



Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

8ο Renewable & Storage Forum του Energypress

22^η Οκτωβρίου 2026

Προκλήσεις στην καθημερινή διαχείριση αυτόνομων
σταθμών αποθήκευσης ενέργειας και υβριδικών σταθμών

Παντελής Μπίσκας
Καθηγητής

Διευθυντής Εργαστηρίου Συστημάτων Ηλεκτρικής Ενέργειας
Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών
Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης



Περιεχόμενα



Η συμμετοχή των ΣΑΗΕ στην αγορά ηλεκτρικής ενέργειας

Κανονισμός Αγοράς Εξισορρόπησης (έκδοση 23.0, Ιούλιος 2026)



Η διαχείριση χαρτοφυλακίου από ΦοΣΕ ΣΑΗΕ

Κύκλος αποφάσεων, βελτιστοποίηση, πηγές εσόδων, αξία της σωρευτικής εκπροσώπησης



Η πλατφόρμα διαχείριση ATLAS ETRM της StellarBlue

Ενιαίο σύστημα αγοράς και ελέγχου για χαρτοφυλάκια ΣΑΗΕ



Ενότητα Β

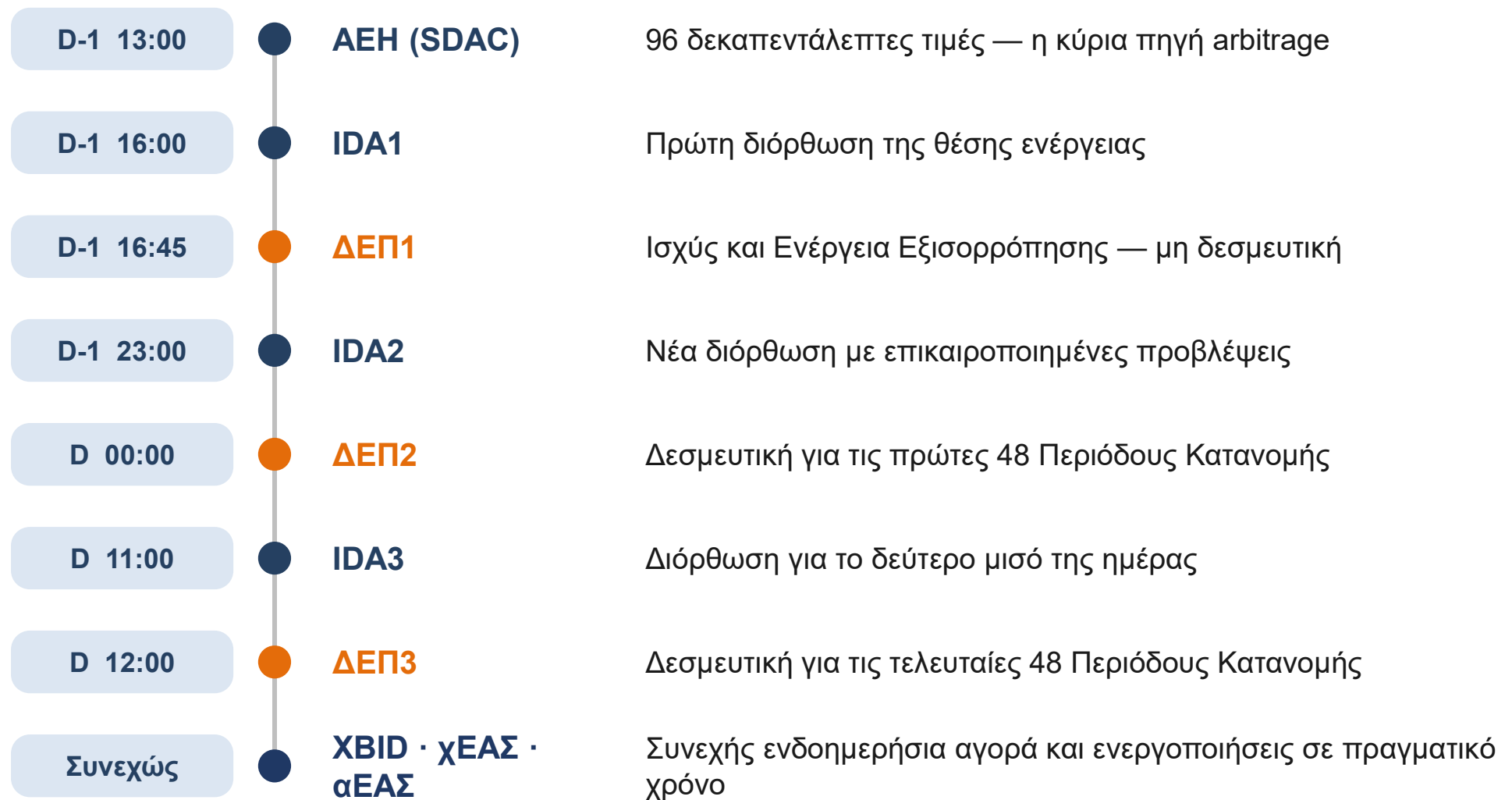


Η συμμετοχή των ΣΑΗΕ στην αγορά ηλεκτρικής ενέργειας

Τι προβλέπει ο Κανονισμός Αγοράς Εξισορρόπησης του ΑΔΜΗΕ
(έκδοση 23.0, Ιούλιος 2026)



