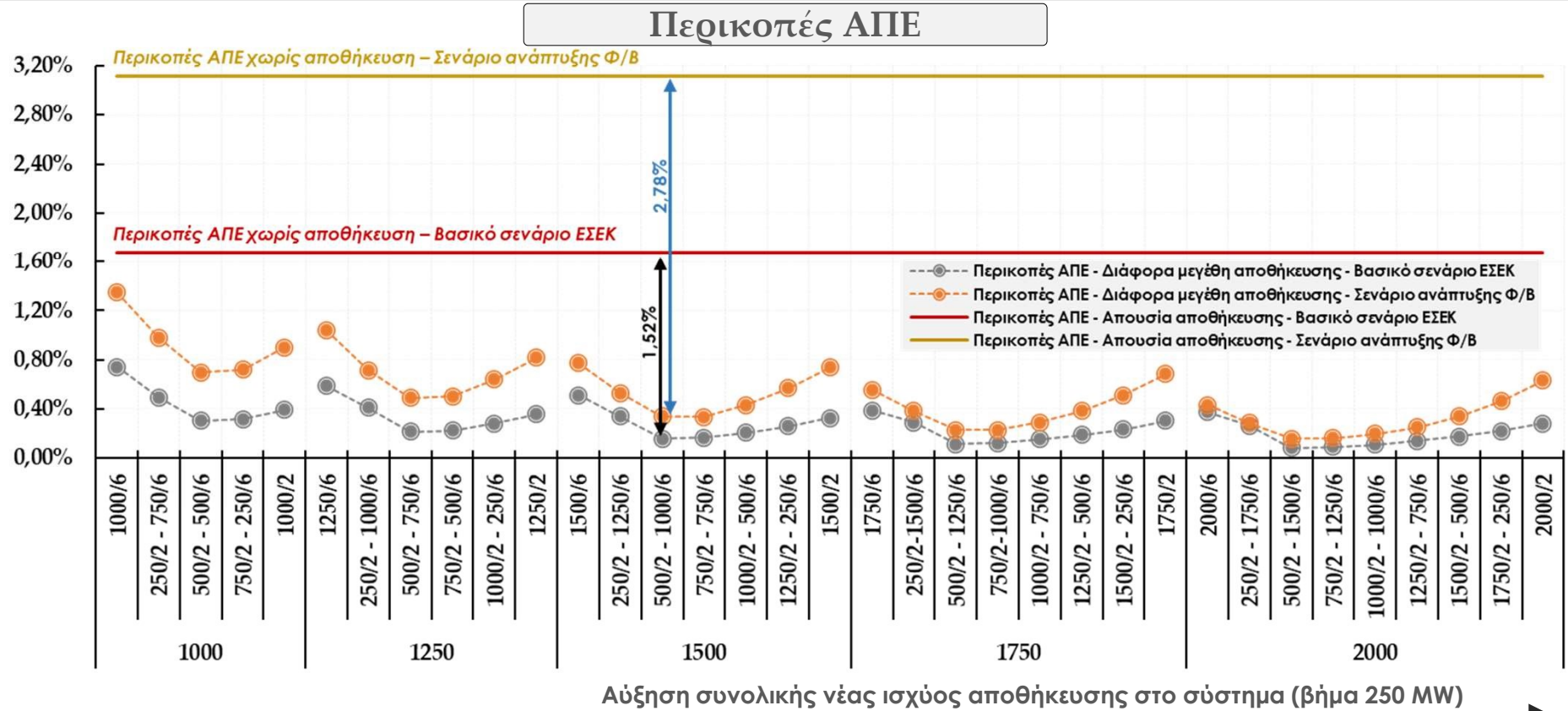
Συνολικό όφελος (με συνεκτίμηση συμβολής στην επάρκεια ισχύος)



Σε συνθήκες αυξημένης ανάπτυξης ΦΒ, όφελος για το σύστημα λόγω εισαγωγής αποθήκευσης σημαντικά ενισχυμένο:

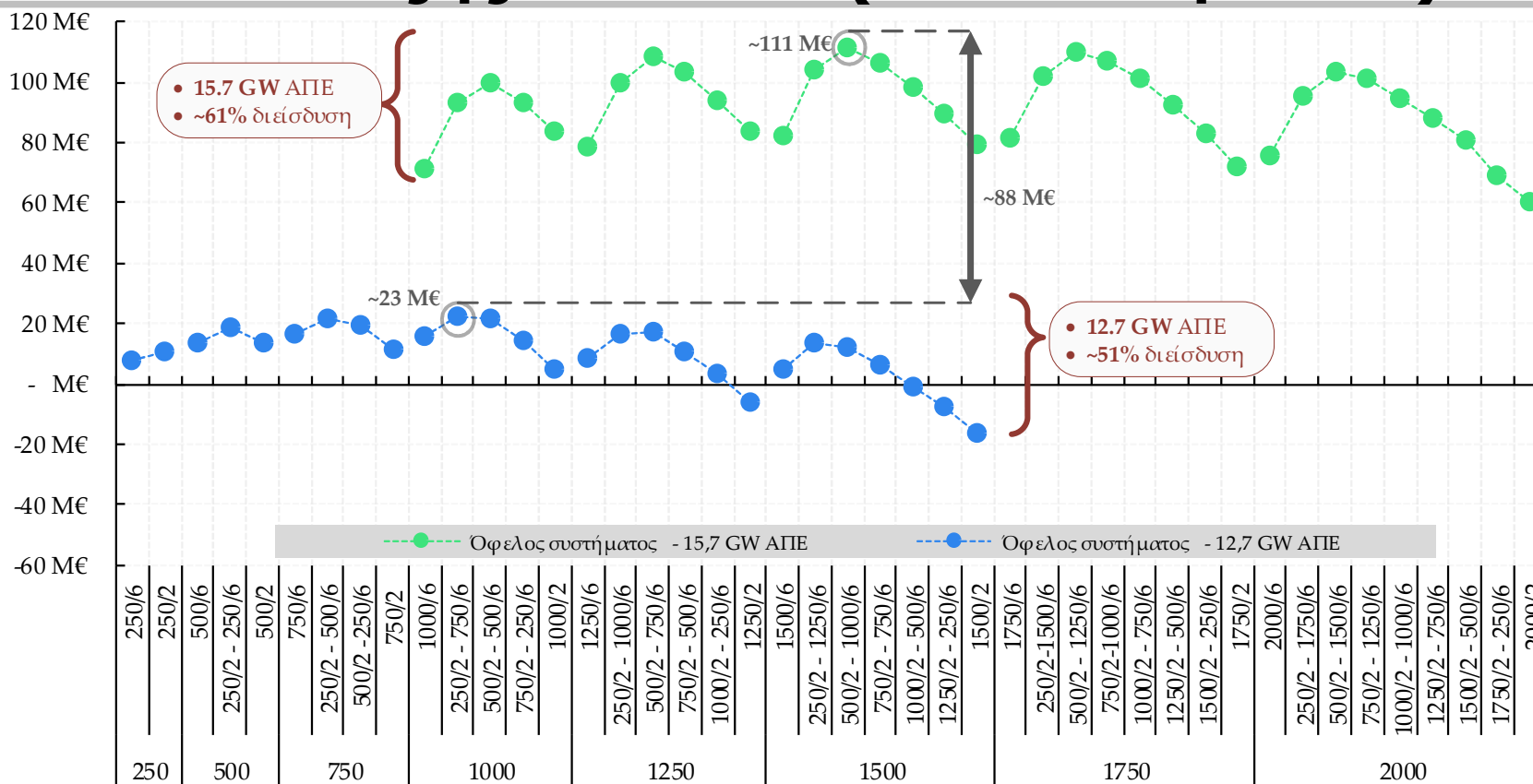
- Ετήσιο όφελος **υψηλότερο κατά ~40 M€**

Περιοπές ΑΠΕ αναλόγως μείγματος ΑΠΕ (για διείσδυση ΑΠΕ ~60%)



- Περιοπές ΑΠΕ **μειώνονται κατά 2 έως 3 μονάδες** με την είσοδο αποθήκευσης στο σενάριο ανάπτυξης των Φ/Β.
- Συμβολή αποθήκευσης στη μείωση των περιοπών πολύ **εντονότερη** παρουσία πολλών Φ/Β.