Η αλυσίδα των αγορών για έναν ΣΑΗΕ



Ωρες Ελλάδας. ΔΕΠ: ΚΑΕ Άρθρα 8.2 και 13.3. Ημέρα Κατανομής από 01:00 της D έως 01:00 της D+1, Περίοδοι Κατανομής 15 λεπτών.



Τρεις τρόποι συμμετοχής για την αποθήκευση

1 Κατανεμόμενος Μεγάλος ΣΑΗΕ

- Συνδέεται στο ΕΣΜΗΕ
- Μέγιστη Ισχύς Έγχυσης ≥ 10 MW
- Υποχρεωτικά διακριτή συμμετοχή στην Αγορά Εξισορρόπησης

2 Κατανεμόμενο Χαρτοφυλάκιο Αποθήκευσης

- Ένας ή περισσότεροι Μικροί ΣΑΗΕ (< 10 MW ή στο δίκτυο διανομής)
- Στην ίδια Ζώνη Προσφορών
- Ελάχιστη κατανεμόμενη ισχύς 1 MW

3 Κατανεμόμενος Σταθμός ΑΠΕ με μεγάλη αποθήκευση

- Υβριδικός σταθμός με σημαντική συνιστώσα αποθήκευσης
- Υποχρεωτικά διακριτή συμμετοχή
- Προσαρμογή αποκλίσεων σε περικοπές (Άρθρο 19.8)

Υποχρεωτική εγγραφή ως Οντότητα Υπηρεσιών Εξισορρόπησης για ΣΑΗΕ με ισχύ $\geq \min(\text{όριο μονάδων τύπου Γ}, 5 \text{ MW})$, μετά από δοκιμές προεπιλογής.

Υβριδικοί σταθμοί με αποθήκευση $\geq 30\%$ της ισχύος και $\geq 60\%$ της ωριαίας ενέργειας εντάσσονται σε Χαρτοφυλάκια Ελεγχόμενης Παραγωγής.

Πηγή: ΚΑΕ ν23, Άρθρο 1.3 (ορισμοί 81, 90, 112, 174), Άρθρα 5.1 και 5.3.



Τι υποβάλλει ο Πάροχος που εκπροσωπεί ΣΑΗΕ

ΔΙΚΑΙΩΜΑ (Άρθρο 10.1 §3)

- Προσφορές Ενέργειας Εξισορρόπησης στη ΔΕΠ
- Προσφορές Ισχύος Εξισορρόπησης (ΕΔΣ, αΕΑΣ, χΕΑΣ, ανοδικές και καθοδικές)
- Δήλωση πρόθεσης ενεργοποίησης ή όχι ενέργειας στη ΔΕΠ (§10)

ΥΠΟΧΡΕΩΣΗ (Άρθρο 10.1 §4, §11)

- Δηλώσεις μη Διαθεσιμότητας και Τεχνοοικονομικών Στοιχείων, εφόσον υποβάλλει προσφορές
- Πρόγραμμα έγχυσης/απορρόφησης ανά Περίοδο Κατανομής, εντός 2 ωρών από τα αποτελέσματα της ΔΕΠ1

Τεχνικές παράμετροι της Δήλωσης Τεχνοοικονομικών Στοιχείων (Άρθρο 10.3 §7)

Παράμετρος	Μονάδα
Μέγιστος χρόνος λειτουργίας ανά ενεργοποίηση	Περίοδοι Κατανομής
Μέγιστη ανοδική / καθοδική ενέργεια ανά ενεργοποίηση	MWh
Μέγιστος αριθμός ενεργοποιήσεων ανά Ημέρα Κατανομής	—
Ενεργοποίηση ενέργειας στη ΔΕΠ	ΝΑΙ / ΟΧΙ

Πηγή: ΚΑΕ v23, Άρθρα 10.1–10.3. Οι §11 του 10.1 και §6–7 του 10.3 ισχύουν από την τεχνική ετοιμότητα του ΑΔΜΗΕ (Άρθρο 27.4).



Διαδικασία Ενοποιημένου Προγραμματισμού (ΔΕΠ)

ΔΕΠ1

D-1, 16:45

Όλη η Ημέρα Κατανομής · μη δεσμευτική για την Ισχύ Εξισορρόπησης

ΔΕΠ2

D, 00:00

Δεσμευτική για τις πρώτες 48 Περιόδους Κατανομής

ΔΕΠ3

D, 12:00

Δεσμευτική για τις τελευταίες 48 Περιόδους Κατανομής

Πώς λειτουργεί

- Μοντέλο MILP που ελαχιστοποιεί το συνολικό κόστος Ενέργειας και Ισχύος Εξισορρόπησης
- Προϊόντα: ΕΔΣ, αΕΑΣ, χΕΑΣ (ανοδικά και καθοδικά) και Ενέργεια Εξισορρόπησης
- Η ένταξη είναι δεσμευτική σε κάθε εκτέλεση

Προσφορές Ισχύος Εξισορρόπησης

- 1 έως 3 βήματα με μη φθίνουσα τιμή, σε €/MW-ώρα
- Ελάχιστη ποσότητα 1 MW
- Σε ισοτιμία ανοδικών προσφορών, η αποθήκευση προηγείται των θερμικών και υδροηλεκτρικών μονάδων

Πηγή: ΚΑΕ v23, Άρθρα 8.2, 11.2, 13.2 και 13.3.



Αγορά Ενέργειας Εξισορρόπησης: οι κανόνες για τα ΣΑΗΕ

1

Προαιρετική συμμετοχή

στη χΕΑΣ και την αΕΑΣ, εκτός από το Πρόγραμμα ΔΕΠ και την Ισχύ Εξισορρόπησης που έχει κατακυρωθεί, για τα οποία είναι υποχρεωτική.

14.5 §2, §4

2

Τηλεμετρία SoC σε πραγματικό χρόνο

για κάθε Κατανεμόμενη Οντότητα Αποθήκευσης, προϋπόθεση συμμετοχής σε ΔΕΠ, χΕΑΣ και αΕΑΣ.

14.5 §8

3

Όχι αποκατάσταση SoC μέσω αποκλίσεων

ο Πάροχος δεν επιτρέπεται να μεταβάλλει την Κατάσταση Φόρτισης προκαλώντας αποκλίσεις.

14.5 §9

4

Όχι ενδοημερήσιες συναλλαγές 4 ώρες πριν

από την έναρξη κάθε Χρονικής Μονάδας χΕΑΣ στην οποία αφορά η συναλλαγή.

14.5 §9

Πηγή: ΚΑΕ ν23, Άρθρο 14.5 (§8 ισχύει από την τεχνική ετοιμότητα του ΑΔΜΗΕ, Άρθρο 27.4).



Χρέωση μη Συμμόρφωσης για μη επαρκή SoC

Ο ΕΛΕΓΧΟΣ (Άρθρο 22.9), ανά κατεύθυνση

Στην αρχή κάθε 15λεπτου t της ενεργοποίησης, το διαθέσιμο SoC πρέπει να καλύπτει όλες τις υπόλοιπες δεσμεύσεις:

$$\text{SoC}_t - \text{SoC}_{\text{MIN}} \geq \Sigma (MS + BE_{UP} + \frac{1}{4} \cdot \Sigma BC_{UP})$$

όπου MS το Πρόγραμμα Αγοράς, BE η απονεμημένη Ενέργεια ΔΕΠ και BC η Ισχύς Εξισορρόπησης (ΕΔΣ, αΕΑΣ, χΕΑΣ).
Αντίστοιχα για την καθοδική κατεύθυνση με το SoC MAX.

Η ΧΡΕΩΣΗ

- Επιβάλλεται όταν η μέγιστη παραβίαση υπερβαίνει $\frac{1}{4} \cdot \text{TOL}$ · εύρος κατανεμόμενης ισχύος
- Κλιμακώνεται με τη συχνότητα των παραβιάσεων (ANS) και αυξάνεται όταν η οντότητα παρέχει Ισχύ Εξισορρόπησης ($k > 1$)

Έναρξη: τρεις μήνες μετά την ανακοίνωση τεχνικής ετοιμότητας του ΑΔΜΗΕ· μέχρι τότε οι χρεώσεις υπολογίζονται μόνο ενημερωτικά (Άρθρο 27.4 §4).

Συνέπεια: η Ισχύς Εξισορρόπησης που προσφέρεται πρέπει να έχει «ενεργειακό αντίκρισμα». Το SoC γίνεται περιορισμός της βελτιστοποίησης, όχι αποτέλεσμα της.

Πηγή: ΚΑΕ v23, Άρθρα 22.9 και 27.4. Απλοποιημένη παρουσίαση των σχέσεων.