Αποθήκευση σε χαμηλότερο επίπεδο ανάπτυξης των ΑΠΕ (διείσδυση ~50%)



- Σε χαμηλότερες συνθήκες διείσδυσης ΑΠΕ:
 - Όφελος & αναγκαιότητα νέας αποθήκευσης μειώνονται
 - Θετικό το όφελος από διεισδύσεις ΑΠΕ 50% ή και μικρότερες
 - Βέλτιστο μέγεθος: 750-1000 MW (250 MW μπαταρίες, υπόλοιπη ισχύς ΑΤΣ)

Συμπεράσματα

Βασικά συμπεράσματα (1/2)

Τεχνολογίες αποθήκευσης

■ Αντλησιοταμίευση

Συγκριτικό πλεονέκτημα σε **αυξημένες χωρητικότητες**

→ Δυνατότητα συμβολής μέσω arbitrage, διαχείριση αυξημένων περικοπών ΑΠΕ, οφέλη υπερημερήσιας διαχείρισης

■ Μπαταρίες

Συγκριτικό πλεονέκτημα σε **χαμηλές έως μέσες χωρητικότητες**

→ Εξαιρετική ευχέρεια παροχής εφεδρειών και απόλυτη ευελιξία

■ Συνδυασμός αντλησιοταμίευσης και μπαταριών

Μεγαλύτερα οφέλη συστήματος σε σχέση με ανάπτυξη μεμονωμένων τεχνολογιών

Βασικά συμπεράσματα (2/2)

Αναγκαιότητα/σκοπιμότητα πρόσθετου δυναμικού αποθήκευσης

- Υπαγορεύεται από **συνολικά οφέλη συστήματος**. Δεν συνδέεται αποκλειστικά με καταστάσεις υψηλών περικοπών παραγωγής ΑΠΕ
- **Όφελος υπερκαλύπτει το κόστος** της νέας ισχύος αποθήκευσης, ήδη από διεισδύσεις ΑΠΕ πολύ χαμηλότερες του στόχου 2030
- Συσχετίζεται και ενισχύεται δραματικά από το **επίπεδο ανάπτυξης των ΑΠΕ**
- Διαχρονικά **αυξανόμενη αξία** (δεν υπάρχει κίνδυνος για stranded assets)

Ενδεδειγμένη νέα ισχύς (μέγιστο όφελος)

- Σε διείσδυση **ΑΠΕ ~50%: 750-1000 MW** (250 MW μπαταριών)
- Σε διείσδυση **ΑΠΕ ~60%: 1500-1750 MW** (500+ MW μπαταριών)

Επόμενα βήματα

Βασικές διαπιστώσεις

- Νέα αποθήκευση προϋπόθεση για **υψηλές διεισδύσεις ΑΠΕ**, πέραν του 2030
- **Άμεσες ανάγκες ισχύος** στο εθνικό σύστημα εντός της επόμενης 5ετίας
- Ιδιαίτερα **μεγάλος χρόνος ωρίμανσης και ανάπτυξης** των έργων (π.χ. 5-10 έτη για αντλησιοταμίευση)
- Παρά τα διαπιστωμένα οφέλη, η συμμετοχή στην **αγορά δεν διασφαλίζει τη βιωσιμότητα** των έργων

Αναγκαίες δράσεις

- **Πλαίσιο στήριξης** των έργων αποθήκευσης
- Πρόβλεψη της αποθήκευσης στον **μόνιμο μηχανισμό ισχύος**
- Νέο πλαίσιο **υβριδικών έργων ΜΔΝ**: Διευκόλυνση μετάβασης σε αποθήκευση συστήματος μετά τη διασύνδεσή των νησιών

Ευχαριστώ

Σταύρος Παπαθανασίου
st@power.ece.ntua.gr