Ενότητα Γ



Η διαχείριση χαρτοφυλακίου από ΦοΣΕ ΣΑΗΕ

Πώς ένας Φορέας Σωρευτικής Εκπροσώπησης μετατρέπει πολλά
assets σε μία ευέλικτη εικονική μονάδα



Ο ΦοΣΕ ΣΑΗΕ: ένας εκπρόσωπος, πολλά assets



Τρεις ρόλοι για τον ίδιο φορέα

Συμμετέχων
στις αγορές του ΕΧΕ

Πάροχος Υπηρεσιών
Εξισορρόπησης (BSP)

Συμβαλλόμενο Μέρος
με Ευθύνη Εξισορρόπησης (BRP)

ΦοΣΕ: ν. 4425/2016, άρθρο 5 περ. (ιε)· ΚΑΕ ν23, Άρθρο 1.3 (ορισμός 168), Άρθρα 5.1 και 5.3.



Ο κύκλος αποφάσεων του διαχειριστή χαρτοφυλακίου

- 1** **Πρόβλεψη**
D-1 πρωί
Τιμές ΑΕΗ/ΙΔΑ, ανάγκες εφεδρειών, παραγωγή υβριδικών, διαθεσιμότητα και SoC
- 2** **Προσφορές ΑΕΗ**
έως 13:00 D-1
Ταυτόχρονη βελτιστοποίηση ενέργειας και εφεδρειών, καμπύλες προσφορών ανά οντότητα
- 3** **ΔΕΠ και ΙΔΑ**
D-1 16:00 → D 12:00
Προσφορές Ισχύος/Ενέργειας Εξισορρόπησης, αναπροσαρμογή θέσης, δήλωση προγράμματος έγχυσης/απορρόφησης
- 4** **Πραγματικός χρόνος**
κάθε 1–10 s
Εντολές ΧΕΑΣ/ΑΕΑΣ, κατανομή setpoints στα assets, τηλεμετρία SoC, χειρισμός βλαβών
- 5** **Εκκαθάριση**
D+1 και μετά
Shadow settlement, αποκλίσεις, χρεώσεις μη συμμόρφωσης, KPIs και εκ νέου εκπαίδευση μοντέλων



Βελτιστοποίηση: ένα πρόβλημα, πολλές αγορές

ΣΤΟΧΟΣ

Μέγιστο αναμενόμενο καθαρό έσοδο του χαρτοφυλακίου:

- + arbitrage στην ΑΕΗ και τις IDA
- + αμοιβή Ισχύος Εξισορρόπησης
- + αναμενόμενη Ενέργεια Εξισορρόπησης
- – κόστος αποκλίσεων και χρεώσεων μη συμμόρφωσης
- – κόστος φθοράς (κύκλοι, βάθος εκφόρτισης)

Μοντέλο MILP με σενάρια τιμών, ανά 15λεπτο

ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΙ

Δυναμική SoC: απόδοση φόρτισης/εκφόρτισης, όρια SoC MIN–MAX

Ισχύς: έγχυση/απορρόφηση, εύρος για εφεδρείες

Ενεργειακό αντίκρισμα: SoC επαρκές για κάθε δέσμευση (Άρθρο 22.9)

Όροι σύνδεσης: μέγιστη έγχυση, χρονικά παράθυρα (11Α/11Β/11Γ)

Κανόνας 4 ωρών: χωρίς ενδοημερήσιες συναλλαγές πριν από την περίοδο

Εγγυήσεις κατασκευαστή: κύκλοι ανά ημέρα και έτος



Ενότητα Δ



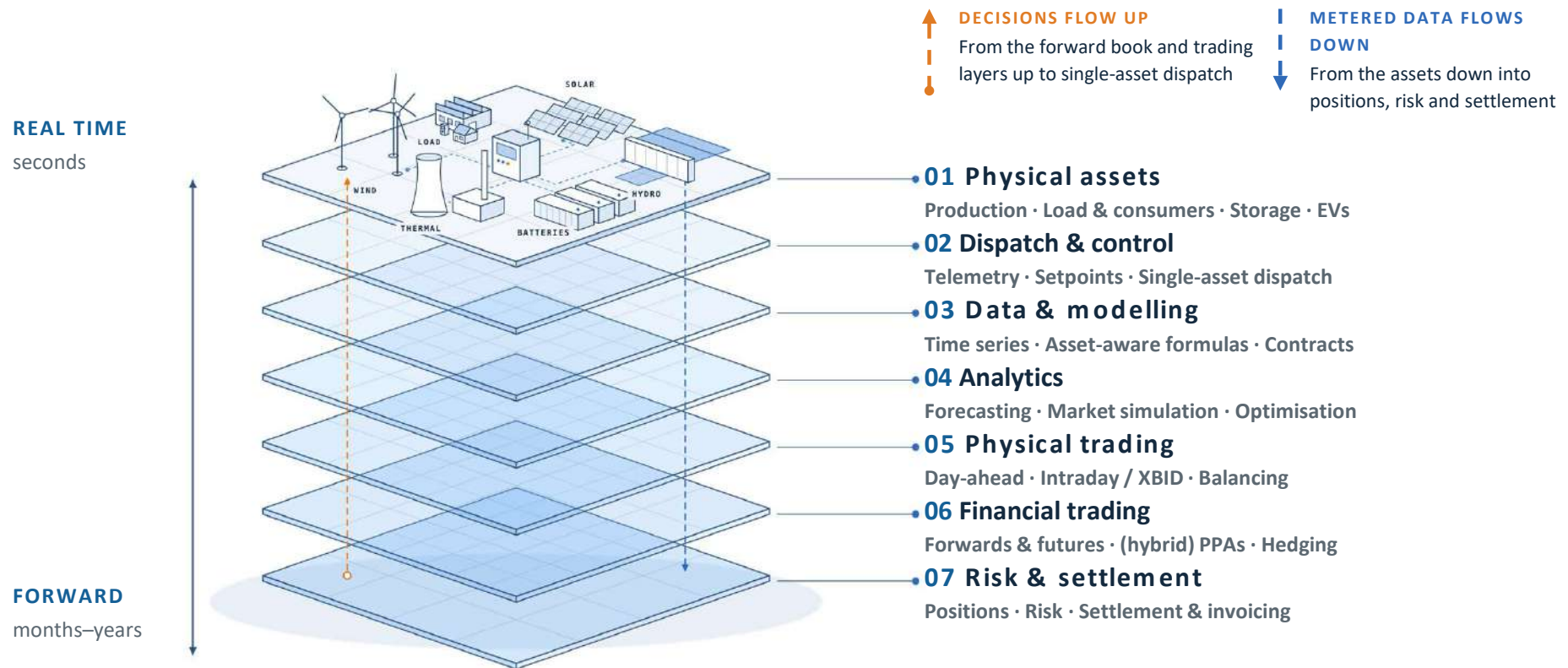
Η πλατφόρμα ATLAS ETRM της StellarBlue

Ενιαίο σύστημα αγοράς και ελέγχου για τη διαχείριση χαρτοφυλακίων ΣΑΗΕ



THE LAYERED PORTFOLIO

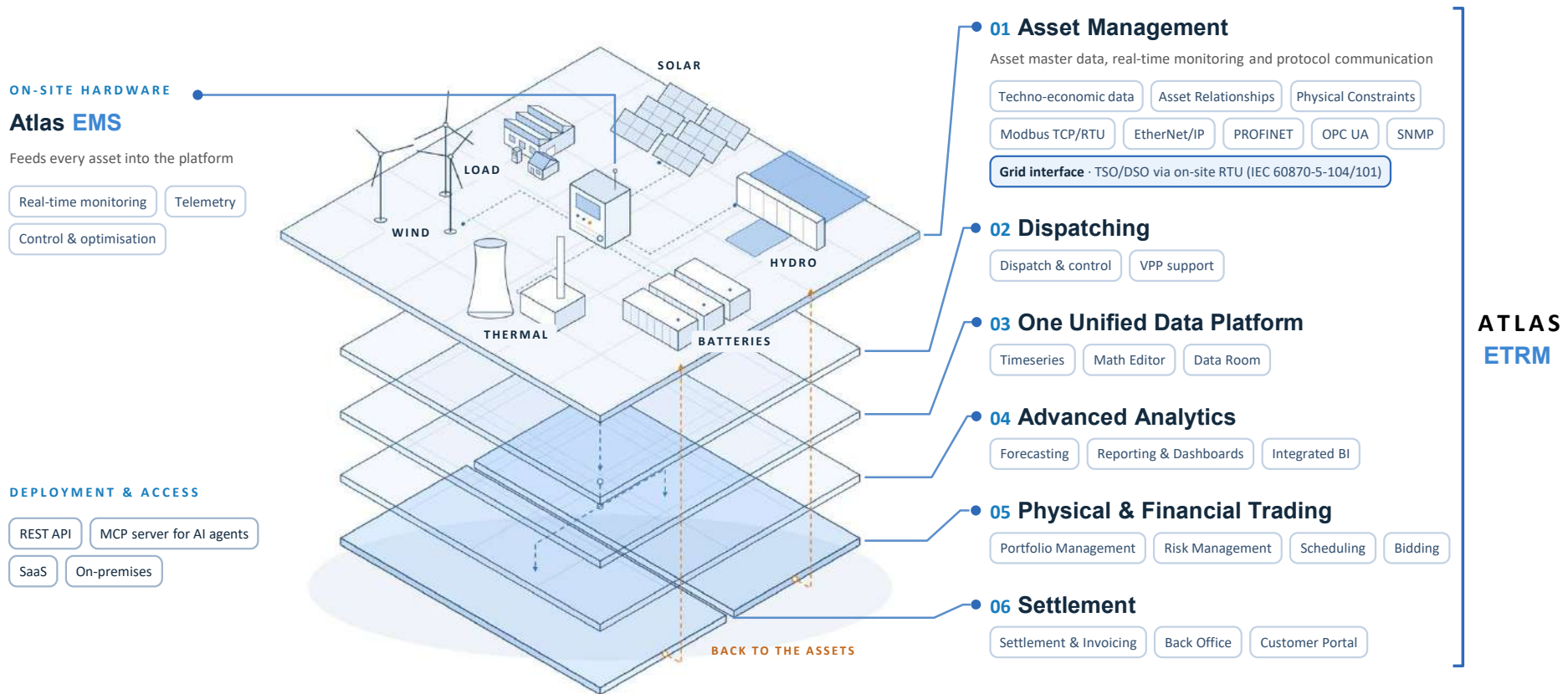
MORE FROM THE SINGLE ASSET TO THE FORWARD MARKET





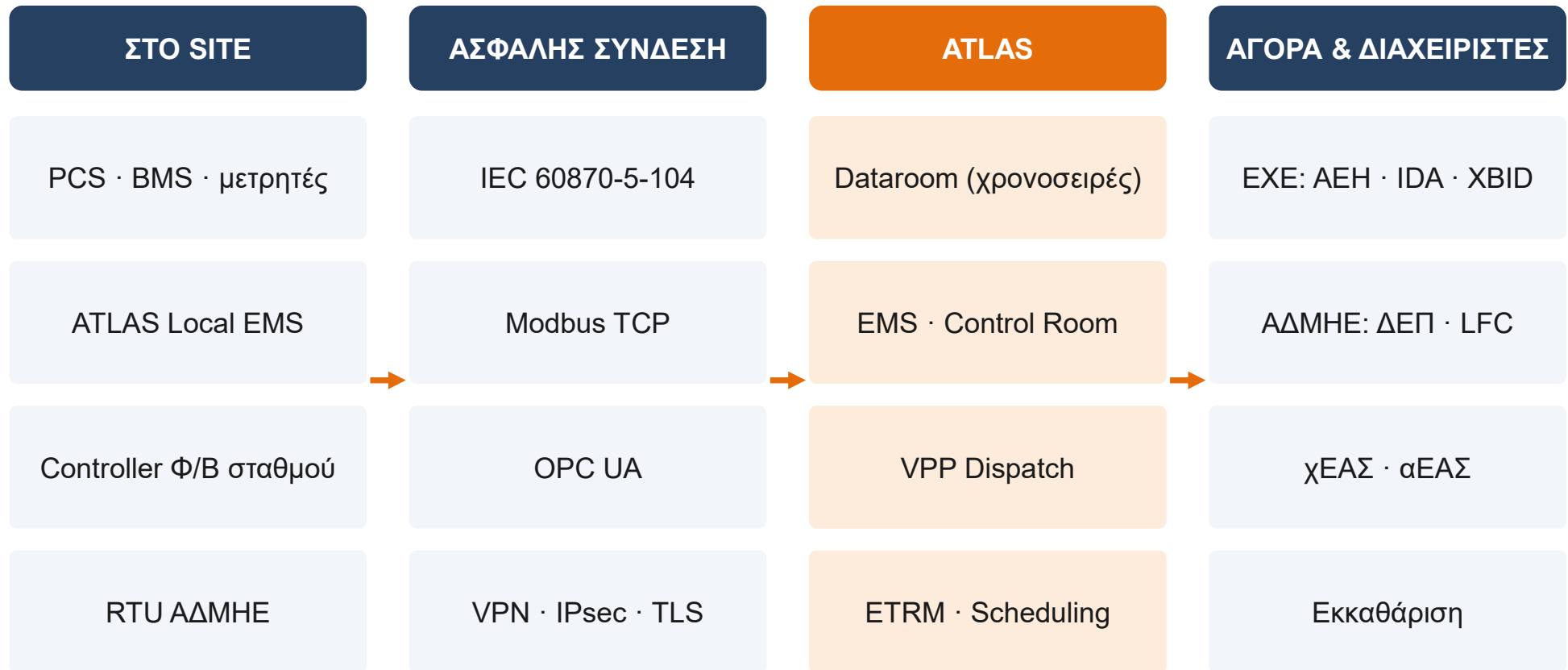
THE ATLAS PLATFORM

END TO END, FROM FORWARD MARKETS TO SINGLE ASSET DISPATCHING





ATLAS: από το asset μέχρι την αγορά



Ένα επίπεδο δεδομένων, ένα μητρώο assets, ένα μοντέλο χρηστών: τα δεδομένα του πεδίου τροφοδοτούν απευθείας τον προγραμματισμό, τις προσφορές και την εκκαθάριση.



ATLAS ETRM: ο κύκλος της αγοράς σε μία πλατφόρμα

1 Πρόβλεψη

Τιμές, φορτίο, παραγωγή ΑΠΕ· διασύνδεση με παρόχους προβλέψεων, έκδοση και αξιολόγηση ακρίβειας

2 Βελτιστοποίηση

Ταυτόχρονη βελτιστοποίηση ΑΕΗ, IDA, XBID, ΔΕΠ και πραγματικού χρόνου για θερμικά, ΣΑΗΕ, υβριδικά

3 Scheduling

Προετοιμασία, επικύρωση και υποβολή αρχείων αγοράς, δηλώσεις προς ΑΔΜΗΕ, παρακολούθηση αποτελεσμάτων

4 Εκκαθάριση

Ενέργεια, εξισορρόπηση, αποκλίσεις, shadow settlement και συμφωνία με τις εκκαθαρίσεις ΕΧΕ/ΑΔΜΗΕ

5 Κίνδυνος

Θέσεις σε πραγματικό χρόνο, VaR, PaR, CFaR, forward καμπύλες και σενάρια stress

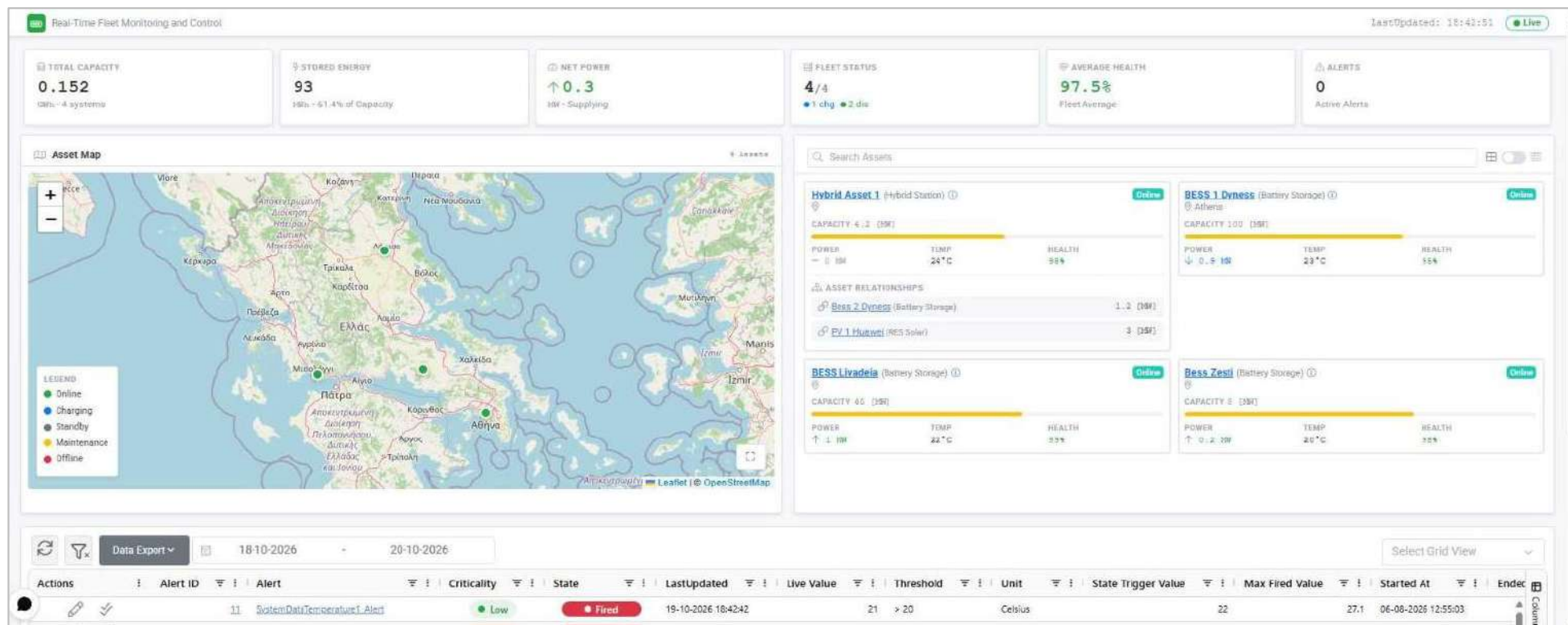
6 Back office

Συμβόλαια, αντισυμβαλλόμενοι, τιμολόγηση, ψηφιακή υπογραφή και αρχειοθέτηση

Cloud-native, API-first, έτοιμο για αυτοματοποιήσεις AI μέσω MCP servers · Microsoft Azure ή local hosting



ATLAS EMS: εποπτεία του στόλου σε πραγματικό χρόνο



Control Room

KPIs στόλου, χάρτης, κάρτες assets

Single Line Diagram

ζωντανή ροή ισχύος και SoC

Alerts

χιλιάδες κανόνες από το register map

Operations

διαθεσιμότητα, απόδοση, κύκλοι



VPP Dispatch: πώς ακολουθείται η εντολή του ΑΔΜΗΕ

1

Διαθεσιμότητα

Έλεγχος τηλεμετρίας: όποιο asset έχει σφάλμα, δεν ακολουθεί ή χάνει επικοινωνία, αφαιρείται

2

Εφικτό εύρος

Περιθώριο κάθε asset πάνω/κάτω: όρια ισχύος, ρυθμός μεταβολής, SoC, διαθέσιμη ισχύς ΑΠΕ

3

Βέλτιστη κατανομή

Πρώτα ελάχιστη απόκλιση της ομάδας, μετά ελάχιστο κόστος: ταχύτητα, ενέργεια, φθορά

4

Εσωτερική εφεδρεία

Το μερίδιο ενός asset που χάνεται περνά στα υπόλοιπα στον επόμενο κύκλο

5

Επαλήθευση

Εντολή έναντι απόκρισης ανά asset και ομάδα· KPIs χρόνου και ακρίβειας

ΕΙΣΟΔΟΙ

- Setpoint αΕΑΣ από τον LFC του ΑΔΜΗΕ μέσω IEC 60870-5-104, κάθε 1–10 s
- Εντολές χΕΑΣ ανά 15λεπτο από το Scheduling
- Baseline: διαθέσιμη ισχύς ΑΠΕ και προγράμματα ΣΑΗΕ

ΣΤΟΧΟΣ

- Baseline + αΕΑΣ + χΕΑΣ: μία εντολή, μία μέτρηση για όλη την ομάδα

Εκτέλεση σε edge servers (hot standby) στις εγκαταστάσεις του πελάτη, ώστε ο δρόμος ΑΔΜΗΕ–assets να μένει τοπικός.



ATLAS Local EMS: προτεραιότητες ελέγχου και επιδόσεις

P1	Τοπική προστασία μηδενική ισχύς και στάση σε σφάλμα PCS/BMS ή E-stop	50 ms κύκλος ελέγχου βασικών σημάτων	< 20 ms από εντολή έως PCS
P2	Fast frequency response ενεργοποίηση από RoCoF		
P3	Πρωτεύουσα ρύθμιση statism, LFSM-O / LFSM-U		
P4	AGC setpoints ΑΔΜΗΕ/ΦοΣΕ, επιστροφή στο πρόγραμμα	$\leq 1,5\%$ σφάλμα παρακολούθησης AGC σε 10 λεπτά	10 Hz P και Q προς τον ΑΔΜΗΕ
P5	Πρόγραμμα αγοράς ΑΕΗ, ενδοημερήσια, εξισορρόπηση		
P6	Άεργος ισχύς Q/V, συντελεστής ισχύος, LVRT	≤ 60 s μετάπτωση σε εφεδρικό controller	24 h αποθήκευση δεδομένων χωρίς uplink
P7	Χειροκίνητη εντολή εντός ορίων, με επιβεβαίωση		

14 στρατηγικές σε 7 επίπεδα προτεραιότητας · στόχοι προδιαγραφής, επαληθεύονται σε FAT/SAT.



Ανοιχτό σε κάθε εξοπλισμό

Πρωτόκολλα

- Modbus TCP
- IEC 60870-5-104
- OPC UA
- πολλά πρωτόκολλα, μία υπηρεσία

Register maps ΣΑΗΕ

- **Huawei LUNA**
- CATL · CLOU
- Dyness · Gotion
- 1.380 σήματα για έναν ΣΑΗΕ

Φ/B σταθμοί

- **Huawei SmartLogger**
- Protasis · Optimems
- I4Energy
- μία σύνδεση ανά σταθμό

Φιλοξενία & ασφάλεια

- Azure ή on-premise
- SSO · ρόλοι · audit trail
- VPN, TLS 1.2+
- read-only εξορισμού

Ένταξη νέου σταθμού: ρύθμιση, όχι ανάπτυξη. Τα register maps φυλάσσονται ανά μοντέλο και επαναχρησιμοποιούνται σε κάθε site με τον ίδιο εξοπλισμό.

Ιεραρχία ΣΑΗΕ: asset → container → rack → pack → cell, με PCS, μετασχηματιστές και μετρητές.



Δοκιμασμένο σε κλίμακα χαρτοφυλακίου (stress test)

300

assets με δεδομένα ανά 1 s, χωρίς καθυστέρηση ή υπερφόρτωση

99,996%

από 453 χιλ. σήματα παραδόθηκαν (17 απώλειες σε ένα βήμα)

114 χιλ.

σημεία ανά δευτερόλεπτο στην αιχμή, με 190 assets

200

ταυτόχρονοι χρήστες με μηδενικές αποτυχίες ανάγνωσης

Πηγή: δοκιμές φόρτου στο demo περιβάλλον ATLAS (StellarBlue), 19 Οκτωβρίου 2026· χρόνος απόκρισης εγγραφής ~0,3 s (P95).



Ευχαριστώ για την προσοχή σας!

Παντελής Μπίσκας
Καθηγητής

Διευθυντής Εργαστηρίου Συστημάτων Ηλεκτρικής Ενέργειας
Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών
Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης